

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный
университет» СибАДИ)

Инженерно-строительный институт

Кафедра «Городское строительство, хозяйство и экспертиза
объектов недвижимости»

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ
«TEMPER-3D»

к лабораторным работам
по расчету и моделированию температурного режима
ограждающих конструкций зданий

Составители: С.В.Федоров, А.Д.Кривошеин

Омск - 2018

УДК 624.04

ББК

Приводятся указания по установке и работе с программным комплексом «TEMPER-3D», предназначенным для расчета трехмерных температурных полей ограждающих конструкций зданий.

Программный комплекс разработан в лаборатории "Аэродинамических и теплопрочностных исследований" (ЛАТПИ) в 1982-2001гг.

Разработчик программного комплекса – Федоров Сергей Витальевич, канд.техн.наук, доцент.

Сертифицирован ФГУП ЦПС, Госстрой России. Сертификат № РОСС RU.9001.11СП11.

Руководство пользователя программным комплексом «TEMPER-3D» к лабораторным работам по расчету и моделированию температурного режима ограждающих конструкций зданий / Сост. С.В.Федоров, А.Д.Кривошеин. – Омск: СибАДИ, 2018. – 29 с.

Предназначено для проектировщиков, инженерно-технических работников, студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Табл. 4. Ил. 13. Библиогр.: 3 назв.

© Федоров С.В., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСА	4
2. УСТАНОВКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА	4
3. ГЛАВНОЕ МЕНЮ КОМПЛЕКСА	5
4. ПОРЯДОК РАБОТЫ	6
4.1. Подготовка исходных данных	6
4.2. Ввод исходных данных в пункте "Дискретизация" . . .	8
4.3. Ввод исходных данных в пункте "Характеристики материалов"	15
4.4. Ввод исходных данных в пункте "Граничные условия"	16
4.5. Расчет температурного поля	17
4.6. Визуализация	18
4.7. Установка параметров	20
5. ПРИМЕР РАСЧЕТА	22
6. ЗАПУСК ДЕМОСТРАЦИОННОГО ФАЙЛА (мультипликация) . . .	27
7. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ	28
8. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ	28
9. РЕКОМЕНДАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСА

Программный комплекс "TEMPER-3D" предназначен для расчета объемного стационарного температурного поля и приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий и сооружений методом конечных элементов (МКЭ) на IBM PC. Программный комплекс включает в себя следующие пункты:

- дискретизация (разбиение на конечные элементы(КЭ)) расчетной области;
- задание коэффициентов теплопроводности материалов;
- задание граничных условий на поверхности;
- расчет температурного поля;
- визуализация результатов расчета.

Программный комплекс имеет свой графический редактор для задания и разбиения расчетной области на конечные элементы.

Предусмотрена возможность использования косоугольных элементов, что позволяет рассчитывать ограждающие конструкции с включениями практически любой формы. Достоинством комплекса является возможность простого и быстрого изменения коэффициентов теплопроводности материалов на отдельных участках рассчитываемой конструкции, ее граничных условий, ввода дополнительных конструктивных элементов. Кроме того, имеется возможность расчета теплового потока на любом участке конструкции, что очень удобно при расчете приведенного сопротивления любой сложной конструкции.

Результаты расчета могут быть представлены в виде цветных температурных полей (изотерм), в табличном виде (координаты узлов со значениями температур), в виде схематичного изображения рассчитываемой конструкции с температурами в узлах.

2. УСТАНОВКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Инсталляционная версия поставляется на двух дискетах (1440Kb). Для установки комплекса необходимо с дискеты N 1 выполнить файл "install.bat", затем, после соответствующего сообщения ввести имя диска. Имя каталога вводится в том случае, если комплекс будет устанавливаться не в корневой каталог, в противном случае нужно нажать "ENTER" и в корневом каталоге будет создан каталог с именем TEMPER. Затем, после сообщения вставить дискету N 2 и нажать "Enter". В "config.sys" необходимо установить files=80, buffers=10. В autoexec.bat необходимо внести следующую строку: Set dos4g=quiet. Для нормальной работы программного комплекса TEMPER-3D необходим компьютер IBM PC 486 и выше с объемом оперативной памяти не менее 8Mb. Программный комплекс занимает на диске около 2Mb. На дискете прилагается один из возможных вариантов файлов "config.sys" и "autoexec.bat". Предполагается, что операционная система, драйвер "мыши" и русификатор rkvg.com находятся в каталоге DOS. Программный комплекс работает в операционной системе MS-DOS, возможна работа комплекса под Windows.

В демонстрационном режиме работа с программой возможна при количестве узлов конечно-элементной сети не более 200, в рабочем варианте количество узлов определяется вариантом комплекса и объемом оперативной памяти компьютера см. табл.1.

Таблица 1

кол-во узлов *	10.000	20.000	40.000	80.000	160.000
память оперативная)	4Мб	8Мб	16Мб	32Мб	64Мб
память (дисковая)	300Кб	1.5Мб	3Мб	5Мб	10Мб
время работы** (PENTIUM-150), сек	10	30	60	120	250

*В качестве конечного элемента используется 8-узловой изопараметрический конечный элемент.

** Время расчета в значительной степени зависит от вида решаемой задачи, требуемой точности и т.д.. Здесь указано время на проведение тестовых расчетов (без учета затрат времени на подготовку исходных данных).

Все программы при выполнении проверяются на наличие вирусов, при заражении программ любым вирусом выполнение программ прекращается, в этом случае необходимо снова установить комплекс. В файле namesiz.txt" приведены размеры всех файлов и их общий размер за исключением файла "nam.nam", размер которого не постоянен, соответствие размеров надо проверять на незараженном вирусом компьютере (при необходимости произвести загрузку с системной дискеты). Если после новой инсталляции программа не выполняется, значит компьютер заражен каким-то вирусом.

3. ГЛАВНОЕ МЕНЮ КОМПЛЕКСА

Для запуска программного комплекса необходимо запустить файл "temper.bat". После этого на экране появляется главное меню:

При расчете температурного поля ограждающей конструкции программным комплексом "TEMPER-3D", необходимо придерживаться следующего порядка работы его отдельных блоков (пункты главного меню):

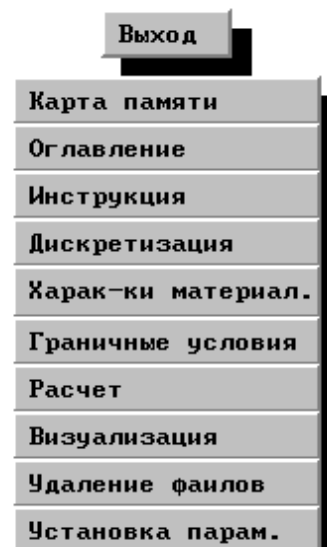
I. Проверяем объем доступной оперативной и дисковой памяти ("Карта памяти"). Для нормальной работы необходимый минимальный свободный объем оперативной и дисковой памяти (см. табл.1).

II. Производим дискретизацию области на конечные элементы (КЭ). Пункт "Дискретизация".

III. Производим задание теплофизических характеристик используемых материалов. Пункт "Характеристики материалов". При работе этого пункта задаются коэффициенты теплопроводности всех используемых в конструкции материалов.

IV. Производим задание граничных условий: пункт "Граничные условия". При работе этого пункта задаются коэффициенты теплоотдачи и температуры среды в различных зонах, а также задаются для каждого поверхностного элемента тип граничных условий.

V. Производим расчет температурного поля. Пункт "Расчет". Этот пункт выполняется только в том случае, если произведена дискретизация области на конечные элементы, заданы граничные условия и характеристики материалов.



IV. Визуализация результатов расчета. Пункт "Визуализация". Этот пункт выполняется в последнюю очередь, и позволяет вывести результаты расчета на дисплей.

V. При необходимости изменения стандартных параметров для работы с комплексом выбрать пункт меню "Установка параметров" и задать свои значения, после чего выйти с сохранением.

VI. При выполнении пункта меню "Удаление файлов" удаляются из рабочей директории "WORK" все файлы с результатами расчетов, за исключением тестовых примеров "TEST1", "TEST2" и т.д.

4. ПОРЯДОК РАБОТЫ

4.1. Подготовка исходных данных для расчета

Подготовку исходных данных можно условно разделить на несколько этапов:

- определение размеров рассчитываемой области;
- разбиение рассчитываемой области на КОНСТРУКЦИИ, ПОДКОНСТРУКЦИИ, ОБЪЕКТЫ (п.4.2)
- выбор расчетных параметров наружной и внутренней среды;
- определение теплотехнических характеристик материалов ограждающей конструкции.

Расчетными параметрами наружной и внутренней среды при теплотехнических расчетах являются:

- расчетная температура наружного воздуха $t_{нр}$, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая в зависимости от района строительства [3], как температура наиболее холодных пяти суток с коэффициентом обеспеченности 0.92;
- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{вр}$, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;
- расчетная относительная влажность внутреннего воздуха, принимаемая в соответствии с [1] в зависимости от назначения здания;
- температура "точки росы" t_p , $^{\circ}\text{C}$, определяемая в зависимости от $t_{вр}$ [2];
- коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$, принимаемые согласно СП 50.13330.2012 [1]. На основании принятых значений $t_{вр}$ и ϕ_v определяются влажностный режим помещения, зона влажности строительства и условия эксплуатации ограждающей конструкции.

Ввод линейных размеров производят в (мм), коэффициентов теплоотдачи в $(\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}))$, температуры среды в (град. C), коэффициентов теплопроводности в $(\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}))$. Погрешность расчета температурных полей зависит от вида расчетной области и типа граничных условий (при измельчении сетки точность возрастает).

