

Знакомство с МКЭ подсистемой

СтадиКон (СДК)

Стационарная задача теплопроводности



Содержание

Содержание	2
1. Описание задачи	3
2. Позиционный 3D POS-проект	4
2.1. Геометрия	4
2.2. Установка материалов для теплового воздействия.....	12
2.3. Установка граничных условий	15
2.4. Установка нагрузок.....	17
2.5. Расчет	18
2.6. Расчет без изоляционного слоя	21

1. Описание задачи

Рассмотрим стационарную задачу теплопроводности на примере сборного перекрытия. Один элемент такого перекрытия шириной 1200 мм состоит из нескольких слоев: изоляции из пенополистирола, бетонного перекрытия и цементно-песчаной стяжки.

Цель этого примера - определить температурное поле сечения сборного перекрытия при разнице температур на внешних поверхностях в 10°C .

Из-за симметрии конструкции будем моделировать только половину всего элемента перекрытия.

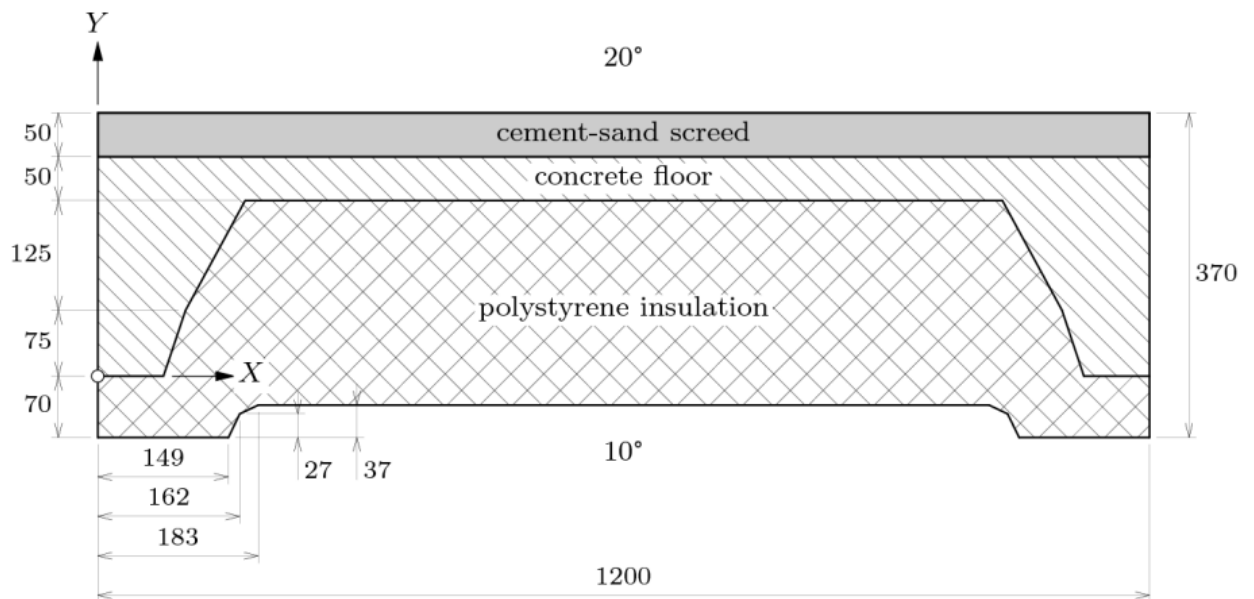


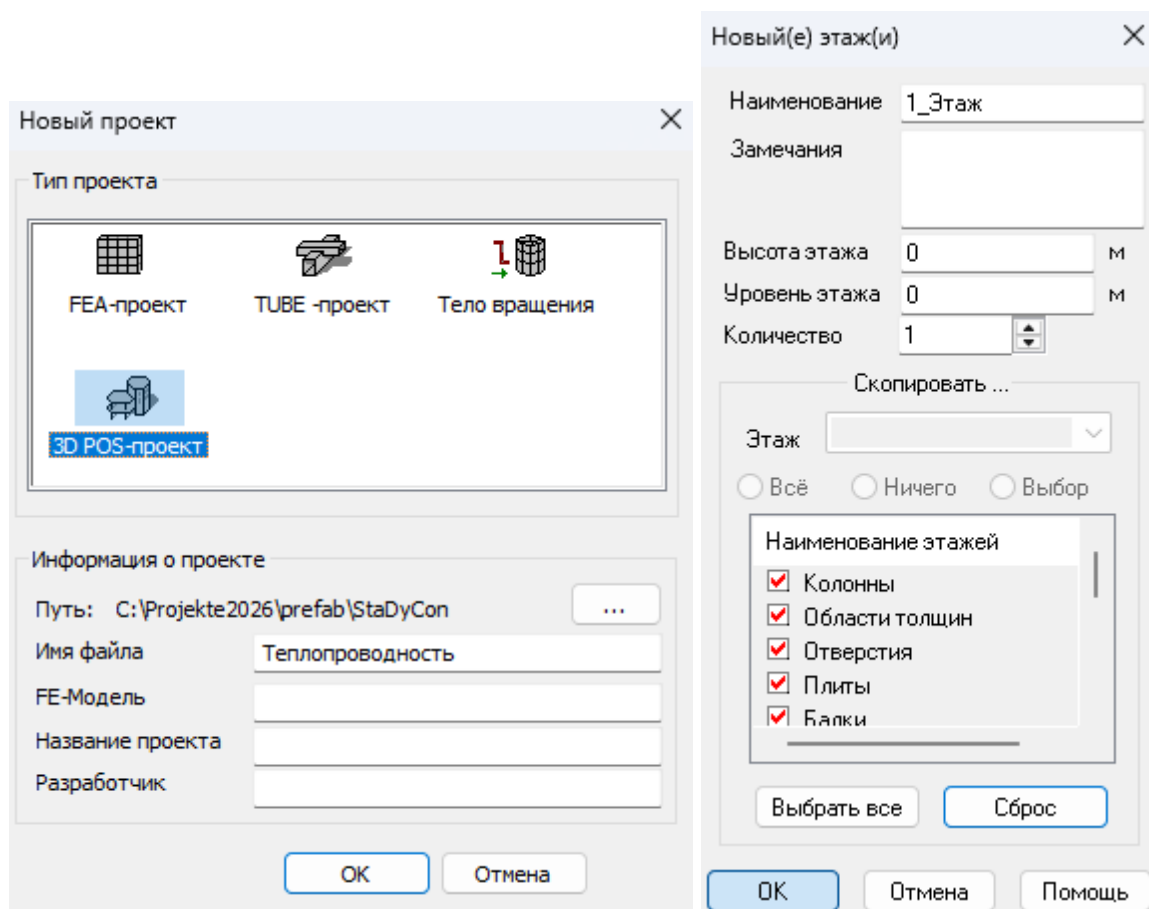
Рис. 1.1 - Поперечное сечение сборного элемента перекрытия [мм].

Свойства материалов:

- коэффициент теплопроводности изоляционного слоя $\lambda = 0.04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$
- коэффициент теплопроводности бетонного слоя $\lambda = 2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$
- коэффициент теплопроводности цементно-песчаного слоя $\lambda = 1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$
- коэффициент конвективного теплообмена верхней поверхности
 $\alpha = 7.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$
- коэффициент конвективного теплообмена нижней поверхности
 $\alpha = 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$

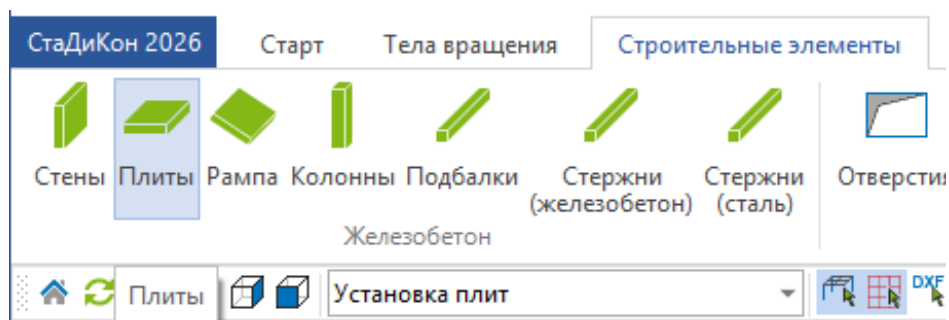
2. Позиционный 3D POS-проект

Создаем новый проект. Выбираем тип проекта **«FEA-проект»**. В следующем окне устанавливаем высоту и уровень этажа равными 0м и нажимаем **«OK»**.

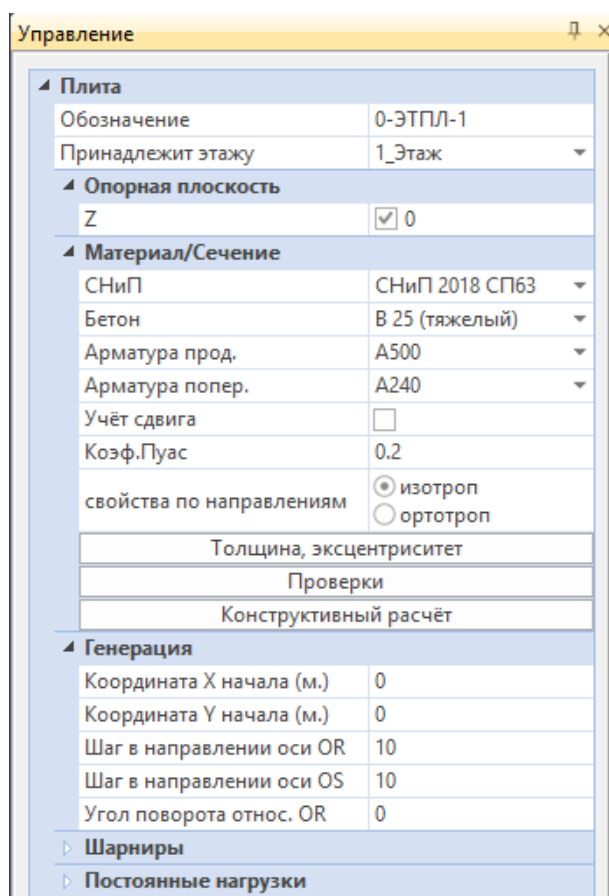


2.1. Геометрия

Переходим на вкладку **«Строительные элементы»** и выбираем **«Плиты»** - **«Установка плит»**.



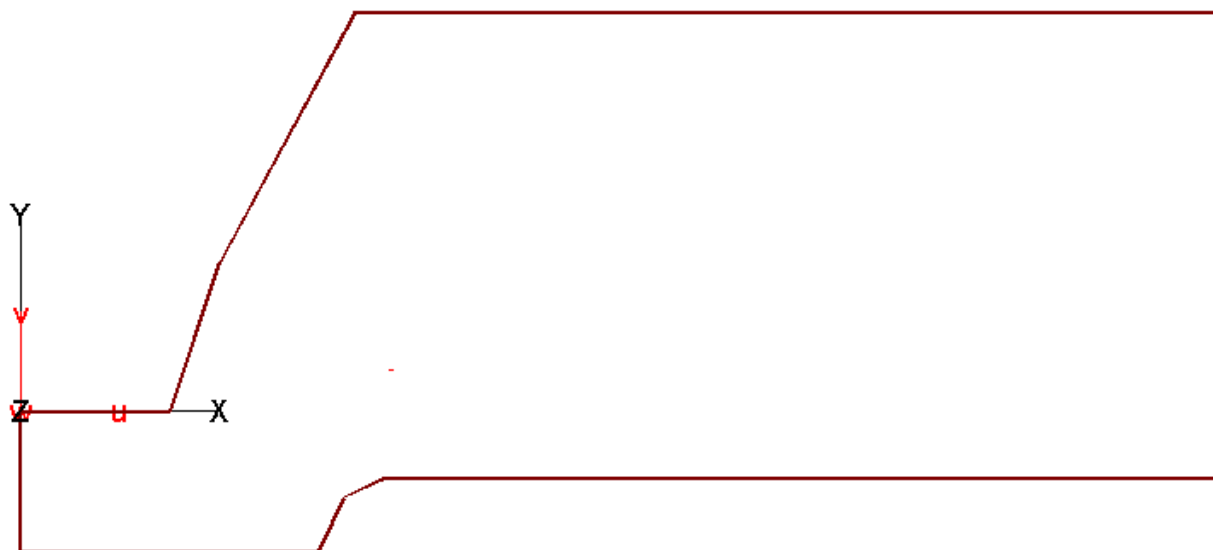
В окне «Управление» раскрываем пункт «Генерация» и устанавливаем «Шаг в направлении оси OR» и «Шаг в направлении оси OS» равными 10.



