

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Практическая работа 1. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	6
Практическая работа 2. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	22
Практическая работа 3. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НА КОРРЕКТНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	32
Практическая работа 4. РАСЧЕТ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	45
Практическая работа 5. РАСЧЕТ ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ В НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ	51
Практическая работа 6. УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	59
Практическая работа 7. ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ СТЕКЛОПАКЕТОВ НА ДЕЙСТВИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ.....	62
Библиографический список	67
Приложения	69

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Проектирование ограждающих конструкций в цифровой среде», составлено в соответствии с требованиями ФГОС ВО на основе нормативно-правовых документов по организации обучения в магистратуре.

В настоящем издании рассмотрены инженерно-технические расчеты ограждающих конструкций по различным вопросам: тепловой защиты; учета температурных деформаций при назначении проектных решений ограждающих конструкций; прочностных расчетов стеклопакетов.

По теме тепловой защиты представлены теплотехнические расчеты с учетом неоднородностей ограждающих конструкций, рассмотрены теплотехнические и геометрические неоднородности в ограждающих конструкциях и показано, какое влияние они могут оказывать на итоговое значение приведенного сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции; расчет на теплоустойчивость ограждающей конструкции (для теплого периода года) показан на примере ограждающей конструкции в виде стеновой трехслойной железобетонной панели; приводятся расчеты по влагонакоплению и переувлажнению в ограждающих конструкциях.

По теме учета температурных деформаций при назначении проектных решений ограждающих конструкций рассмотрен расчет изменения линейных размеров ограждающей светопрозрачной конструкции в виде оконного блока.

По теме прочностных расчетов стеклопакетов рассмотрен прочностной расчет стеклопакетов на действие климатических нагрузок и воздействий на основе методик и требований российских нормативных документов.

В пособии показан порядок выполнения указанных инженерно-технических расчетов по нормативным методикам «вручную» и с использованием специализированных программных комплексов (по части практических работ), а также приведено сравнение полученных результатов. Наиболее подробно при решении задач стационарной теплопередачи неоднородных ограждающих конструкций рассмотрены принципы работы в программном комплексе ELCUT, который является российским программным продуктом, предназначенным для решения широкого круга научных и инженерных задач из различных отраслей промышленности.

Практическая работа 1

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Ограждающие конструкции зданий и сооружений в преобладающем большинстве случаев являются неоднородными и содержат в своем составе множество как геометрически, так и теплотехнически неоднородных элементов.

На практике довольно трудно найти ограждающую конструкцию, являющуюся полностью однородной (т.е. случай, при котором ее слои не содержат теплотехнических неоднородностей, расположены параллельно друг другу и перпендикулярно тепловому потоку). Примерами таких неоднородностей могут быть внутренние и наружные углы ограждающих конструкций здания, различные варианты стыков конструктивных элементов здания с наружными стенами, элементы крепления фасадных систем к зданию и т.д. При проектировании тепловой защиты в соответствии с действующими нормативными требованиями [1–5, 7, 9, 12–14 и др.] все эти неоднородности необходимо учитывать путем выделения их на плоскости рассчитываемой ограждающей конструкции в виде групп точечных, линейных или плоских элементов. Каждый из указанных типов элементов оказывает влияние на тепловые потери здания. Чем грамотнее с точки зрения тепловой защиты будут проработаны проектные решения ограждающих конструкций здания или сооружения, тем более экономичной будет его дальнейшая эксплуатация. Согласно действующим на сегодняшний день нормативным требованиям, к тепловой защите зданий приведенное сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций зданий должно быть не ниже требуемых значений, также устанавливается требование к значению минимальной температуры на внутренней поверхности ограждающей конструкции.

В настоящей практической работе необходимо установить, какое влияние оказывает линейный теплотехнически неоднородный элемент, представляющий собой сопряжение монолитного перекрытия с наружной стеной здания, на теплозащитные свойства ограждающей конструкции. Рассматривается фрагмент двухслойной ограждающей конструкции с наружным слоем из лицевого кирпича, размер фрагмента ограждающей конструкции 1000×1000 мм. Для более наглядной демонстрации расчета задача будет решена путем выделения теплозащитных элементов.

Исходные данные:

Рассчитываемый фрагмент ограждающей конструкции представлен на рис. 1.