При проведении реальных (корректных) расчетов абсолютная погрешность составляет 0.1-0.001 $^{\circ}\text{C}$. По крайней мере, точность расчета на порядок выше точности замера основных параметров (коэффициент теплопроводности, температура среды, коэффициент теплоотдачи, линейные размеры).

Коэффициенты теплопроводности материалов ограждающей конструкции принимаются в соответствии с [1, прил.1] в зависимости от вида материала, его плотности и условий эксплуатации ограждающей конструкции.

При работе с комплексом TEMPER-3D особое внимание, как впрочем, и при работе с другими комплексами, использующими метод конечных элементов, следует уделять идеализации исходной области.

То есть, Вы должны отбросить те "несущественные" элементы области, которые не влияют или не сильно влияют на конечный результат, так как разбиение на конечные элементы всей неидеализированной области потребовало бы неоправданных затрат, как при подготовке исходных данных, так и при проведении расчета.

Ограничивать расчетную область следует по осям симметрии, причем симметрия должна быть не только геометрическая, но и с точки зрения задания граничных условий и характеристик материалов. При отсутствии симметрии необходимо продлять расчетную область на величину, при которой температурное поле стабилизируется. Под стабилизацией подразумевается конгруэнтность температурных полей в последнем и предпоследнем слое в месте отсечения области.

Например, если Вы рассчитываете температурное поле оконного проема, и Вас интересует тепловые потоки через оконные откосы. Для этого Вы должны в расчетной области учесть и часть стены, по крайней мере, в 2-3 превышающую толщину самой стены, а после проведения расчета убедиться в том, что температурные поля в последних наиболее удаленных от оконного проема сечениях полностью равны. Следует обратить внимание, на каком минимальном удалении от окна произошла стабилизация. В дальнейшем Вы сможете при выборе подобной расчетной области пользоваться полученной информацией.

При расчете необходимо учитывать и часть плит перекрытия (перегородки, плиты перекрытия) которые находятся внутри помещения на величину, при которой температурное поле в зоне обреза будет равно температуре внутреннего воздуха.

То есть, выбор расчетной области (идеализация) предполагает некоторую интуицию (которая быстро вырабатывается), а в общем случае, если возникают сомнения, надо произвести несколько расчетов и посмотреть, насколько каждый фактор влияет на конечный результат.

Также при расчете методом КЭ необходима "достаточно" мелкая дискретизация. В программном комплексе TEMPER-3D используется трехмерный восьмиузловой изопараметрический элемент, это означает, что температурное поле внутри каждого элемента распределено по линейному закону вдоль любых осей. В местах теплопроводных включений могут возникать значительные нелинейные температурные поля, по этой причине в этих зонах необходима более мелкая дискретизация. Доказано, что метод конечных элементов монотонно сходится к точному решению при измельчении сетки. Поэтому, особенно при проведении первых расчетов, используйте контрольную проверку при более мелкой КЭ сетке в местах наибольших градиентов температур. Старайтесь по возможности использовать регулярную КЭ сеть, переходите плавно от больших элементов к мелким, на границе раздела материалов с различными характеристиками, если коэффициенты теплопроводности отличаются более чем в 10 раз используйте более мелкую и равномерную КЭ сеть.

При идеализации расчетной области последняя может быть значительно упрощена и отличаться от исходной области без ущерба в точности. Ведь, например, при использовании насыпного материала типа "керамзит" мы же не разбиваем каждую гранулу в отдельности, а работаем с ним, как с однородным материалом с заданными харак-

теристиками, тоже самое можно сказать и в отношении популярных в настоящее время пенопластовых плит, заключенных в алюминиевую фольгу и соединяемых специальными пазами между собой, либо по отношению к различным пластиковым профилям, используемым при изготовлении окон.

Рассчитать, например, полностью стеновую панель с окном из сложного профиля вообще не представляется возможным. Поэтому надо вначале детально рассчитать профиль, получить некоторые интегральные характеристики, а затем работать с данным профилем, как с однородным материалом. Например, при расчете ограждающих конструкций на гибких связях из стержня круглого сечения можно получить стержень квадратного сечения, такой же площади, а при необходимости если площадь получается слишком малой, увеличить ее в несколько раз, одновременно уменьшив во столько же раз коэффициент теплопроводности, при этом Вы получите тот же результат с меньшими затратами. Кроме того, полученный результат будет более точным, так как при численной реализации методом конечных элементов получится более хорошо обусловленная матрица.

4.2. Ввод исходных данных в пункте "Дискретизация"

Ввод исходных данных для расчета температурного поля ограждающей конструкции начинается с запуска пункта "Дискретизация". В этом пункте вводится информация о размерах ограждающей конструкции, ее форме, количестве и размерах КЭ. Исходную область можно разбивать, например, на прямоугольные параллелепипеды, или, рассматривать всю исходную область как вид сверху и разбить ее на ПОДКОНСТРУКЦИИ. ПОДКОНСТРУКЦИЕЙ будем считать объемную область, в которой все сечения по высоте топологически идентичны и параллельны между собой. Например, рассматривая четверть стеновой панели вместе с внутренней перегородкой и плитой перекрытия (потолком), делим всю область на три ПОДКОНСТРУКЦИИ :

- 1 - окно, простенок и внутренняя перегородка,
- 2 - надоконная часть вместе с внутренней перегородкой,
- 3 - плита перекрытия (рис.1).

Следует иметь ввиду, что верхнее сечение ПОДКОНСТРУКЦИИ должно быть односвязной (без внутренних отверстий) областью. Однако, это не означает, что невозможно рассчитывать температурное поле многосвязных областей (для этого надо использовать разные ПОДКОНСТРУКЦИИ) .

Рассмотрим далее дискретизацию на КЭ одной ПОДКОНСТРУКЦИИ. Для того, чтобы разбить на КЭ ПОДКОНСТРУКЦИЮ, необходимо разбить на плоские КЭ верхнее сечение ПОДКОНСТРУКЦИИ и указать количество слоев и их толщины соответственно. Все слои подконструкции должны быть топологически одинаковыми (одинаковое число узлов и КЭ), однако в каждый слой можно вносить геометрические отличия и тем самым изменять форму подконструкции по высоте.

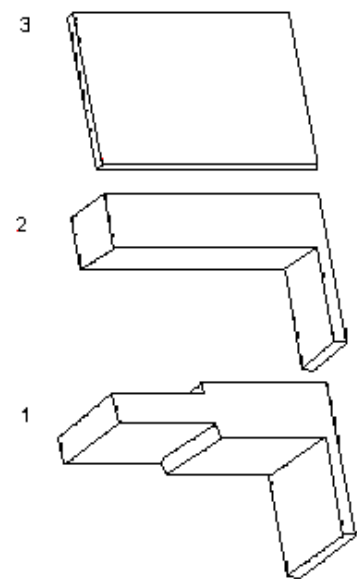


Рис. 1. Разбиение КОНСТРУКЦИИ на ПОДКОНСТРУКЦИИ

Рассмотрим далее дискретизацию на плоские КЭ верхнего сечения ПОДКОНСТРУКЦИИ, для этого необходимо представить ее в виде прямоугольников со взаимно соприкасающимися сторонами. В дальнейшем будем называть такие прямоугольники ОБЪЕКТАМИ, стороны которых должны быть ориентированы вдоль осей координат (параллельны осям X и Y).

После запуска пункта "Дискретизация" появляется запрос об имени файла, под которым в дальнейшем будут производиться все операции по расчету температурного поля. На запрос компьютера "Имя файла или Enter", необходимо набрать имя файла без расширения или нажать "Enter", если расчет будет производиться под именем, указанным на экране. В качестве имени используйте латинские буквы и цифры, а также знак подчеркивания. Общая длина имени без расширения не должна превышать 6 символов. После этого на экране появится главное меню, мышью можно активизировать любую кнопку, при этом появляется дополнительное меню.

На рис.2 приведено главное меню при активизации всех кнопок.

Файлы	Разм. осей	Плоск. объект	Доп. постр	Подконст-ция	Выход
Удал. подк.	Старая	Создать	Парабола	Сохр. объем	
Удал. файла	Новая	Выделить	Окружность	Создать	
Загрузить	Стандарт	Удалить	Прямая	Собрать	
		Сдвиг	Сдвиг точки	Разобрать	
		Изменить	Сдвиг точек	Просмотреть	
		Копирование	Передислок.	Новый объем	
			Отмена постр		

Рис.2

Подменю пункта "Файлы"

Удал. подк. - "Удаление подконструкции" производит удаление как текущей, так и любой другой ПОДКОНСТРУКЦИИ, кроме первой. Для этого надо указать номер удаляемой ПОДКОНСТРУКЦИИ.

Удал. файл- "Удаление файла" Удаление файла повлечет за собой удаление всех ПОДКОНСТРУКЦИЙ, в том числе и первой.

Пункт "Считать файл" произведет считывание в оперативную память из файла сохраненной КОНСТРУКЦИИ. Этот пункт удобен для просмотра в объеме всей КОНСТРУКЦИИ, собранной до этого сеанса работы, или для добавления к ней новых ПОДКОНСТРУКЦИЙ.

Подменю пункта "Разметка осей"

Пункт "Стандартная" устанавливает стандартный масштаб изображения, заданный в главном меню в пункте "Установка параметров".