Плита	
Обозначение	0-ЭТПЛ-1
Принадлежит этажу	1_Этаж
Опорная плоскость	
Z	<input checked="" type="checkbox"/> 0
Материал/Сечение	
СНиП	СНиП 2018 СП63
Бетон	В 25 (тяжелый)
Арматура прод.	A500
Арматура попер.	A240
Учёт сдвига	<input type="checkbox"/>
Козф. Пуас	0.2
свойства по направлениям	<input checked="" type="radio"/> изотроп <input type="radio"/> ортотроп
Толщина, эксцентриситет	
Проверки	
Конструктивный расчёт	
Генерация	
Координата X начала (м.)	0
Координата Y начала (м.)	0
Шаг в направлении оси OR	10
Шаг в направлении оси OS	10
Угол поворота относ. OR	0
Шарниры	
Постоянные нагрузки	

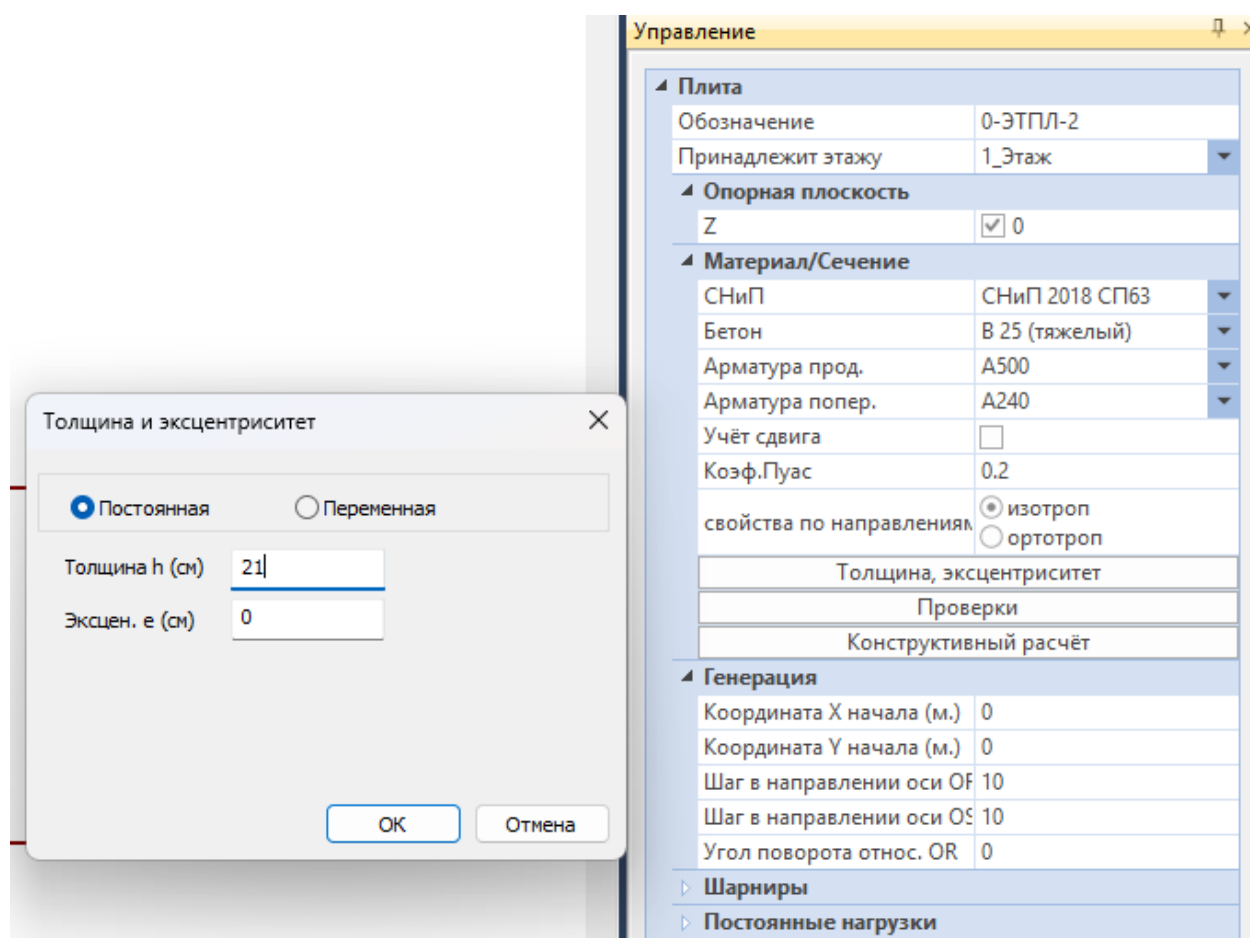
Зададим сначала нижний слой изоляции. Координаты X, Y точек плиты для слоя изоляции (координата Z у всех точек равна 0): (0, 0), (0, -70), (149, -70), (162, -43), (183, -33), (600, -33), (600, 200), (168, 200), (100, 75), (75, 0).

Получаем следующую плиту, соответствующую слою изоляции.

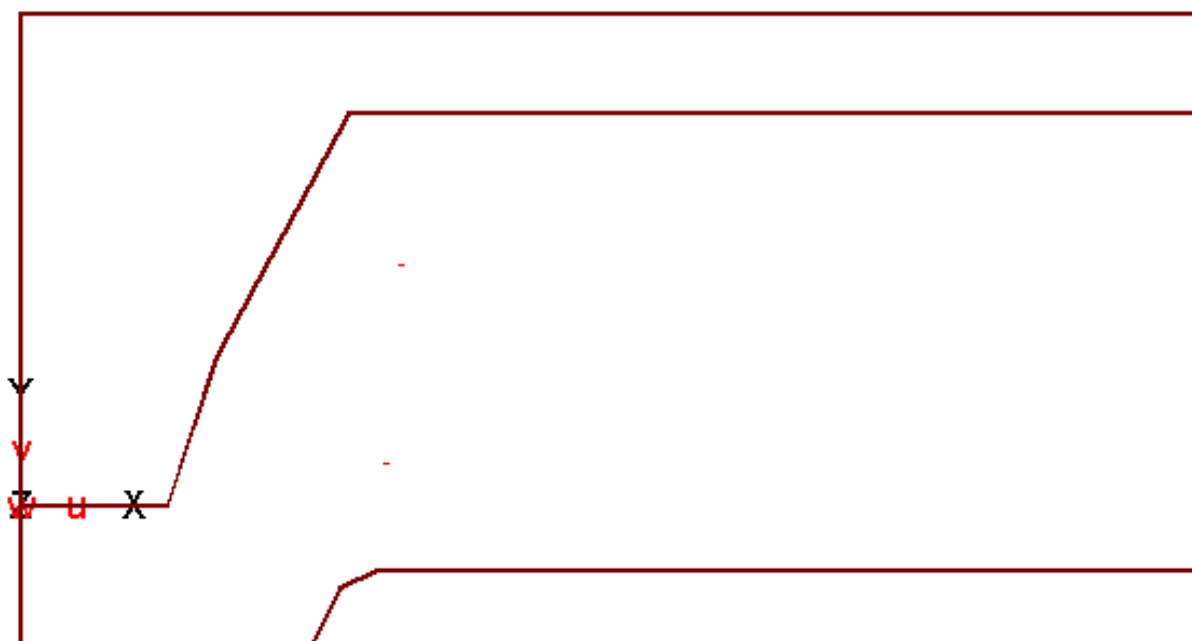


Для удобства, чтобы созданные плиты оказались с разными материалами при переходе к FEA-проекту, изменим для последующей плиты параметр толщины. В окне

«Управление» в пункте «Материал/Сечение» выбираем «Толщина, эксцентриситет» и изменяем значение толщины, например, на 21см.



После задаем вторую плиту, соответствующую слою бетона. Координаты X, Y точек плиты для слоя бетона (координата Z у всех точек равна 0): (0, 0), (75, 0), (100, 75), (168, 200), (600, 200), (600, 250), (0, 250).



Далее вновь изменяем значение толщины.

Толщина и эксцентриситет

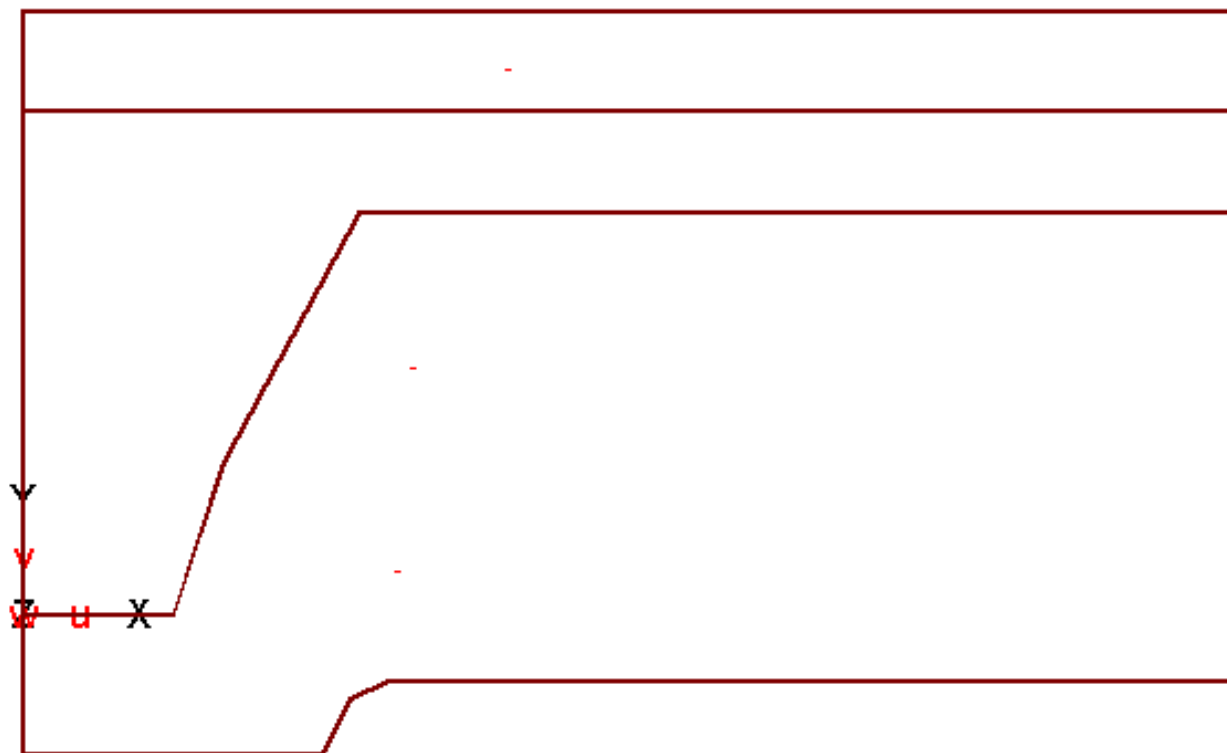
☒ Постоянная ☐ Переменная

Толщина h (см)