Пункт "Новая" устанавливает новый масштаб изображения, если стандартный масштаб Вас не устраивает. При выборе этого пункта на экране появится сообщение "Введи абсциссу начала координат X0(мм)" и здесь вводится координата X начала координатных осей, например, X0=0. Далее появляется аналогичный запрос начала координат оси Y и вводится нужное значение, например, Y0=0. Далее появляется запрос "Введи размер экрана по горизонтали Xmax(мм)", где необходимо ввести длину оси X в мм. Например, если ПОДКОНСТРУКЦИЯ имеет длину 1510 мм, то Xmax=1600. Затем появляется сообщение "Введи шаги перемещения курсора "мыши" по X и Y (мм)", где вводится значение шага "мыши" и в дальнейшем курсор будет переме-

щаться только с этим шагом. Шаг должен быть не менее 1 мм. Например, $D_x, D_y=10$.

Пункт "Старая" происходит возврат к последнему не стандартному масштабу, который устанавливался в этом сеансе работы.

Подменю пункта "Плоский объект"

Пункт "Создать" используется для создания нового ОБЪЕКТА. Выбрав этот пункт, надо с помощью "мыши" подвести курсор в место, где мы хотели бы задать один из углов ОБЪЕКТА и нажать левую кнопку "мыши", а затем, не отпуская ее, переместить "мышь" в место противоположного угла ОБЪЕКТА и в том случае, если ОБЪЕКТ нарисован правильно, отпустить левую кнопку "мыши" и затем нажать правую кнопку "мыши"; в противном случае повторить рисование ОБЪЕКТА. Перемещение курсора может осуществляться также с помощью клавиатуры (при этом достигается большая точность, т.к. перемещение "мыши" происходило с шагом, нами установленном при выборе разметки осей, а здесь возможно любое перемещение курсора). Кроме того, при нажатии клавиши X, или Y, или "Пробел" происходит перемещение курсора к ближайшей точке конечно-элементной сети только вдоль оси X, или только оси Y или (пробел) по X и Y в ближайшую точку. При нажатии правой кнопки "мыши" происходит запрос "Введи количество элементов по X ($L_x > 0$)", где необходимо ввести количество элементов в данном ОБЪЕКТЕ вдоль оси X. Например, $L_x=44$. Далее, на аналогичный запрос вводим количество элементов в данном ОБЪЕКТЕ вдоль оси Y ($L_y > 0$). Например, $L_y=30$.

Рекомендуется вводить количество элементов в каждом направлении не менее двух. При слишком мелкой дискретизации, бывает трудно точно установить курсор "мыши" в нужное место (в момент нажатия или отпускания кнопки "мыши" курсор произвольно смещается). В этом случае удобно создавать ОБЪЕКТ следующим образом. Сначала с помощью "мыши" курсор перемещается приблизительно в один из углов создаваемого ОБЪЕКТА, а затем точно устанавливается с помощью клавиш управления курсором, а также клавиш X, Y или пробел. После чего нажимается клавиша "Home", в результате чего происходит фиксация одного из углов ОБЪЕКТА, затем не нажимая кнопки "мыши", курсор перемещается приблизительно в противоположный угол ОБЪЕКТА, а затем с помощью клавиш устанавливается точно, после чего нажимается клавиша "Enter", в результате чего создается ОБЪЕКТ.

Количество и размер элементов выбирают в зависимости от вида расчетной области, количества используемых разнотипных материалов и разности температур, однако необходимо, чтобы суммарное количество КЭ во всей расчетной области не превышало максимально-допустимого. Также следует иметь в виду, что в пределах одного элемента теплофизические характеристики постоянны, поэтому границы элементов должны позволить хорошо описать области с различными типами материалов. Чрезмерное увеличение числа элементов в однотипной области не повышает точность расчета, однако в некоторых зонах, где температурное поле значительно отличается от линейного, необходимо сгущать конечно-элементную сетку. Не следует использовать слишком вытянутые конечные элементы.

После этого на экране монитора будут изображены координатные оси и разбитый на КЭ ОБЪЕКТ. Однако разбиение по оси X и Y, будут сделаны с постоянным шагом. Так как на практике постоянный шаг используется крайне редко, на запрос "Введи шаги по X, слева направо. Выход-Esc" ввести последовательно все или некоторые шаги. При вводе каждого нового шага происходит автоматический переход

на последующий шаг, а также производится суммирование всех предыдущих шагов L_{tek} и общая сумма всех шагов L_{sum} ; если одинаковых шагов слишком много, то можно использовать повтор $"*"$. Например, запись вида $12*34$ означает, что Вы ввели 12 шагов по 34 мм. Если суммарная величина шагов отличается от длины всего ОБЪЕКТА, то выдается соответствующее предупреждение "Некорректно введен шаг. Выход-Esc". Это может произойти при ошибочном вводе очередного шага, поэтому необходимо вернуться на первый шаг, для чего надо нажать на любую клавишу и просмотреть, а при необходимости откорректировать значения шагов, либо, если Вы хотите проигнорировать данное предупреждение и оставить значение шагов в соответствии с последними изменениями, то нажмите "Esc" (тогда изменится длина ОБЪЕКТА). Переход к нужному шагу осуществляется с помощью стрелок. Если шаги по X Вы хотите оставить постоянными, не меняя их, сразу нажмите "Esc". Выход из пункта корректировки шагов осуществляется с помощью "Esc". Аналогичным образом вводятся шаги по Y. Следует помнить, что ввод шага по X осуществляется слева направо, а - по Y сверху вниз.

Если Вы допустили ошибку при вводе шагов, например пропустили или ввели лишний шаг, то можно удалить или вставить шаг нажатием клавиш "Ctrl+Insert" либо "Ctrl+Delete". Далее, на запрос "Записать в файл текущий объект? Enter/Esc", введите "Enter" для сохранения данного ОБЪЕКТА и "Esc", если решили, что он введен ошибочно или не нужен. В место "Enter" можно нажать левую кнопку мыши, а вместо "Esc" - правую. После того, как создан первый ОБЪЕКТ, производят создание второго и т.д. ОБЪЕКТОВ аналогичным образом. ОБЪЕКТЫ можно создавать в любой последовательности.

При создании нового ОБЪЕКТА, шаги в нем выбираются автоматически в соответствии и шагами прилегающих ОБЪЕКТОВ, если таковые имеются, если новый "ОБЪЕКТ" больше прилегающего, то в зависимости от количества введенных шагов происходит добавление новых шагов в начале или (и) конце нового ОБЪЕКТА при несоответствии шагов исправьте их при необходимости добавив или убрав некоторые шаги.

Пункт "Выделить" используется для выделения одного или нескольких ОБЪЕКТОВ для последующего их удаления, изменения или просмотра их суммарных площадей, или для работы с ними в пункте меню "Доп.постр.". Для выделения ОБЪЕКТА необходимо щелкнуть левой кнопкой "мыши" на нужном ОБЪЕКТЕ (он выделится желтым цветом). В верхней строке при этом будут показаны номер, количество элементов и количество узлов последнего выделенного ОБЪЕКТА, а также суммарная площадь всех выделенных ОБЪЕКТОВ в m^2 . Для отмены выделения надо повторно щелкнуть на ОБЪЕКТЕ левой кнопкой.

Пункт "Удалить" используется для удаления предварительно выделенных ОБЪЕКТОВ.

Пункт "Сдвиг" используется для плоскопараллельного смещения одного или несколько предварительно выделенных ОБЪЕКТОВ.

Пункт "Изменить" используется для изменения шагов в одном или нескольких предварительно выделенных ОБЪЕКТАХ, изменять количество шагов нельзя.

Пункт "Копировать" аналогичен пункту "Сдвиг". Отличие состоит в том, а старом месте ОБЪЕКТ не удаляется и используется для плоскопараллельного смещения одного или несколько предварительно выделенных ОБЪЕКТОВ с дублированием.

Подменю пункта "Доп.постр."

В пункте "Доп. построения" можно рисовать линии, окружности и параболы, делать перенос одной или нескольких точек, а также отменять дополнительные построения. Например, для построения отрезка прямой надо подвести "мышь" в начало отрезка и нажать кнопку "мыши", затем перевести "мышь" в конец отрезка и опять нажать кнопку "мыши".

Пункты "Перенос точки", "Перенос точек", "Передислокация" работают только с предварительно собранными ОБЪЕКТАМИ.

В пункте "Перенос точки" необходимо левой кнопкой "мыши" выбрать переносимую точку, при этом на экране высвечиваются координаты точки. Далее следует переместить курсор в нужное место и нажать на правую кнопку мыши, при этом происходит фиксация выбранной точки, и конечно-элементная сеть перерисовывается.

При активизации пункта "Перенос точек" появляется дополнительное меню и при этом программа готова к выделению фрагмента ПОДКОНСТРУКЦИИ, поэтому надо подвести курсор к одному из углов выделяемого фрагмента, нажать левую кнопку мыши и не отпуская кнопки передвинуть курсор в противоположный угол фрагмента, затем отпустить кнопку и если фрагмент выделен правильно то нажать правую кнопку мыши, в противном случае повторить рисование фрагмента. После этого на экране будут показаны выделенные точки, при необходимости можно дополнительно еще один или несколько раз выделить фрагмент. Для того чтобы частично снять выделение необходимо повторно, выделить выделенные точки, при этом выделение отменяется. После того, как нужные точки выделены, надо нажать мышью на кнопку "Вых. в меню", при этом на экране появляется дополнительное меню:

При активизации кнопки "Смещение" надо выбрать необходимый вид данной операции из числа предложенных (рис.3).

- "Передвинуть" - при этом происходит плоскопараллельный перенос выделенных точек для этого надо ввести величины смещения по оси X и Y в мм; смещение может быть отрицательным."

- "Окружность" - при этом происходит перемещение выделенных точек по прямой соединяющей каждую точку с центром нарисованной окружности на саму окружность.