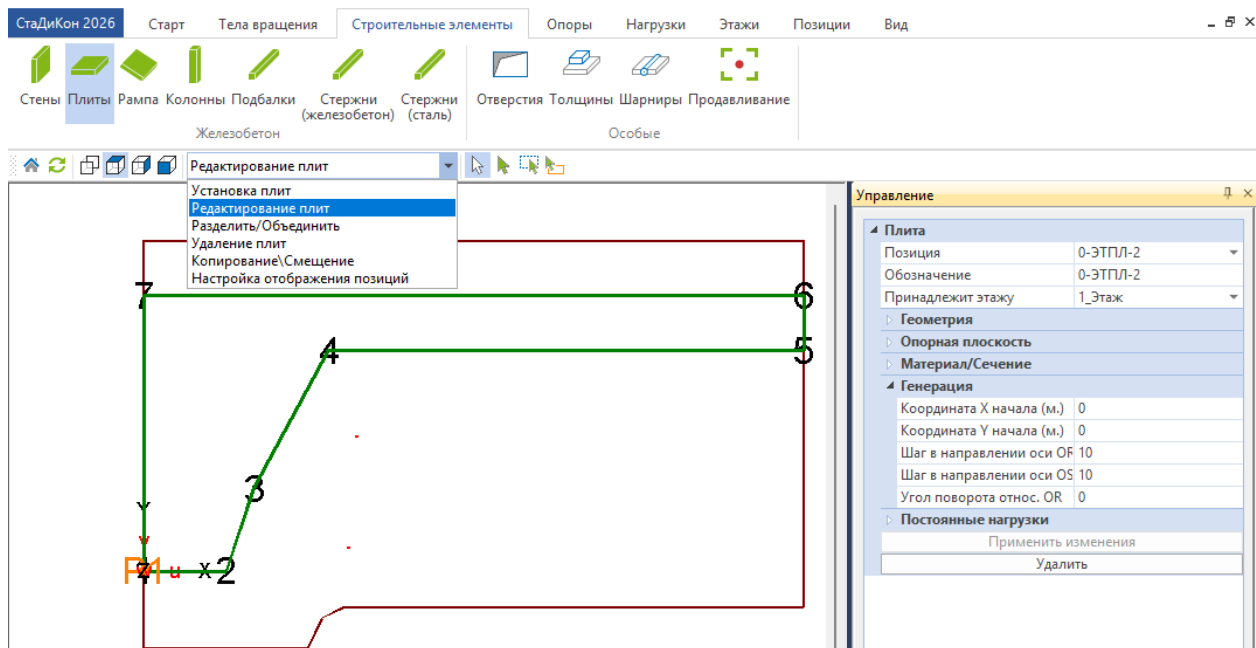
Эксцен. e (см)

ОК Отмена

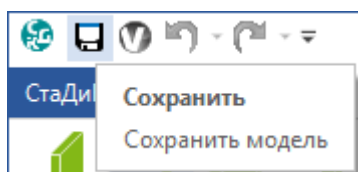
И задаем третью плиту. Координаты X , Y точек плиты для цементно-песчаного слоя (координата Z у всех точек равна 0): $(0, 250)$, $(600, 250)$, $(600, 300)$, $(0, 300)$.



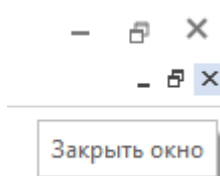
Переключившись на «*Редактирование плит*» и выбирая каждую плиту по очереди, перепроверьте, чтобы в пункте «*Генерация*» заданные шаги разбиения в направлении обеих осей были одинаковыми и равнялись 10 для всех плит.



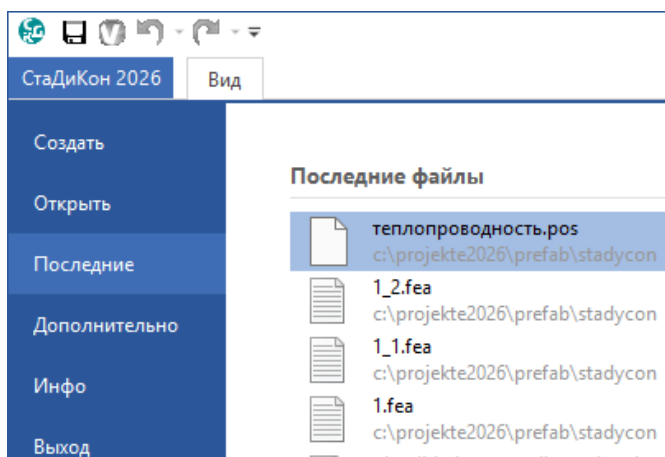
После сохранения модель.



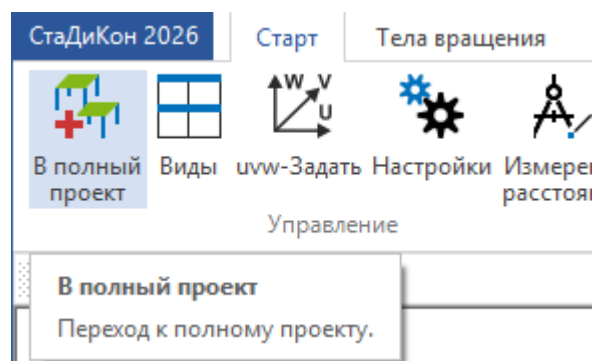
Выбрасываем модель, нажав на нижний крестик в правом верхнем углу.



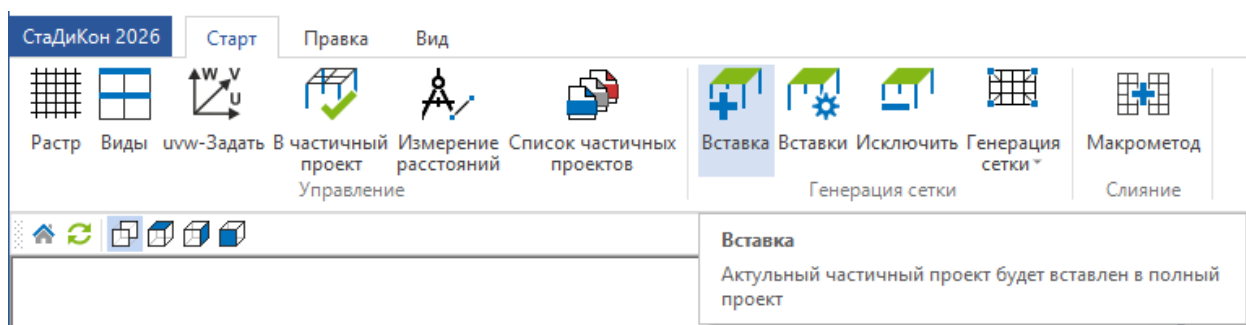
И открываем ее заново через вкладку «*СтаДиКон*». Модель должна находиться в самом верху во вкладке «*Последние*».



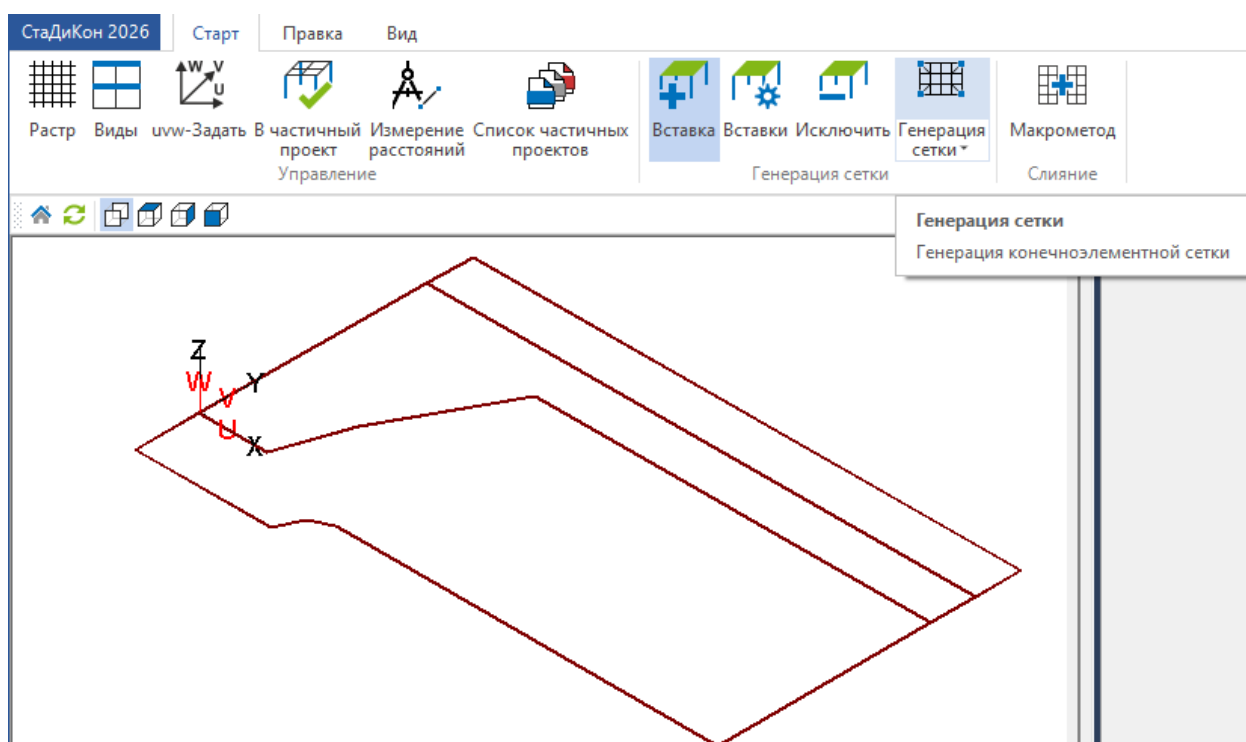
После открытия модели на вкладке «Старт» выбираем «В полный проект».



И далее нажимаем «Вставка».



Должна появиться созданная ранее модель. После этого выбираем «Генерация сетки».



Оставляем параметры по умолчанию и нажимаем «Генерация».

Генерация сетки

Шаблон: Стандарт (учет реальных размеров)

Параметры	
Суммировать номера нагрузок	<input type="checkbox"/>
Генерация краевых условий для стен/колонн	<input checked="" type="checkbox"/>
Генерация линейных опор	<input checked="" type="checkbox"/>
Генерация слоистых и упругих оснований	<input checked="" type="checkbox"/>
Учет принадлежности балки к плите	<input checked="" type="checkbox"/>
Эксцентриситеты	
Для стен	<input type="checkbox"/>
Для областей толщин	<input checked="" type="checkbox"/>
Для вутов	<input checked="" type="checkbox"/>
Способ моделирования связи колонна-плита	
Способ моделирования связи колонна-плита	Генерация элементов жёсткости
Срезать колонны по уровню плит	<input checked="" type="checkbox"/>
Способ моделирования связи плита-стена	
Сгущение сетки	В плитах и стенах
Способ моделирования связи плита-стена	Несо согласованная сетка (сторона-элемент)
Удаление элементов стен	<input checked="" type="checkbox"/>
Размеры точно по толщине стен (а не по макс. толщине)	<input type="checkbox"/>
Способ моделирования связи плита - подбалка	
Способ моделирования связи плита - подбалка	Сгущение сетки с генерацией слоистых материалов
Область сгущения без центральной линии	<input type="checkbox"/>
Минимальная ширина подбалки для сгущения	0
Генерация нагрузок	

Генерация

Сохранить шаблон

Перезаписать шаблон

Удалить шаблон

Отмена

Помощь

Сохраняем созданный конечно-элементный FEA-проект.

Имя файла: теплопроводность

Тип файла: FEA-Проект

Сохранить

Отмена

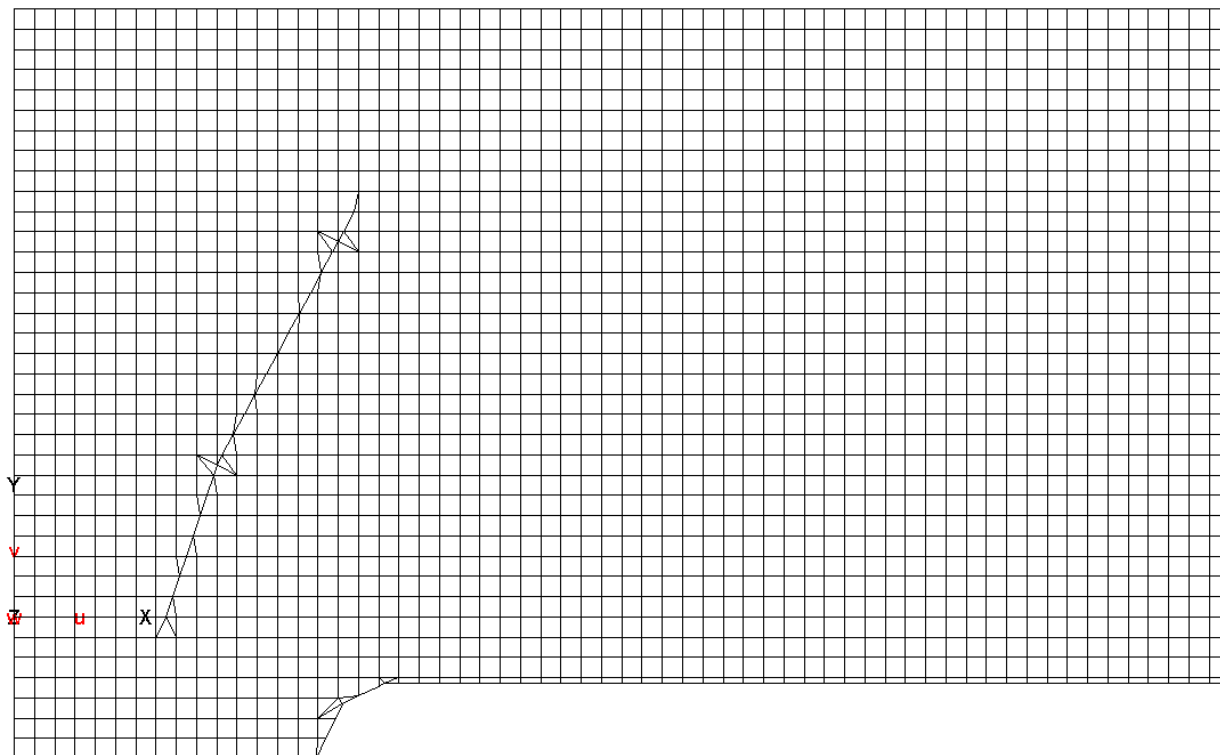
Перезаписываем файл, выбрав «Да».