Смещение	Разм. осей		Плоск. объект	Доп. постр	Подконст-ция	Выход
Прямая	Норм.	Нор<2>				x=1875.0 y=1710.0
Окружность	X	X<2>				
Парабола	Y	Y<2>				
Сохран. вид.						
Видим. вид						
Невид. вид						
Убрать						

Рис.3

- "Прямая" - при этом происходит перемещение выделенных точек по выбранному варианту смещения, изменяются только координаты X ("По X") либо Y ("По Y"), либо происходит перемещение точек по нормали, при этом меняются координаты X и Y.

При выборе смещения "По X2" либо "По Y2") необходимо еще дополнительно указать две точки, при этом произойдет смещение на

прямую по X или Y только этих двух точек, а остальные точки будут перемещены эквидистантно.

В пункте "Передислокация" происходит перераспределение конечно-элементной сетки. Этот пункт можно использовать, если внутренняя конфигурация сетки не имеет значения. Такая ситуация возникает при использовании однородного материала. Пункт можно вызывать несколько раз для получения более равномерной КЭ сети.

Этот пункт позволяет получить регулярную КЭ сеть. Треугольная или другая область получается из прямоугольной путем изменения координат (используя пункты "Перенос точки", "Перенос точек") только граничных узлов с последующим вызовом пункта "Передислокация".

Попробуйте в любой прямоугольной области изменить координаты нескольких граничных точек и вызвать "Передислокацию", затем опять заменить координаты и т.д. Пункт "Сохран.выдел" используется только для того чтобы при использовании пункта "Передислокация" данные точки не меняли своего положения.

Подменю пункта "Подконстр-ия"

Пункт "Сохран.объем." используется для создания КОНСТРУКЦИИ. Будем называть одну или несколько ПОДКОНСТРУКЦИЙ, сохраненных в виде объемной области, КОНСТРУКЦИЕЙ.

Пункт "Сохран.объем." выполняется после того, как ПОДКОНСТРУКЦИЯ собрана (пункт "Собрать"). После выбора пункта "Сохран.объем." на запрос "Введи аппликату верхнего сечения Нв", необходимо ввести координату Z верхнего сечения ПОДКОНСТРУКЦИИ. Например, Нв=1230. Затем на запрос "Введи аппликату нижнего сечения Нн" ввести координату Z нижнего сечения ПОДКОНСТРУКЦИИ. Например, Нн=0. Далее, на запрос "Введи количество слоев по Z" необходимо ввести количество слоев в данной ПОДКОНСТРУКЦИИ. Например, Lz=22. Затем, на запрос "Введи толщину каждого слоя, отсчет сверху. Ввод-Esc. Редактирование F9", ввести шаги по Z начиная сверху аналогично тому, как были введены шаги для X и Y. После чего нажать "Esc", если не предполагается редактирование отдельных сечений, при этом Вы получите ПОДКОНСТРУКЦИЮ у которой все сечения идентичны.

На экране появится сообщение о количестве стыкованных точек и удаленных поверхностных элементов. За этими величинами нужно также внимательно следить. Например, если Вы достраиваете КОНСТРУКЦИЮ к существующей и стыковка производится всего по одному КЭ, то стыкованных точек будет 4, а удаленных элементов 2 (по одному на каждой КОНСТРУКЦИИ). При несоответствии установите другое значение параметра "Epss".

Если предполагается использовать редактирование отдельных сечений, то вместо "Esc" надо нажать "F9", затем при помощи стрелок выбрать нужное сечение просмотреть его нажатием клавиши "Enter", а затем нажать "9" для изменения формы сечения, при этом на экране появляется меню, аналогичное пункту меню "Перенос точек", здесь необходимо произвести нужное редактирование, затем перейти на следующее сечение.

При необходимости можно произвести линейную аппроксимацию между любыми двумя сечениями для этого надо нажать клавишу "5".

На рис.4 приведен пример полученной объемной ПОДКОНСТРУКЦИИ при аппроксимации по четырем сечениям, при этом аппроксимация проводилась трижды, первый раз по сечениям 1-4, второй раз 4-6 и третий раз 6-9, (пример demo).

Пункт "Создать/загр." используется для создания второй и более ПОДКОНСТРУКЦИЙ или для перехода на экране к любой из созданных ПОДКОНСТРУКЦИЙ.

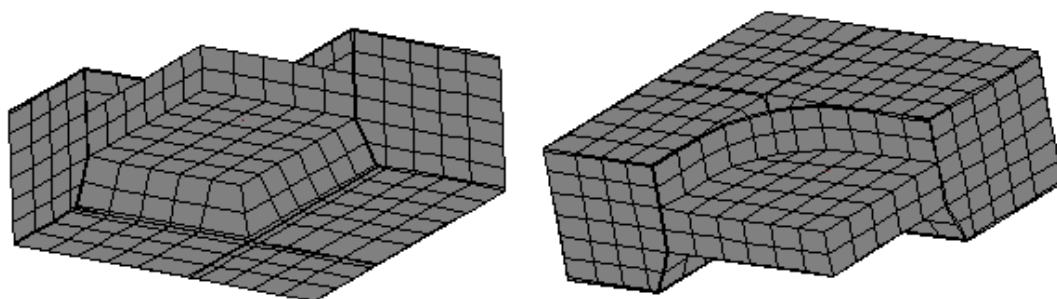


Рис. 4

При выборе этого пункта появляется сообщение "Введите номер подконструкции либо Enter для новой", где нужно указать номер нужной из уже созданных ПОДКОНСТРУКЦИЙ (для перехода к ней) или нажать "Enter" для создания новой. В этом случае появляется запрос "Будете использовать какую-либо подконструкцию в качестве прототипа? (Y/N)". Если ответить Enter", то появится сообщение "Введи номер подконструкции - прототипа" и надо ввести номер уже существующей ПОДКОНСТРУКЦИИ. Например, N=1.

Пункт "Собрать" используется для сборки ПОДКОНСТРУКЦИИ из ОБЪЕКТОВ, если она состоит из двух и более ОБЪЕКТОВ. Для сборки ПОДКОНСТРУКЦИИ нажатием левой кнопки "мыши" указать ОБЪЕКТЫ в такой последовательности, чтобы каждый новый ОБЪЕКТ достраивался к уже существующим ОБЪЕКТАМ и соприкасался с ними хотя бы частью границы. При сборке ПОДКОНСТРУКЦИИ на экране показывается количество состыкованных точек; нужно внимательно следить за количеством состыкованных точек и при необходимости устанавливать другие значения параметра "Erss" (см. пункт "Установка параметров").

Пункт "Разобрать" используется для отмены пункта "Собрать". При этом отменяются действия пунктов "Перенос точки", "Перенос точек", "Передислокация".

Пункт "Просм.объем." используется для просмотра всей объемной КОНСТРУКЦИИ, полученной с помощью пункта "Сохран.объем.". После появления на экране изображения, клавишами 1-4, 6 или 8 (удобно пользоваться дополнительной клавиатурой на компьютере с изображением стрелок, лампочка "NumLock" должна гореть) необходимо выбрать повернуть КОНСТРУКЦИЮ и просмотреть ее со всех сторон, изредка нажимая клавишу "9" для просмотра КЭ сети. При этом в верхней строке указывается общее количество узлов КЭ сети, необходимо, чтобы количество узлов не превышало максимально-допустимую.

Пункт "Новый объем." используется, если Вы сделали ошибку при создании КОНСТРУКЦИИ или решили создать из имеющихся ПОДКОНСТРУКЦИЙ новую объемную КОНСТРУКЦИЮ. Следует отметить, что начать создавать и достраивать КОНСТРУКЦИЮ можно с любой ПОДКОНСТРУКЦИИ и в любой последовательности.

Если Вы хотите построить дополнительный объект в уже собранной подконструкции, то ее надо вначале разобрать. Для этого щелк-

ните мышью по кнопке "Разобрать". Во время создания КОНСТРУКЦИИ Вы можете периодически ее просматривать (пункт "Просм. объем."). Если Вы произвели ошибку при создании КОНСТРУКЦИИ, то надо выбрать пункт "Новый объем." и снова произвести сборку всей КОНСТРУКЦИИ в целом. В правом нижнем углу показано общее количество ПОДКОНСТРУКЦИЙ, а также номер текущей ПОДКОНСТРУКЦИИ; кроме того, щелкая "мышью" по прямоугольникам с надписью "Пред" и "След", можно переходить на предыдущую или последующую ПОДКОНСТРУКЦИЮ соответственно. На этом дискретизация области заканчивается, сохранение происходит автоматически при выполнении пункта "Сохран. объем."

4.3. Ввод исходных данных в пункте "Характеристики материалов"

При запуске этого пункта выводится сообщение "Имя файла или Enter", где необходимо ввести имя файла для расчетов или "Enter", если Вас устраивает выданное имя файла. На экране появится рассчитываемая КОНСТРУКЦИЯ, разбитая на конечные элементы и окрашенная в красный цвет. После появления на экране изображения, клавишами 1-4, 6 или 8 (удобно пользоваться дополнительной клавиатурой на компьютере с изображением стрелок, лампочка "NumLock" должна гореть) необходимо выбрать вид КОНСТРУКЦИИ (КОНСТРУКЦИЯ должна быть ориентирована параллельно осям координат), и нажать кнопку "Заполнить". В верхней строке будет указано общее количество слов, после чего Вы можете, нажимая "мышью" кнопки "Пред." или "След." перейти на нужный слой и задать характеристики материалов.

Для каждого материала выбирается свой цвет. Для изменения значения коэффициента теплопроводности нажать правую кнопку "мышь" на прямоугольнике нужного цвета справа на экране и ввести новое значение. Например, $\text{Lam}=1.72$. Таким образом, выбираем для каждого используемого в КОНСТРУКЦИИ материала свой цвет и задаем его коэффициент, используя 10 доступных цветов.