Предупреждение

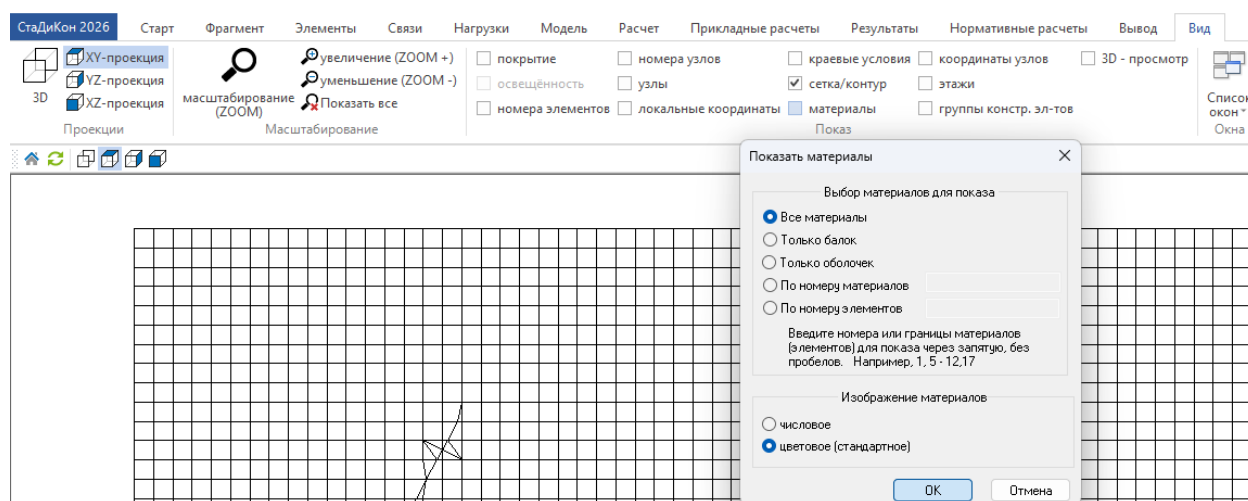
⚠ Файл уже есть. Переписать?

Да Нет

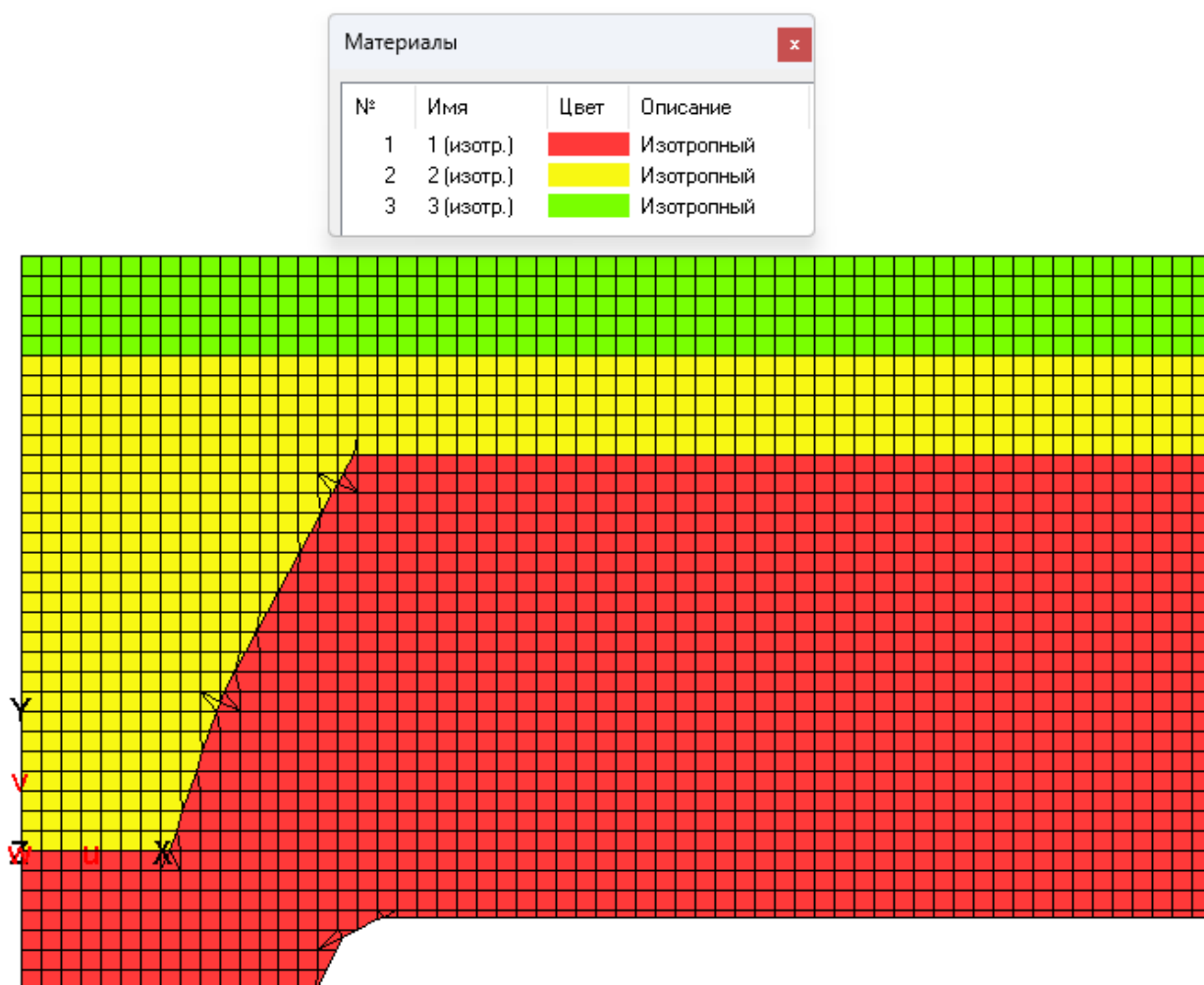
Получаем следующую КЭ модель.



Во вкладке «Вид» можно включить цветное отображение по материалам выбрав «материалы».

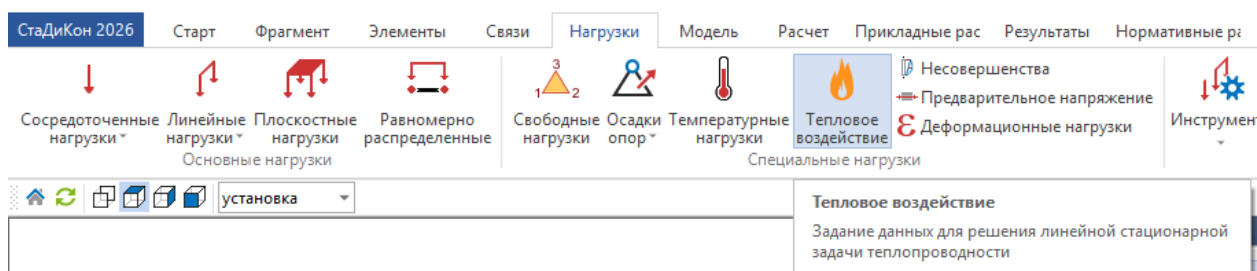


Так как для удобства мы заранее создали плиты с разными материалами, то видим следующее отображение.

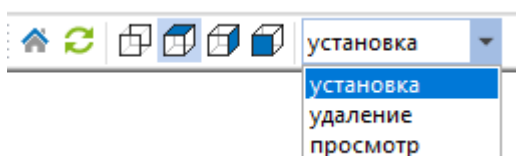


2.2. Установка материалов для теплового воздействия

На вкладке «Нагрузки» выбираем «Тепловое воздействие».



Важно заметить, что в данном пункте отсутствует вариант редактирования. Поэтому если были ошибочно заданы материал/граничные условия/нагрузки, то необходимо использовать «удаление», и после задавать по новой в пункте «установка».



Итак, выбираем «установка», «Задать - Материалы», и устанавливаем параметры для изоляционного слоя.

Управление

Тепловое воздействие

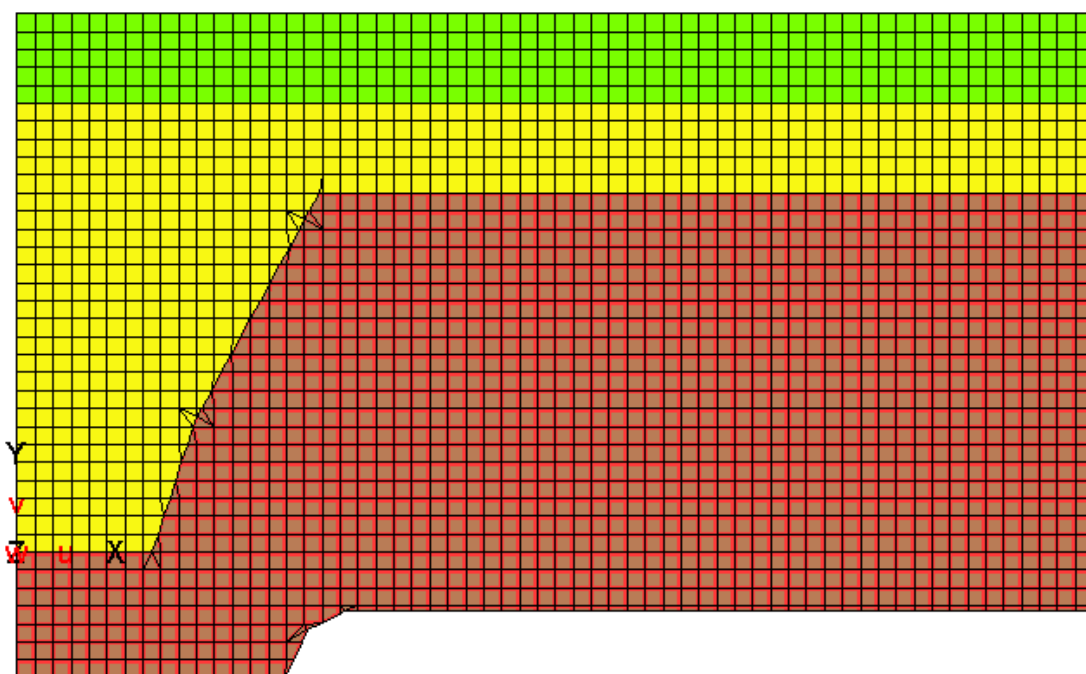
Показать шкалу ☐

Задать Материалы

Alfa	1
k11	0.04
k22	0.04
k33	0.04
k12	0
k23	0
k31	0

Элементы Плоские

После чего нажатием на изоляционный слой задаем данный материал.



Далее изменяем параметры для центрального слоя бетона и также задаем материал.

Управление

Тепловое воздействие

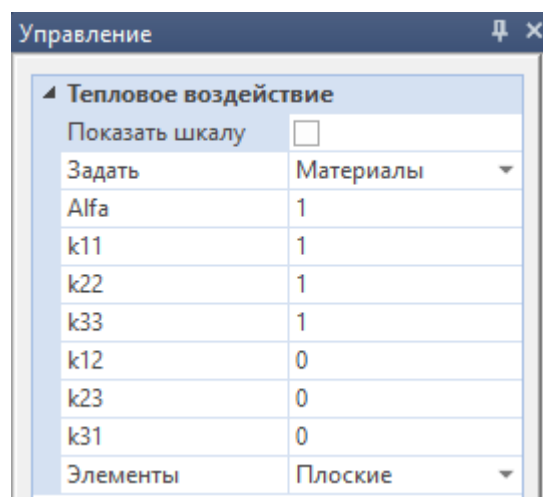
Показать шкалу ☐

Задать Материалы

Alfa	1
k11	2
k22	2
k33	2
k12	0
k23	0
k31	0

Элементы Плоские

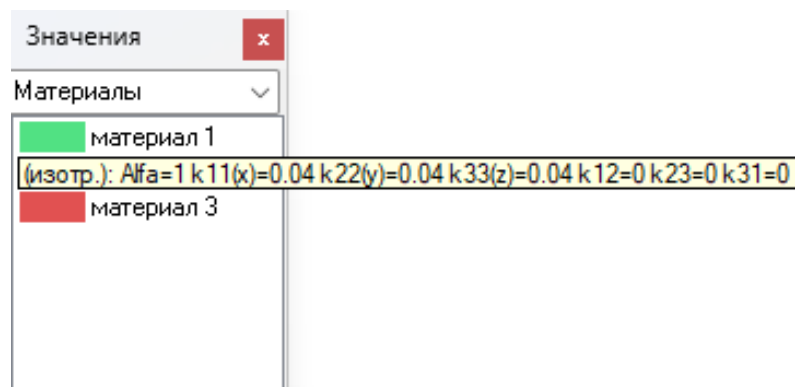
Аналогично задаем материал и на верхний слой.



Выключим на вкладке «Вид» отображение по материалам. И установим галочку у пункта «Показать шкалу» в окне «Управление».

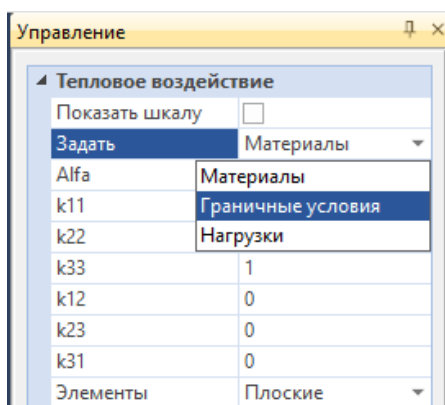


Здесь можем наблюдать заданные материалы для теплового расчета. Наводя мышью в окошке «Значения» на материалы можно просмотреть заданные им характеристики.

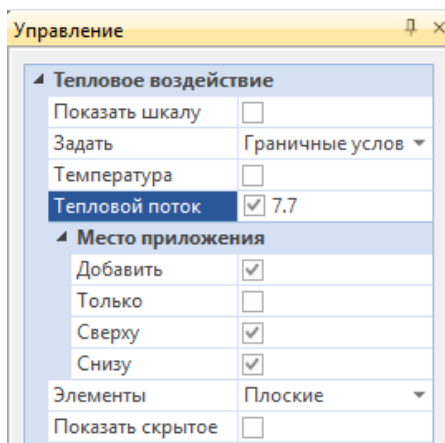


2.3. Установка граничных условий

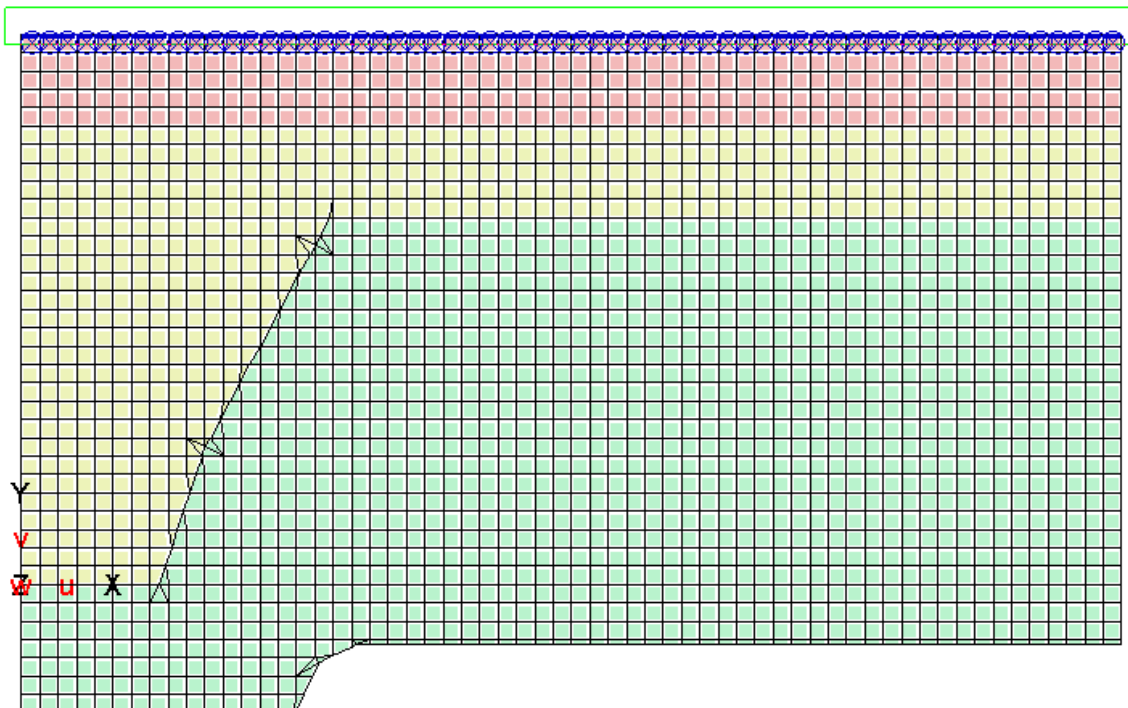
Перейдем к установке граничных условий. Для этого в режиме «установка» в окне «Управление» выбираем «Задать – Граничные условия».



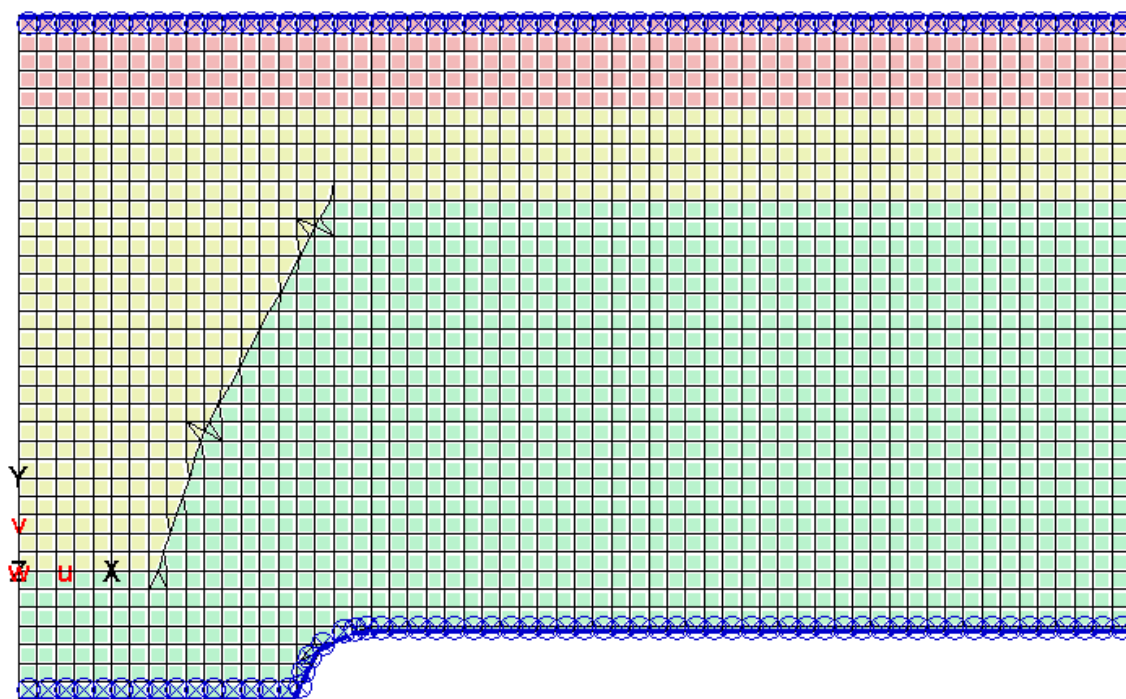
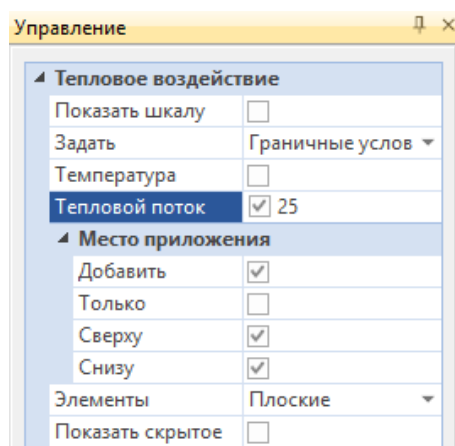
Выбираем установку «Тепловой поток = 7.7».



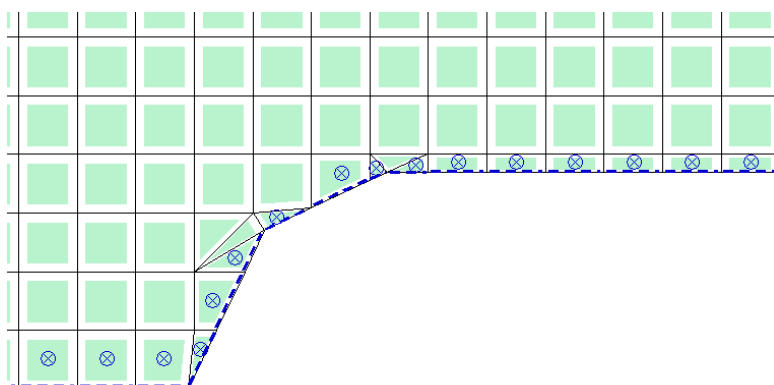
И задаем данное условие на верхнюю грань.



После меняем значение «Тепловой поток = 25» и устанавливаем на всю нижнюю грань.

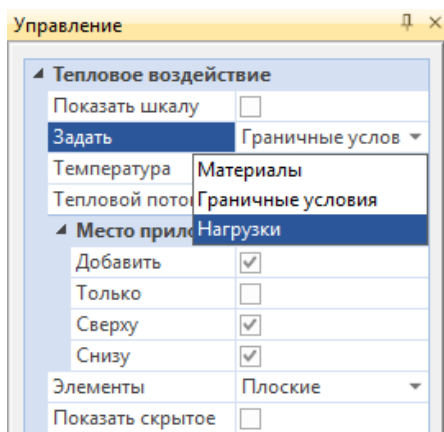


При установке на искривленную часть одиночным выбором нажимаем на необходимые ближайшие грани элементов. В случае ошибочной установки на другую грань переключаемся на «удаление», удаляем установленное граничное условие и перезадаем в режиме «установка».