При недостатке количества цветов у Вас есть возможность воспользоваться еще одной палитрой, которая появляется на экране при нажатии на прямоугольнике в правом верхнем углу со словом "Lam" левой кнопки "мышь". Затем описывается, из какого материала "сделан" каждый объемный конечный элемент в данном сечении (для этого он раскрашивается нужным цветом). При этом используется левая кнопка "мышь". Для удобства раскраски можно использовать правую кнопку (одновременно раскрашивается 6- 8 КЭ). Заполнив текущее сечение, аналогично заполняем все остальные сечения, переходя на нужный слой с помощью кнопок "Пред." или "След.", а также кнопки "Просмотр".

Если у Вас много однотипных сечений, то можно произвести запоминание одного из сечений (кнопка "Копировать" в меню "Сервис") с последующей вставкой в другие сечения (кнопка "Вставить" в меню "Сервис"). Следует иметь в виду, что переносить раскраску из одного сечения в другое можно только при полной идентичности рассматриваемых сечений, в противном случае выдается предупреждение "Сечения не идентичны".

После того, как заданы все сечения, можно просмотреть КОНСТРУКЦИЮ для визуального контроля, пользуясь клавишами 1-4, 6 и 8. При нажатии клавиши 0 на экране КОНСТРУКЦИЯ будет повернута в ис-

ходное (первоначальное) положение. Затем произвести сохранение и выйти. При слишком мелком разбиении удобно пользоваться увеличением с помощью пункта "Увеличить", значение коэффициента увеличения Кпр задается в пункте "Установка параметров".

В пункте "Сервис" кнопка "Связь" означает расчет эквивалентного коэффициента теплопроводности гибкой связи, для того чтобы воспользоваться этой командой необходимо вначале раскрасить один элемент новым цветом в месте расположения гибкой связи, а затем, нажать кнопку "Связь", после чего необходимо ввести коэффициент теплопроводности гибкой связи ее диаметр и коэффициент теплопроводности утеплителя, затем произойдет автоматическое вычисление площади последнего раскрашенного элемента и расчет эквивалентного коэффициента теплопроводности гибкой связи, при необходимости это значение можно откорректировать.

Кнопка "Метки" удобна для того, чтобы при переходе с одного сечения на другое помечать отдельные места КОНСТРУКЦИИ. Метки убираются кнопкой "Убрать".

4.4. Ввод исходных данных в пункте "Граничные условия"

При запуске данного пункта на экране появится сообщение "Имя файла или Enter", на которое следует ввести имя файлов для расчетов или нажать "Enter", если Вас устраивает имя, появившееся на экране. Затем на экране компьютера показывается пространственное изображение рассчитываемой ограждающей КОНСТРУКЦИИ, все стороны которой окрашены одним цветом (этому цвету соответствует коэффициент теплоотдачи $ALF=0$), взятым из дополнительной палитры. По возможности не используйте этот цвет с другими значениями, т.к. те границы, где не задаются Вами граничные условия, должны быть теплоизолированы ($ALF=0$).

При работе этого пункта для каждого поверхностного элемента вводится тип граничных условий (соответствующий определенным условиям теплообмена) раскрашиванием в нужный цвет. Корректировка коэффициентов теплоотдачи и температуры среды аналогичны пункту "Характеристики материалов". Ориентировать КОНСТРУКЦИЮ параллельно осям координат не обязательно.

Если необходимо произвести задание односторонних граничных условий на большой плоскости, то надо закрасить по крайней мере один поверхностный элемент и нажать кнопку "Заливка". В этом случае произойдет закрашивание всех элементов, находящихся в данной плоскости.

Если Вы хотите посчитать приведенное сопротивление с помощью данного программного комплекса, то выполняйте следующие условия:

- темно-синим цветом закрашивайте поверхность, площадь которой участвует в вычислении приведенного сопротивления (см. [1]);

- темно-красным цветом закрашивайте поверхность, через которую проходит тепловой поток, участвующий при расчете приведенного сопротивления (см. [1]).

Для тестовых примеров "TEST1" и "TEST2" это надо сделать следующим образом: - наружные стены окрашивать темно-синим цветом с $ALF=23$ и $TG=-39$,

- наружная сторона окна и оконные наружные проемы окрашивать любым другим цветом (например, голубым), хотя коэффициенты тепло-

отдачи и температуры среды могут совпадать с соответствующими коэффициентами наружных стен, внутренняя сторона стен, плит перекрытия и внутренних проемов окна (т.е. все за исключением самого окна) окрашивается темно-красным цветом с $ALF=8.7$ и $TG=20$,

- внутренняя сторона окна окрашивается в другой цвет (например, розовый) с теми же $ALF=8.7$ и $TG=20$.

Если Вы зададите цвета таким образом, то приведенное сопротивление будет напечатано в файле "имя.mnm"; в противном случае, при расчете будет выдано сообщение "Использован нестандартный тип граничных условий" и расчет приведенного сопротивления нужно будет произвести самостоятельно на калькуляторе. В любом случае нужно очень осторожно подходить к величине R_0 , посчитанного в файле "имя.mnm" (т.к. здесь очень важно правильное задание граничных условий).

Если Вас интересует тепловой поток через конкретную область КОНСТРУКЦИИ, можно окрасить эту область в отдельный цвет, и тогда для нее отдельно будет рассчитан тепловой поток и напечатан в файле "имя.mnm" (по каждому цвету в нем выдаются площадь, средняя температура и тепловой поток). Цвета задаются номерами (1 - темно-синий, ..., 10 - темно-красный, 11 - темно-синий с орнаментом, ..., 20 - темно-красный с орнаментом). Здесь также как в пункте "Характеристики материалов" есть возможность вращать, устанавливать в исходное положение и приближать область при работе.

4.5. Расчет температурного поля

Производим расчет температурного поля. Пункт "Расчет". Этот пункт выполняется только в том случае, если произведена дискретизация области на конечные элементы, заданы граничные условия и характеристики материалов.

Следует обращать внимание на соответствие параметров, отображаемых на экране при расчете максимально-допустимым значениям, указанным в скобках и на величину точности расчета:

Размерность матрицы	237890	(520000)
Профиль матрицы	17	(35)
Кол-во узлов	19032	(40000)
Кол-во объемных элем-ов	15892	(36000)
Кол-во элем-ов на поверхности	6082	(24000)
Кол-во элем-ов с гран. услов.	2760	(20000)

В скобках даны максимально-допустимые значения

1375 Точность расчета 0.9333E-07

Результаты расчета записываются в файл "имя.mnm". В этот файл записывается температура отдельно по внутренней и по наружной поверхности области с координатами узлов (при $Labt=1$ см. Пункт "Установка параметров").

Наружной считается поверхность, где задана отрицательная температура окружающей среды. Также сюда записаны площадь для каждого типа граничных условий, средняя температура, входящий и выходящий тепловые потоки.

Пример расчета "test2.mnm"

№	Коэфф.тепл.	Т среды	Площадь	Т средняя	Тепл. поток
1	.2300D+02	-.3900D+02	0.1408D+01	-.3707D+02	-.6239D+02
2	0.2300D+02	-.3900D+02	0.5651D+00	-.3548D+02	-.4577D+02
3	0.8700D+01	0.2000D+02	0.5075D+00	0.1026D+02	0.4300D+02
4	0.8700D+01	0.2000D+02	0.2938D+01	0.1745D+02	0.6516D+02

Итого Qвход.=0.108158D+03 Qвых.=-.108157D+03 Погрешность = 0.00007%

Ro=0.12750D+01

При проведении расчета убедитесь, что расчет закончился корректно (достигнута требуемая точность $\text{eps} < 1.0\text{e-}5$, и погрешность входящих и выходящих тепловых потоков не превышает 0.1%). Если эти два условия не соблюдены, то пользоваться результатами расчета недопустимо, в этом случае необходимо повторить дискретизацию с более равномерным и мелким шагом, также, данная некорректность может возникать, при использовании материалов с большим отличием коэффициентов теплопроводности (отношение $\text{LAM}_{\text{max}}/\text{LAM}_{\text{min}} > 1000$).

4.6. Визуализация

Этот пункт выполняется в последнюю очередь, и позволяет вывести результаты расчета на дисплей. При запуске данного пункта на экране появится сообщение "Имя файла или Enter", на которое следует ввести имя файлов для расчетов или нажать "Enter", если Вас устраивает имя, появившееся на экране. Затем на экране компьютера показывается пространственное изображение рассчитываемой ограждающей конструкции, при нажатии кнопки "Просмотр" КОНСТРУКЦИЯ будет представлена в виде когда каждый поверхностный элемент окрашен цветом, соответствующим среднему значению температуры в этом элементе.

Перемещая курсор по поверхности КОНСТРУКЦИИ и щелкая мышью, Вы сможете узнать значение температуры в любой точке на поверхности, а также координату этой точки в глобальной (первоначальной) системе координат. Для более точной установки курсора используйте стрелки перемещения курсора. При нажатии клавиши "Пробел" произойдет перемещение курсора в ближайший узел КОНСТРУКЦИИ.

Для более детального просмотра температурного поля в КОНСТРУКЦИИ вначале ориентируйте Конструкцию нужным образом, а затем зайдите в "Сервис" и нажмите "Изотермы", при этом произойдет более детальная раскраска поверхности КОНСТРУКЦИИ, далее перемещая курсор по поверхности КОНСТРУКЦИИ и щелкая мышью Вы сможете также узнать значение температуры в любой точке на поверхности, а также координату этой точки.

На рис.5 приведен вид КОНСТРУКЦИИ при нажатии кнопки "Изотермы", (пример test2).