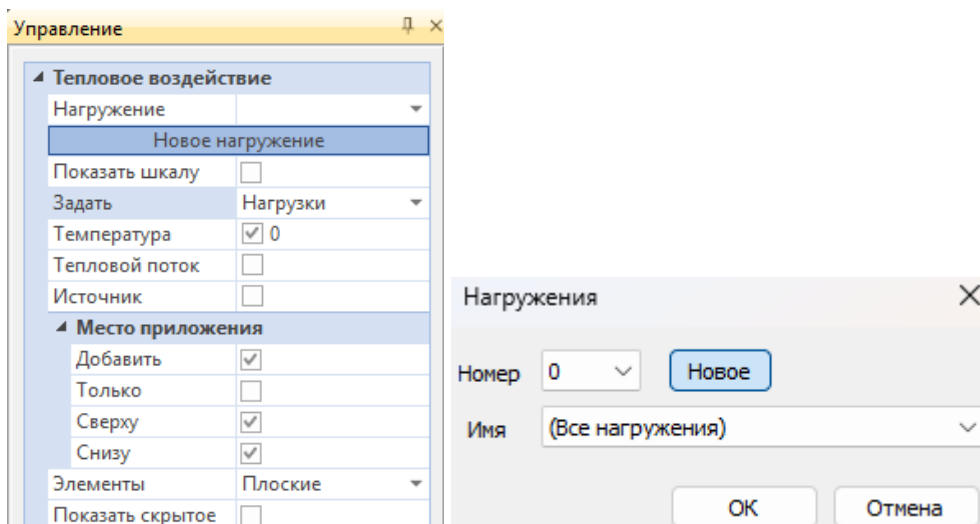


2.4. Установка нагрузок

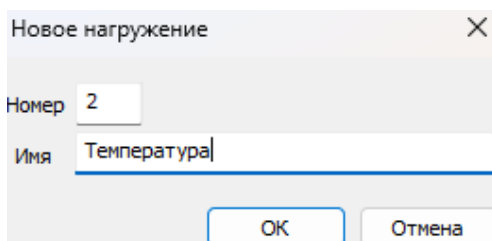
В окне «Управление» переключаемся на «Задать - Нагрузки».



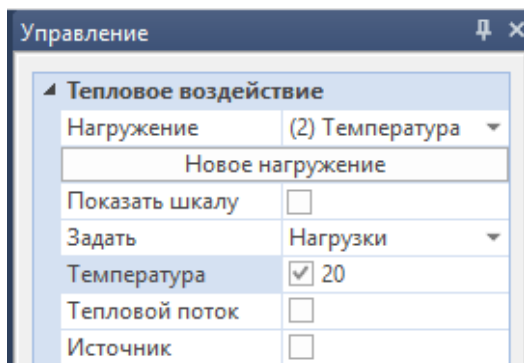
После нажимаем на «Новое нагружение». Выбираем «Новое».



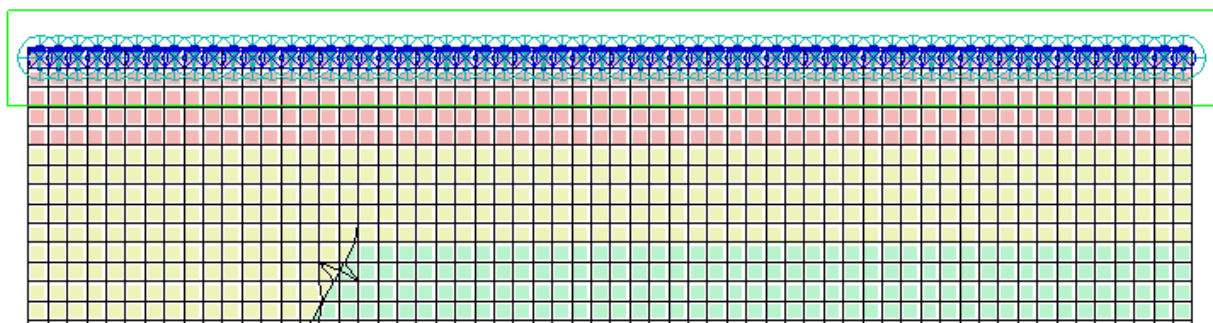
Установим для нагружения номер равный 2 и зададим имя.



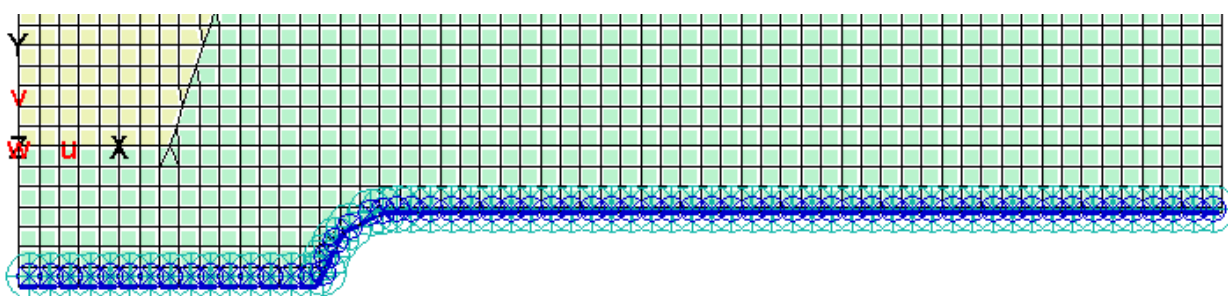
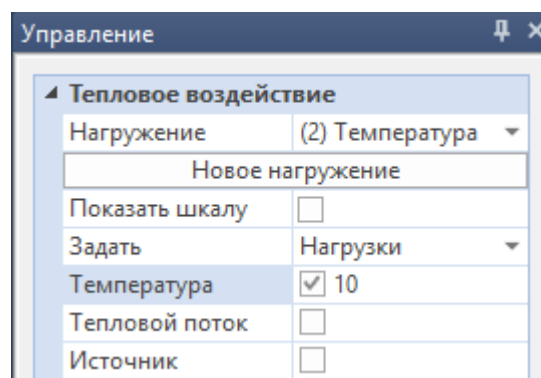
Теперь выбираем установку «Температура = 20».



И задаем ее на установленные ранее граничные условия на верхней грани.

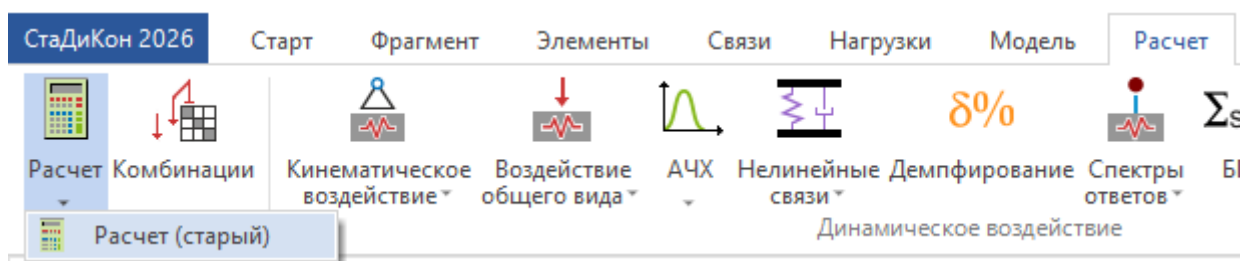


После меняем значение «Температура = 10» и устанавливаем на нижнюю грань.



2.5. Расчет

Переходим на вкладку «Расчет» и нажав на нижнюю часть около стрелочки пункта «Расчет» выбираем «Расчет (старый)».



В открывшемся окне в пункте «Решение задачи теплопроводности» устанавливаем «Теплопроводность». После запускаем расчет нажатием «ОК».

Выбор типа расчета

Вид расчета

- ☒ Статический расчет
- ☐ Устойчивость
- ☐ Собственные колебания
- ☐ Спектральный сдвиг
- ☐ "Деформированные" колебания
- ☐ "Нелинейная" устойчивость
- ☐ "Нелинейный" спектральный сдвиг

Прогрессирующее обрушение

☐ определять

Итерации: 10

Нагрузки от разрушенных элементов (0 - снимать, 1 - оставлять): 0

☐ Поэтапное возведение

Опции

- ☐ Теория II порядка
 - ☐ Отрицательные диагональные элементы
- ☐ Трос
- ☐ Односторонние опоры
- ☐ Односторонние шарниры
- ☒ Оптимизация
- ☐ Закрепление узлов
- ☐ Превышение итераций
- ☒ Прерывание итераций

Итерации: 100

Точность: 0.0001

☐ Использование результатов нелинейного статического расчета при решении задач на собственные значения

Выход результатов

- ☒ Усилия
- ☒ Реакции
- ☒ Невязки
- ☐ Промежуточные результаты для поэтапного возведения

Решение задачи теплопроводности

- ☐ Только расчет
- ☒ Теплопроводность
- ☐ Теплопроводность+расчет

Файл: теплопроводност

FE-Модель:

Описание:

Разработчик:

ОК Отменить Помощь Стандарты ...

После выполнения расчета загружаем FEA-проект.

Загрузить проект <теплопроводность> как:

Частичные проекты

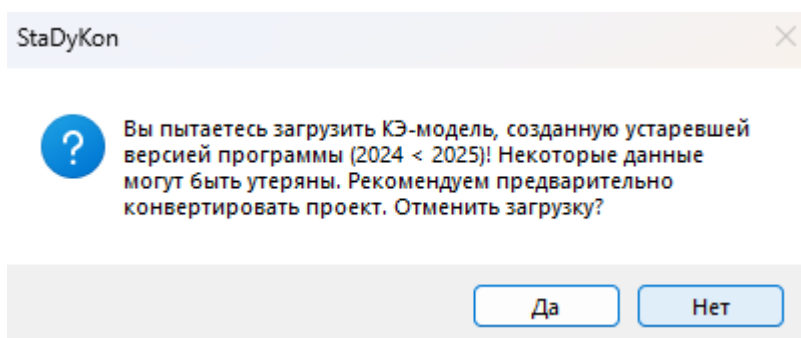
- ☒ FEA проект
- ☐ POS проект
- ☐ MPR проект
- ☐ TUBE проект

Полные проекты

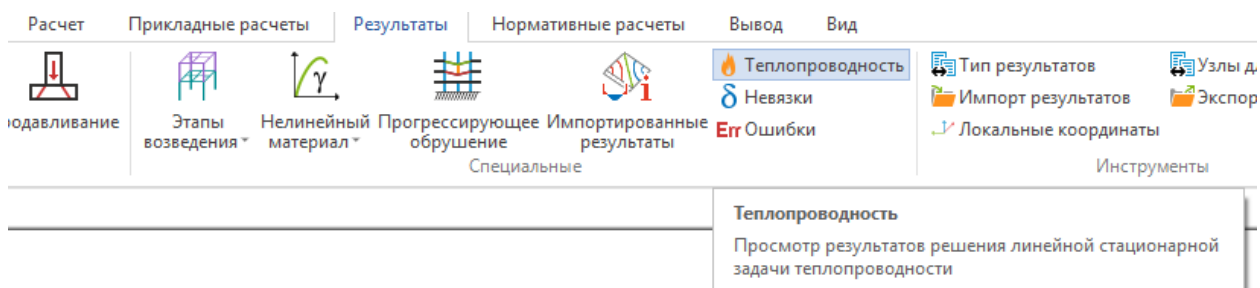
- ☐ FR проект
- ☐ SUB проект

ОК Отменить

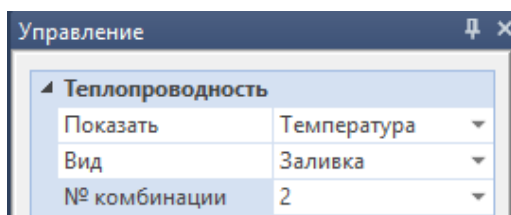
Если возникает предупреждение, выбираем «Нет».



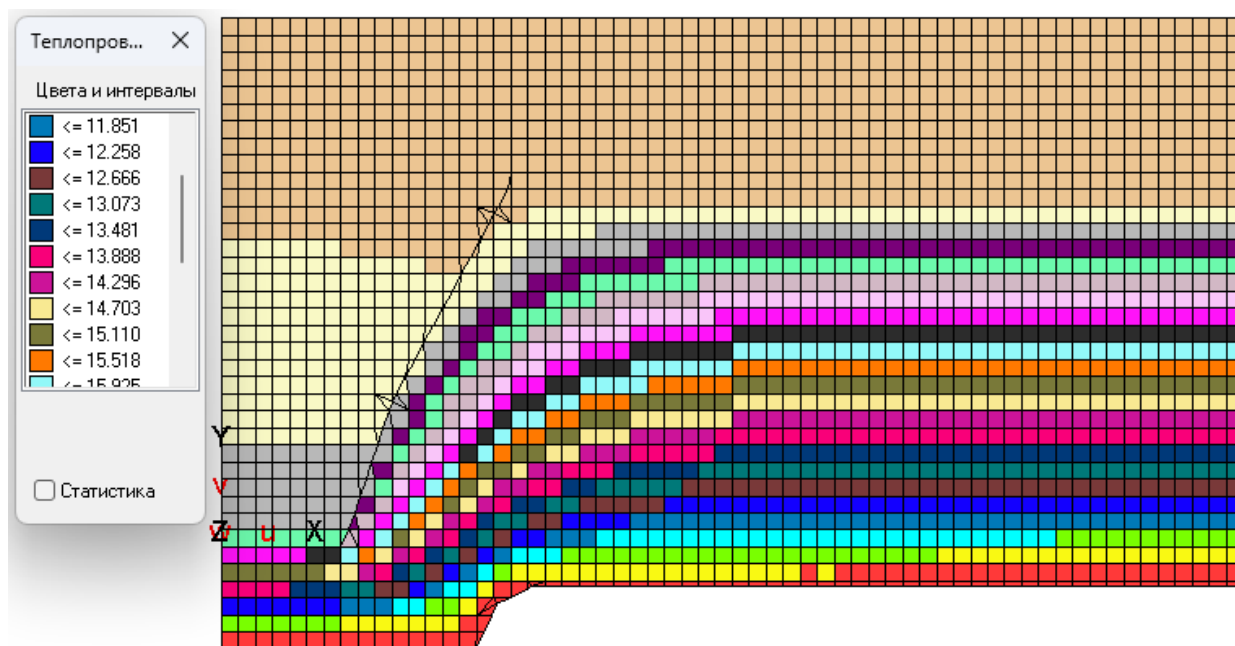
После загрузки проекта переходим на вкладку «Результаты» и выбираем «Теплопроводность».



В окне «Управление» выберем «Вид - Заливка» и переключим «№ комбинации = 2».



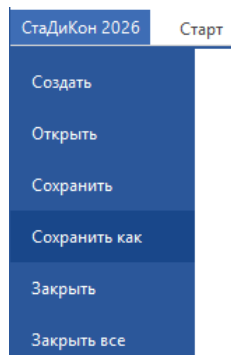
Получаем следующий результат распределения температур.



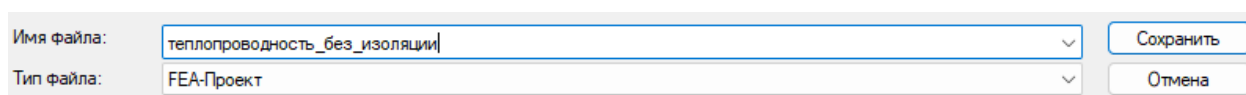
2.6. Расчет без изоляционного слоя

Проведем также аналогичный расчет убрав при этом изоляционный слой.

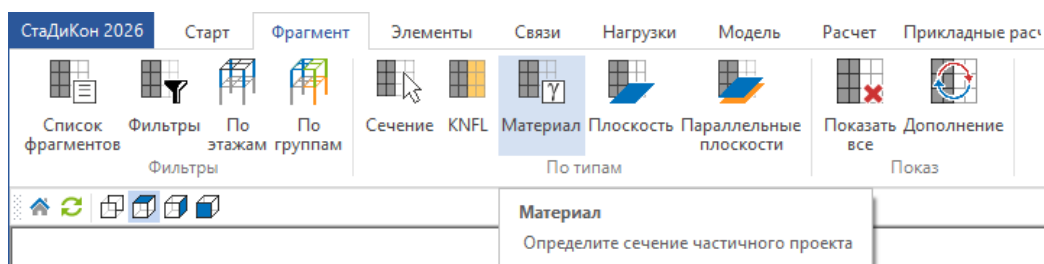
Сделаем копию модели с другим именем. На вкладке «СтаДиКон» выбираем «Сохранить как».



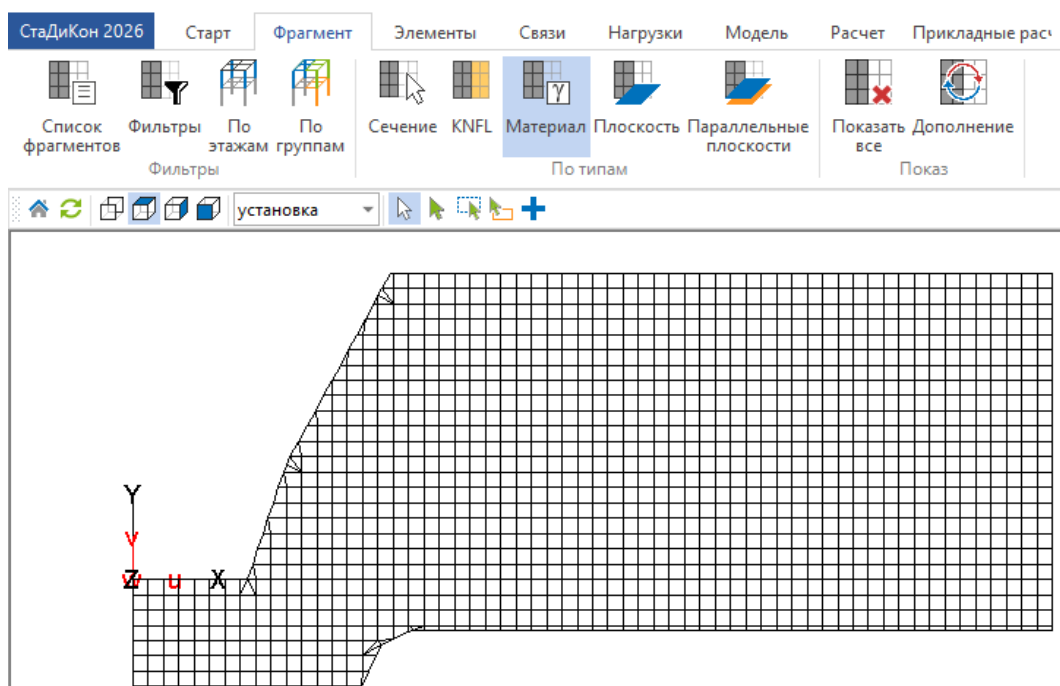
И сохраняем, изменив имя файла.



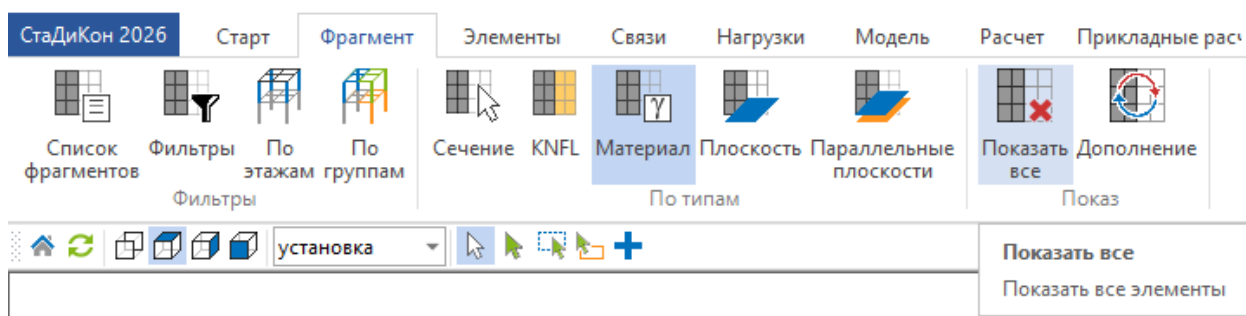
Для удобного удаления слоя, так как он имеет отдельный заданный материал, перейдем на вкладку «Фрагмент» и выберем «Материал».



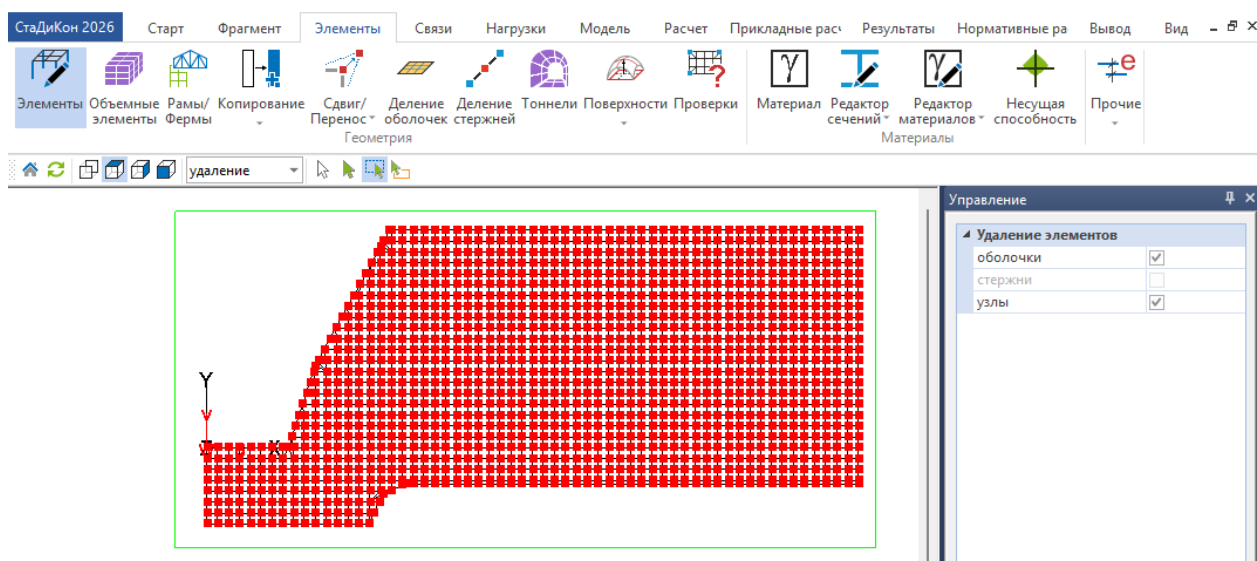
После просто нажимаем на нижний слой.



Если же был выбран не тот фрагмент, то вернуть отображение всей модели можно, нажав на «Показать все».



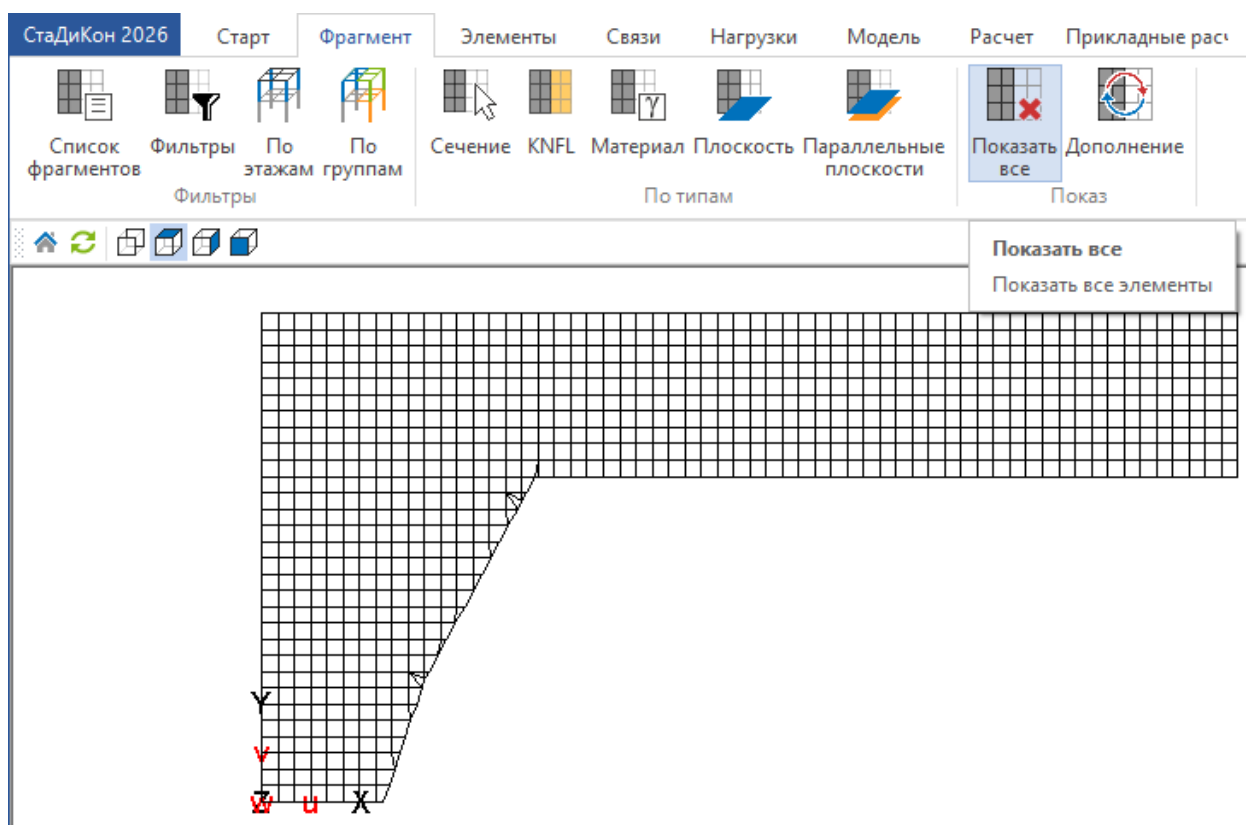
После выбора изоляционного слоя переключаемся на вкладку «Элементы», выбираем «Элементы» и устанавливаем режим «удаление». В окне «Управление» включаем удаление оболочек и узлов. После чего групповым выбором выделяем все элементы.