Для просмотра температурного поля сечения КОНСТРУКЦИИ сначала надо ориентировать область таким образом, чтобы нужное Вам сечение находилось в горизонтальной плоскости перпендикулярно экрану. Затем нажать кнопку "Выбор сеч.", установить курсор на интересующее Вас сечение (вид снизу), и нажать кнопку "мышь". На экране будет изображено данное сечение КОНСТРУКЦИИ с температурным полем в виде изотерм. Передвигая курсор по сечению области, можно

уточнить температуру в интересующей точке, нажав левую кнопку "мышь". В верхней строке при этом будут указаны температура, и координаты этой точки, но следует учитывать, что начало координат в этом случае расположено в левом нижнем углу данного сечения.

Для других координатных осей необходимо активизировать пункт "Установить", на экране появится сообщение "Установи курсор в начало координат". Затем нужно установить "мышь" на экране в точку начала новых координатных осей и нажать левую кнопку "мышь".

При необходимости можно увеличить выводимое сечение, воспользовавшись кнопкой "Увеличить". Его можно вызывать подряд несколько раз, все более увеличивая сечение. Значение коэффициента увеличения $K_{пр}$ задается в пункте "Установка параметров".

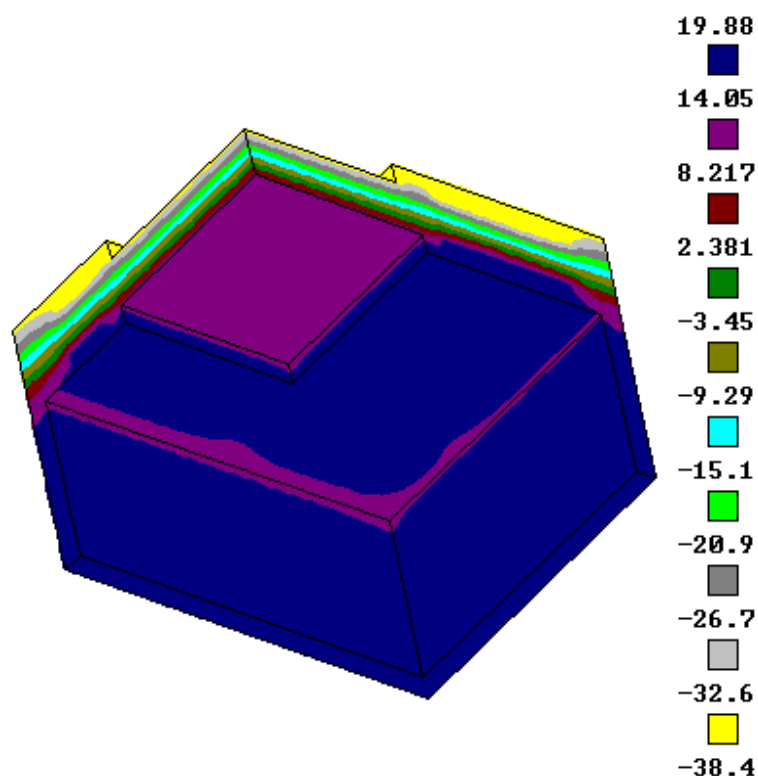


Рис. 5

При выводе изотерм (при значении параметра $Lbvz=0$, задаваемого в пункте "Установка параметров"), шаг между ними выбирается равномерный и вычисляется, как разница между максимальной температурой области и минимальной, деленной на 10. Если Вы хотите установить другие значения изотерм, то необходимо установить $Lbvz=2$ и ввести 11 значений температур. Первое значение должно быть не более минимальной температуры области, а последнее не менее максимальной температуры области; в противном случае при просмотре будет выдано соответствующее предупреждение и значение параметра $Lbvz$ будет установлено равное 0. Если установить $Lbvz=1$, то при выводе изотерм не будет происходить нормирование изотерм при переходе с одного сечения на другое.

Если Вы хотите получить псевдографическое (схематичное) изображение выбранного сечения рассчитываемой КОНСТРУКЦИИ с температурами в узлах в файле с именем "имя.rtp", необходимо нажать кнопку "Псевдогр." левой кнопкой "мышь". В этот файл можно поместить последовательно изображение нескольких сечений. Этот файл

удобен для детального просмотра результатов расчета и создания документального отчета. Он может быть просмотрен и при необходимости подкорректирован с помощью любого текстового редактора, но следует учитывать, что он может получиться большого размера, и поэтому необходимо использовать более мощные текстовые редакторы (например, NE).

Следует иметь в виду, что корректная работа этого пункта возможна только при использовании прямоугольных КЭ в данном сечении, также следует иметь в виду, что просмотр полученного файла следует производить с помощью редакторов позволяющих просматривать длинные строки без принудительного переноса.

При необходимости у Вас имеется возможность вывода любого графического изображения (изотермы сечения, характеристики материалов и т.д.) на принтер для этого необходимо нажать клавишу F3 и примерно через 5 секунд после прекращения звукового сигнала в каталоге "WORK" будет создан файл-bmp с уникальным именем, который можно в дальнейшем при необходимости отредактировать с помощью прилагаемой программы BMP_BMP.com и вывести на струйный принтер.

4.7. Установка параметров

При необходимости изменения стандартных параметров для работы с комплексом выбрать пункт меню "Установка параметров" и задать свои значения, после чего выйти с сохранением. В этом пункте можно устанавливать следующие параметры:

- Кзап. - коэффициент заполнения экрана. Устанавливает масштаб КОНСТРУКЦИИ при просмотре на экране во всех пунктах главного меню.

- Хо - абсцисса начала координат (мм).

- Yo - ордината начала координат (мм). Устанавливает значение начала координат для пункта главного меню "Дискретизация".

- Xmax - размер экрана по горизонтали (мм). Устанавливает значение размера экрана для пункта главного меню "Дискретизация".

Рекомендуется устанавливать Xmax кратным 600, либо если $X_{max} < 600$ так, чтобы $600/X_{max}$ было целым.

- Dxy - шаг смещения курсора "мышь". Устанавливает значение шага курсора для пункта главного меню "Дискретизация". Значение шага должно быть целым.

- Eps - точность при проведении расчета. Устанавливает точность для проведения расчета. Рекомендуется устанавливать $Eps = 1.00E-5 - 1.00E-7$.

- Labs - признак задержки при стыковке. При установленном значении

Labs=1 в пункте главного меню "Дискретизация" показывает количество стыкованных узлов с задержкой, при Labs=0 - без задержки. Рекомендуется устанавливать Labs=1.

- Labt - признак создания файла температур. Этот признак используется в пункте "Расчет" для указания выводить (Labt=1) или не выводить (Labt=0) в файл "имя.mnm" температуры с координатами узлов по внутренней, наружной поверхностям, а также по всему объему КОНСТРУКЦИИ.

-Следует учитывать, что для вывода значений температур требуется дополнительное время, поэтому устанавливать Labt=1, следует только при необходимости.

- Кпр. - коэффициент увеличения (приближения). Используется для пунктов главного меню "Характеристики материалов", "Граничные условия", "Визуализация".

- Ерсс - размер при стыковке (мм). Используется в пункте главного меню "Дискретизация". Этот размер задается для минимального расстояния (мм) между узлами. Точки, находящиеся на расстоянии меньшем Ерсс, объединяются (стыкуются), поэтому его рекомендуется задавать по возможности достаточно маленьким (его значение может быть задано и меньше 1мм). Однако при сохранении объемной КОНСТРУКЦИИ следует внимательно смотреть за количеством стыкованных точек и удаленных элементов, при несовпадении следует установить другое значение Ерсс.

- Alfa - угол поворота при вращении. Используется для всех пунктов главного меню. Alfa задает угол поворота при вращении пространственной КОНСТРУКЦИИ с помощью клавиш 1-4, 6, 8. Рекомендуется устанавливать угол таким образом, чтобы за целое число шагов можно было повернуть КОНСТРУКЦИЮ на 90 градусов.

- Lbvz - признак вывода изотерм. Используется в пункте главного меню "Визуализация". При Lbvz=0 шаг между изотермами выбирается автоматически, при Lbvz=2 шаги задаются пользователем, при Lbvz=1 шаг выбирается автоматически, но не происходит нормировки при переходе из одного сечения в другое.

- Lbrv- Вид выводимого на экран изображения. Используется во всех пунктах главного меню кроме пункта "Расчет". При Lbrv=0 или 1 КОНСТРУКЦИЯ изображается на экране монитора разбитая на КЭ рис 5.

При Lbrv=2 КОНСТРУКЦИЯ изображается в виде плоских граней (Рис 7), однако если Вы нажмете клавишу 9, то получите изображение как на Рис.6.

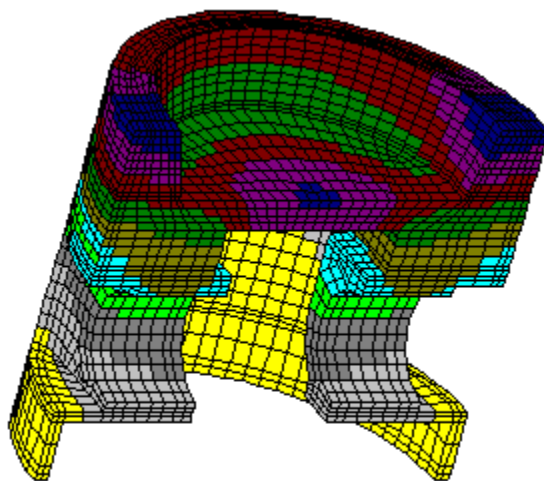


Рис. 6 Вид КОНСТРУКЦИИ при Lbrv=0,1

Если Вы использовали значение Lbrv=0 при Дискретизации, то просматривать в других пунктах главного меню данную конструкцию Вы сможете только, как на Рис 6, даже если установить значение Lbrv=2. Если же Вы использовали значение Lbrv=1 при Дискретизации, то в дальнейшем Вы сможете при установке Lbrv=2 просматривать данную КОНСТРУКЦИЮ как на Рис 7.

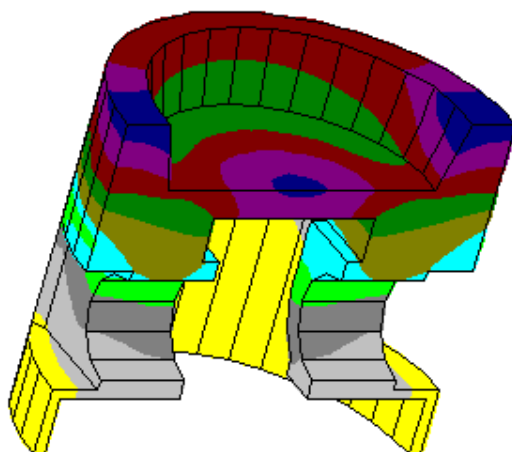


Рис. 7 Вид КОНСТРУКЦИИ при Lbrv=2

При использовании Lbrv=2 достигается более быстрое вращение КОНСТРУКЦИИ, при этом можно установить угол поворота Alf значительно меньше 45 град. Рекомендуется устанавливать угол Alf таким, чтобы 90 град делился на него нацело.

- Psw - учетный номер, поставляемый с инсталляционной дискетой.

Следует иметь ввиду, что при использовании значения параметра Lbrv=2 иногда общий вид КОНСТРУКЦИИ может быть не совсем корректным, однако это не является признаком не правильного разбиения, чтобы в этом убедиться нажмите клавишу 9.

5. ПРИМЕР РАСЧЕТА

Пример расчета температурного поля наружной стеновой панели в стыке с внутренними стенами и плитами перекрытия. Пример данного расчета находится в файле "TEST2".

Выбираем в качестве расчетной области выбираем четверть наружной стеновой панели с примыкающими к ней плитой перекрытия и внутренней перегородкой (рис.8), т.к. вся исходная область симметрична (имеет две оси симметрии). Длину плиты перекрытия и внутренней перегородки выбираем около 5-8 толщин наружной стены.

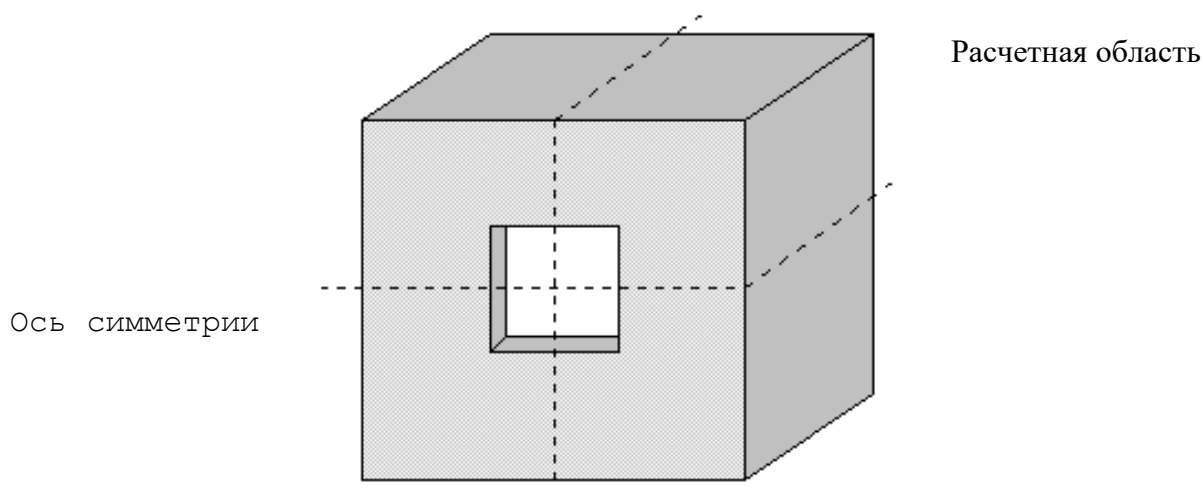


Рис.8. Выбор расчетной области

Делим расчетную область на три ПОДКОНСТРУКЦИИ:

- 1- окно, простенок и внутренняя перегородка;
- 2- надоконная часть вместе с внутренней перегородкой;
- 3- плита перекрытия.

В пункте "Дискретизация" разбиваем последовательно верхнее сечение каждой ПОДКОНСТРУКЦИИ на КЭ, предварительно разбив на прямоугольные ОБЪЕКТЫ.

Пример разбиения 1-ой ПОДКОНСТРУКЦИИ приведен на рис.9.

При задании характеристик материалов использованы значения коэффициентов теплопроводности из табл.2.

На рис.10 показана вся расчетная область с заданными характеристиками материалов.

Задание граничных условий для расчетной области приведено на рис.11, значения коэффициентов теплоотдачи и температуры наружного и внутреннего воздуха взяты из табл.2.

Таблица 2

Пример выбора расчетных параметров

№ п/п	Параметры	Значения параметров	Источник
1	Район строительства	Новосибирск	-
2	Расчетная температура наружного воздуха	-37	[3]
3	Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности	23.0	[1]
4	Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности	8.7	[1]
5	Расчетная температура внутреннего воздуха	20	[3]
6	Расчетная влажность внутреннего воздуха	55	[1]
7	Температура "точки росы"	10.69	[2]
8	Влажностный режим помещения Нормальный	Нормальный	[1]
9	Зона влажности района строительства	Сухая	[1]
10	Условия эксплуатации ограждающей конструкции	А	[1]

Таблица 3

Пример выбора коэффициентов теплопроводности материалов

№ п/п	Материал	Плотность	Коэффициент теплопроводности, (Вт/м.°С)
1	Железобетон	2500	1.92
2	Тяжелый бетон	2400	1.74
3	Цементно-песчаный раствор	1800	0.76
4	Керамзитобетон	1600	0.67
5	Древесина (оконная коробка)	500	0.14
6	Конопатка	150	0.06
7	Пенополистирол	40	0.041
8	Заполнение оконных проемов	-	0.357

Таблица 4

Пример расчета

№	Коэфф. тепл.	Т среды	Площадь	Т средняя	Тепл. Поток
1	.2300D+02	-.3700D+02	0.1408D+01	-.3707D+02	-.6239D+02
2	0.2300D+02	-.3700D+02	0.5651D+00	-.3548D+02	-.4577D+02
3	0.8700D+01	0.2000D+02	0.5075D+00	0.1026D+02	0.4300D+02
4	0.8700D+01	0.2000D+02	0.2938D+01	0.1745D+02	0.6516D+02

Итого $Q_{\text{вход.}}=0.108158D+03$ $Q_{\text{вых.}}=-.108157D+03$ Погрешность = 0.00007%