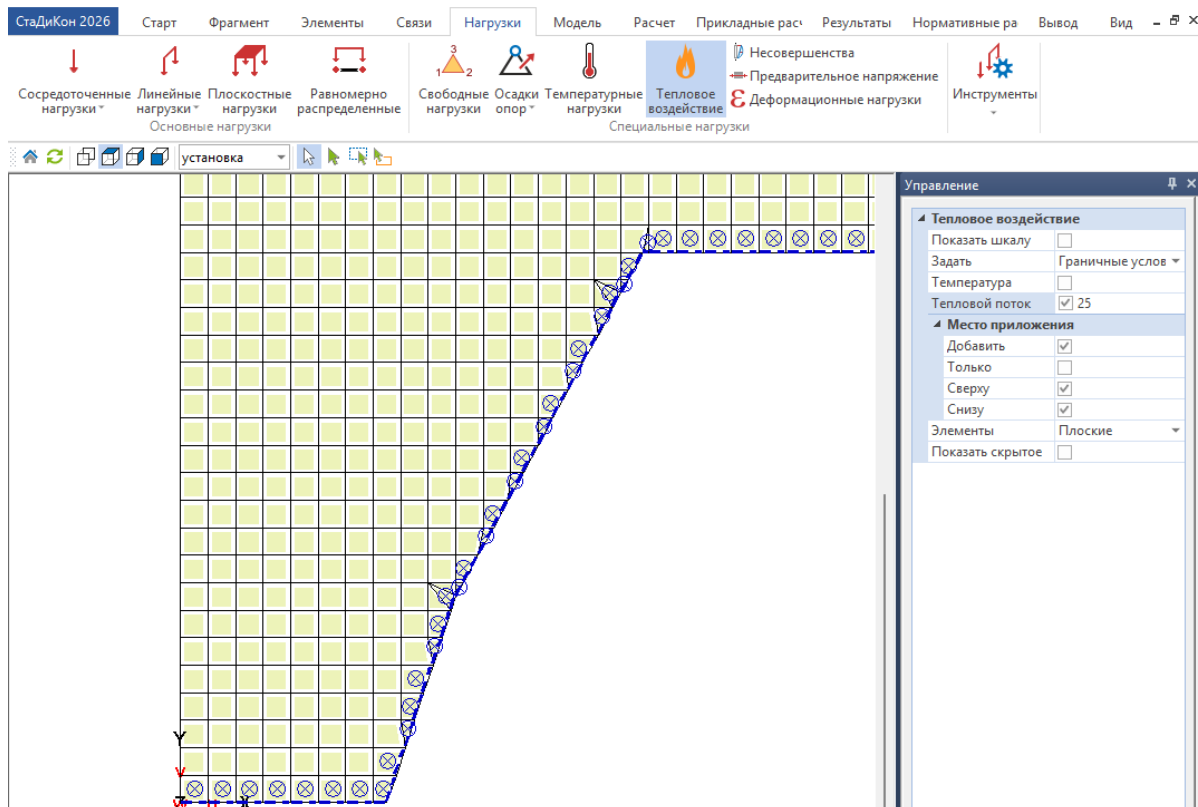
Должны остаться только узлы, принадлежащие прилегающим элементам другого слоя.

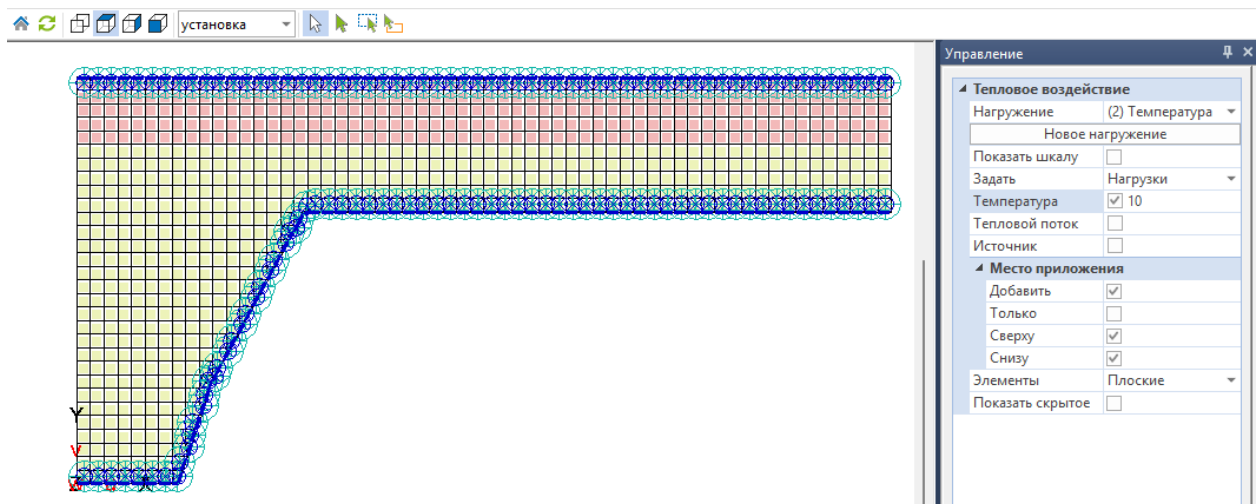


Далее на вкладке «Фрагмент» выбираем «Показать все» и получаем модель без слоя изоляции.

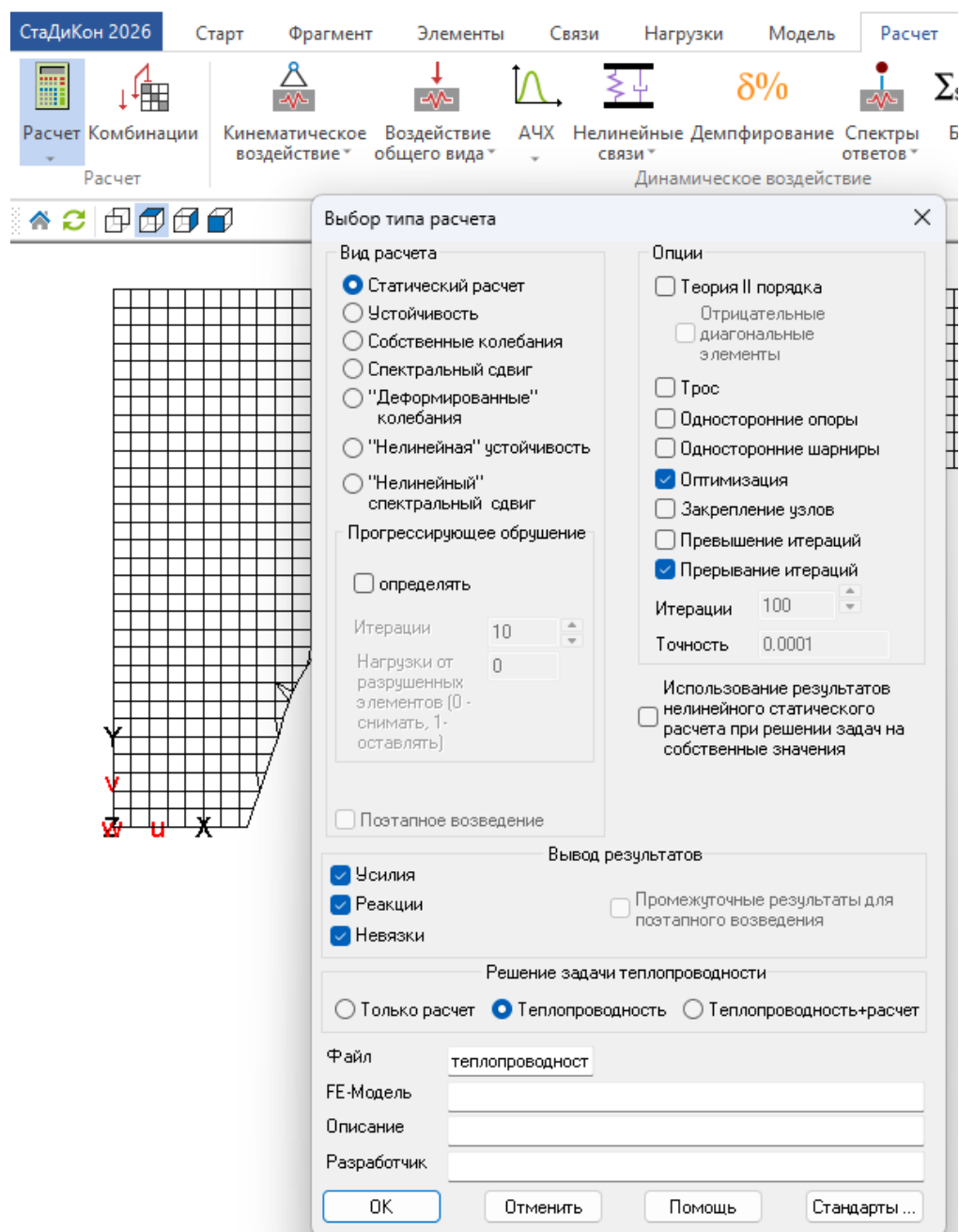


Теперь необходимо перезадать граничные условия и нагрузки на новую нижнюю грань с прежними параметрами. Действия аналогичны описанным ранее в пунктах [2.3], [2.4].

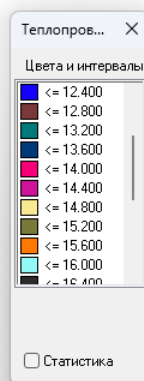
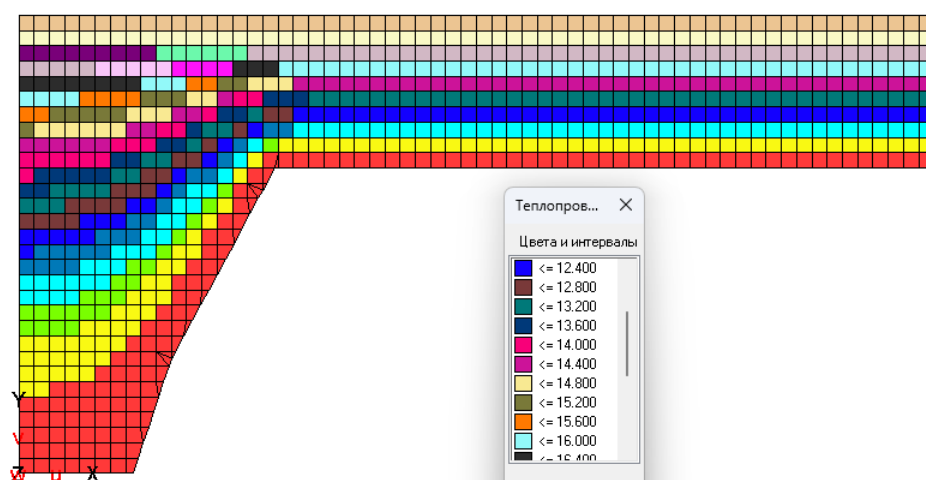




После вновь открываем «Расчет (старый)» и выполняем расчет.



Итого получаем следующий результат.



Управление

Теплопроводность

Показать	Температура
Вид	Заливка
№ комбинации	2