$Ro=0.12750D+01$

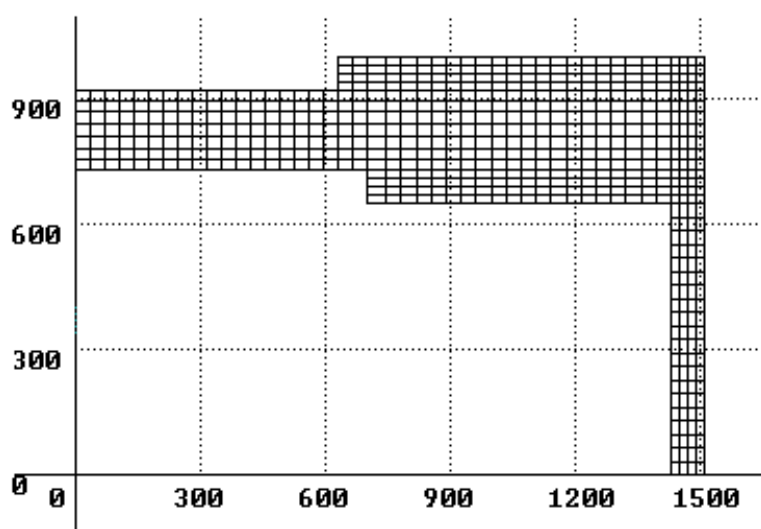


Рис.9. Дискретизация 1-ой ПОДКОНСТРУКЦИИ на КЭ

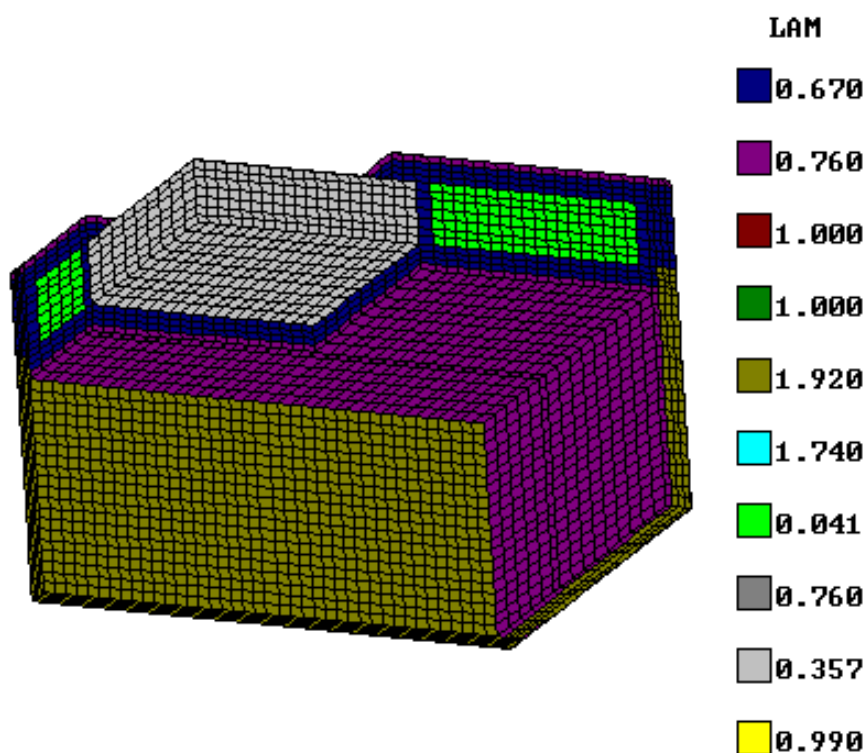


Рис.10. Задание характеристик материалов

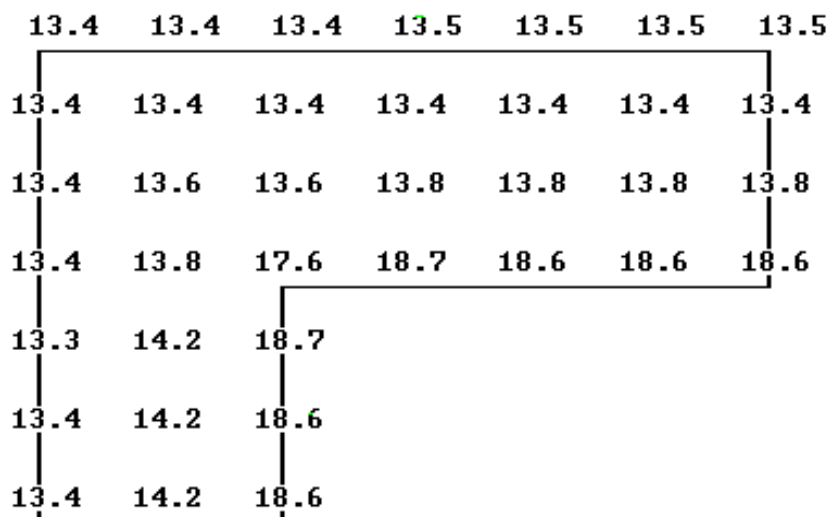


Рис.13. Температурное поле внутренней поверхности в режиме "Псевдографика", (пример test1).

Температурное поле для внутренней поверхности расчетной области приведено на рис.12. В табл.3 приведены результаты расчета тепловых потоков и площадей на участках, соответствующих разным типам граничных условий, и приведенного сопротивления теплопередаче расчетной области. Так как, для расчета была взята четверть стеновой панели, поэтому данные, приведенные в табл.2, соответствуют не всей стеновой панели, а только ее правой верхней четверти.

Для получения результатов по всей стеновой панели необходимо рассчитать еще оставшиеся три четверти, но левая верхняя четверть является полностью симметричной той, которую мы уже рассчитали, поэтому все полученные данные соответствуют и этой четверти. Нижняя часть стеновой панели не совсем симметрична верхней, т.к. подоконная часть по высоте больше надоконной. Поэтому для одной из нижних четвертей нужно провести аналогичный расчет. Но для расчета нужно только собрать заново объемную КОНСТРУКЦИЮ, увеличив высоту 2-ой ПОДКОНСТРУКЦИИ.

Если оставить по оси Z то же количество элементов, то задавать характеристики и граничные условия еще раз не нужно, т.к. топология (количество элементов и узлов) расчетной области осталась той же, достаточно только провести еще один расчет. Для нахождения приведенного сопротивления всей стеновой панели необходимо воспользоваться формулой:

$$R_0 = (t_{в}^p - t_{н}^p) * S / Q ;$$

где Q - сумма тепловых потоков по всем четырем четвертям стеновой панели

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 ,$$

Q_1, Q_2 - тепловые потоки через верхние четверти, Q_3, Q_4 - тепловые потоки через нижние четверти; S - сумма площадей по всем четырем четвертям стеновой панели

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 ,$$

$S_1 = S_2$ - площади верхних четвертей, $S_3 = S_4$ - площади нижних четвертей.

Для рассмотренной четверти $Q_1=65.16$ Вт; $S_1=1.408\text{м}^2$ (Результаты расчетов – см.табл.4). Следовательно, для левой верхней четверти $Q_2=65.16$ Вт; $S_2= 1.408\text{м}^2$.

Проведя аналогичный расчет для нижней четверти, получены данные: $Q_3=Q_4=95.34$ Вт; $S_3= S_4=2.027 \text{ м}^2$.

Тогда

$$R_0=(20-(-37))/(2*65.16+2*95.34)*(2*1.408+2*2.027)=1.263 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

В данном случае мы обошлись двумя расчетами, но в случае, если отсутствует геометрическая симметрия (например, присутствует балконная дверь), или симметрия в задании характеристик материалов (например, присутствие гибких связей несимметрично), или симметрия при задании граничных условий (например, рассматривается угловая квартира), необходимо проводить большее число расчетов. В случае, если представляется возможность (более крупное разбиение на КЭ), можно рассматривать в качестве расчетной области половину стеновой панели (см. пример в файле test3) или даже всю.

6. ЗАПУСК ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ФАЙЛА (мультипликация)

В программном комплексе TEMPER-3D, начиная с версии 4.8, предусмотрена возможность использования демонстрационного режима работы.

При запуске демонстрации происходит работа комплекса в реальном режиме по всем пунктам программного комплекса, то есть происходит реальное нажатие кнопок, перемещение курсора ввод цифровой и символьной информации, как и при обычном режиме работы, только эта информация не вводится оператором, а считывается из демонстрационного файла (файла проекта). Этот файл имеет одноименное имя и имеет расширение PRJ.

Для запуска программы в демонстрационном режиме необходимо установить параметр $Lbdem$ не равный нулю. Этот параметр устанавливается в пункте "Установка параметров", если $Lbdem=0$, то программа работает в обычном режиме. При выполнении файла TEMPER.BAT при $Lbdem<>0$ происходит установка демонстрационного режима, при этом на экран выдается сообщение "Начать выполнение демонстрационного файла- Enter/Esc", если нажать Esc, то произойдет снятие демонстрационного режима в головном меню и тем самым Вы сами сможете выбрать порядок работы комплекса. Однако выполнение каждого пункта будет происходить в демонстрационном режиме, если же Вы сразу войдете в пункт "Установка параметров" и установите $Lbdem=0$, то произойдет глобальное снятие демонстрационного режима. Если нажать "Enter" то происходит запуск программы "Дискретизация", после вывода имени на экран управление передается оператору, и Вы можете ввести имя любого демонстрационного файла, если файл с таким именем существует, то все остальные программы ("Дискретизация", "Характеристики материалов", "Граничные условия", "Расчет" и "Визуализация") будут выполнены автоматически.

Во время демонстрации можно нажать клавишу "Esc" и тем самым приостановить выполнение программы, повторное нажатие "Esc" приведет к снятию демонстрационного режима в данном пункте программного комплекса, и управление будет передано оператору. Однако после окончания текущего пункта и выхода из него, опять произойдет режим установки демонстрации и автоматически начнет выполняться

следующий пункт программы, который также можно будет при необходимости прервать.

Суть параметра Lbdem заключается в том, что это величина задержки в 1/10 долях секунды которая происходит после выполнения каждой операции, чем больше значение Lbdem, тем медленнее выполняется программа, при Lbdem=1 время выполнения всей демонстрации около 1 минуты, при Lbdem=10- примерно 10 минут. При установке Lbdem=-1 после каждой команды программа будет останавливаться, и ждать нажатия любой клавиши или кнопки мыши.

7. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Программный комплекс "TEMPER-3D" поставляется в следующей комплектности:

1. Инсталляционные дискеты в количестве 2 шт. по 1,44 Мб;
2. Электронный ключ, устанавливаемый в параллельный порт (выход для принтера) в количестве 1 шт., либо инсталляционный код;
3. Инструкция пользователя программным комплексом;
4. Гарантийные обязательства.

Программы при выполнении проверяются на наличие вирусов, при заражении программ любым вирусом выполнение программ прекращается, в этом случае необходимо проверить соответствие размеров файлов указанных в файле namesiz.txt с фактическими размерами файлов. Это должно производиться на незараженном вирусами компьютере, возможно даже придется загрузить компьютер с системной дискеты и при несоответствии размеров заново переустановить комплекс.

Размер файла nam.nam не постоянен, поэтому он не указывается.

8. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

1. F1 - контекстная помощь.
2. F3 - получение BMP-файла.
3. F12- вызов резидентного калькулятора.
4. Просмотр демонстрационного примера расчета (мультипликация).
5. Программа BMP_BMP для пакетной обработки графических BMP-файлов с инструкцией.

9. РЕКОМЕНДАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ

Если Вы получили демонстрационную версию программы, то Вам лучше всего в момент запуска главного меню просмотреть демонстрацию полностью, а при повторном просмотре отказаться от демонстрации, то есть нажать "Esc". А после того, как Вы войдете в главное меню выбрать нужный пункт и просмотреть его необходимое количество раз.

Затем, если Вы решили изучить программный комплекс TEMPER-3D, то Вам необходимо установить параметр Lbdemo=-1 после чего Вы сможете по шагам просматривать весь процесс. В примере DEMO использованы примерно 90% возможности комплекса. Затем рекомендуется повторить самостоятельно расчет DEMO.

TEMPER-3D внедрен более чем в 20 проектных институтах РФ, а также в ряде учебных заведений.

Библиографический список

1. СП 50.1330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
3. СП 131.1330.2012 Строительная климатология: Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.