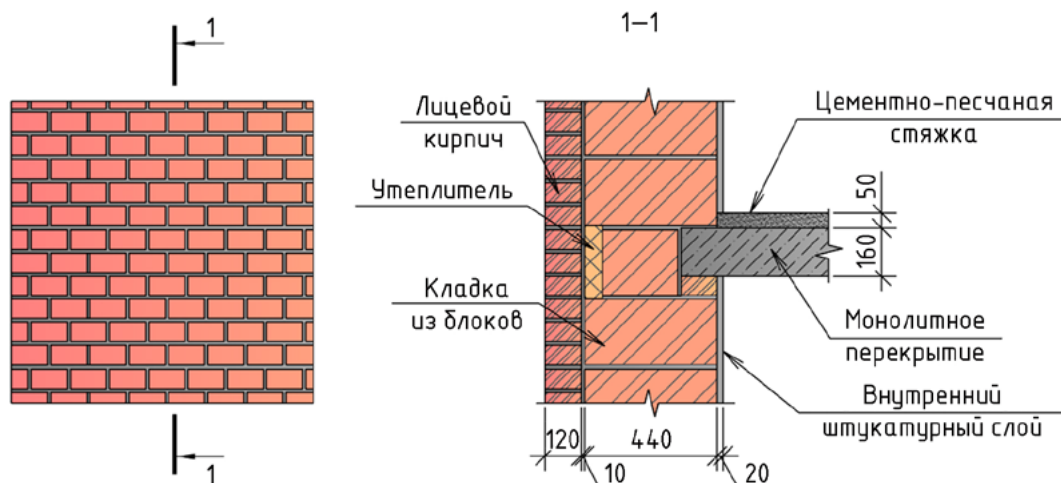


Рис. 1.1. Рассчитываемый фрагмент ограждающей конструкции

Место объекта строительства: г. Самара, Самарская область.

Сведения о климатических параметрах, характерных для выбранного месторасположения объекта строительства, параметрах микроклимата помещений представлены в табл. 1.1.

Параметры материалов рассматриваемого фрагмента ограждающей конструкции представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.1

Исходные данные

№	Наименование параметра	Нормативное обоснование	Значение
1	Вид здания	—	Жилое
2	Условия эксплуатации ограждающей конструкции	[14]	Б
3	Расчетная температура внутреннего воздуха, $t_{в}$, °С	[5]	20
4	Относительная влажность воздуха, $\phi_{в}$, %	[14]	55
5	Влажностный режим	[14]	Нормальный
6	Расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С	[13]	–31
7	Средняя температура наружного воздуха отопительного периода, °С	[13]	–4,7
8	Продолжительность отопительного периода, сут	[13]	196

Таблица 1.2

Параметры принятых материалов

№	Наименование	Толщина слоя, δ , мм	Коэффициент теплопроводности, $\lambda_{Б}$, Вт/(м·°С)
1	Кладка из облицовочного кирпича	120	0,58
2	Кладочный раствор	10	0,93
3	Кладка из блоков	440	0,146
4	Внутренний штукатурный слой	20	0,25
5	Утеплитель	242 × 60	0,045
6	Монолитное перекрытие	160	2,04
7	Цементно-песчаная стяжка	50	0,45

В рамках предлагаемой практической работы, с целью установления влияния линейного теплотехнически неоднородного элемента в виде сопряжения монолитного перекрытия с наружной стеной здания на теплозащитные свойства ограждающей конструкции будет определено значение приведенного сопротивления теплопередачи ($R_{пр}$) и проведено сравнение со значением сопротивления теплопередачи такого же фрагмента ограждающей конструкции, но без заявленной линейной теплотехнической неоднородности, т.е. конструкция будет представлена однородной. Так как в составе ограждающей конструкции (рис. 1.1) присутствует зона с теплотехнической неоднородностью, то в соответствии с [14] указанные выше параметры необходимо определять по результатам расчета температурных полей [4, 7 и др.] или по результатам испытаний, проводимых в специальной лаборатории в климатической камере. В рассматриваемом случае для расчета температурных полей будет использоваться программный комплекс ELCUT [16]. Данное

программное обеспечение основано на методе конечных элементов. Существуют две его версии: профессиональная и студенческая. ELCUT Студенческий, распространяется бесплатно, отличие от профессиональной версии состоит в ограниченном количестве узлов сетки конечных элементов, при этом функциональность и интерфейс данного ПО совпадают с ELCUT Профессиональным. Порядок действий для определения параметра $R_{пр}$ для рассматриваемой в практической работе ограждающей конструкции может быть представлен в следующей последовательности:

1. Определить характерные типы теплозащитных элементов (плоские, линейные, точечные).

По исходным данным (рис. 1.1, табл. 1.1, 1.2) в плоскости рассматриваемого фрагмента ограждающей конструкции необходимо выделить группы теплозащитных элементов [14]. В рассматриваемой задаче могут быть выделены:

– *плоский элемент* (часть фрагмента ограждающей конструкции, в составе которой теплотехнических неоднородностей нет);

– *линейный элемент* (сопряжение монолитного перекрытия с наружной стеной здания).

Точечных элементов в рассматриваемом варианте ограждающей конструкции нет.

С типовыми разбивками на теплозащитные элементы для различных вариантов ограждающих конструкций можно ознакомиться в [9].

2. Определить удельные геометрические показатели теплозащитных элементов.

Для плоского элемента: $a = 1/1 = 1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (отношение площади плоского элемента, приходящееся к площади выделенного фрагмента ограждающей конструкции, в предлагаемом случае рассматривается фрагмент $1 \times 1 \text{ м}$).

Для линейного элемента: $l = 1/1 = 1 \text{ 1/м}$ (отношение длины линейного элемента к площади выделенного фрагмента ограждающей конструкции, на рассматриваемом фрагменте содержится линейный элемент, длина которого равна 1 м).

3. Определить удельные потери теплоты плоского элемента.

Удельные потери теплоты через плоский элемент \Rightarrow формула (Г.3) [14] \Rightarrow

$$U_1 = \frac{1}{R_{0,1}^{усл}} \left(R_0^{усл} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right) \Rightarrow U_1 = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,58} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,44}{0,146} + \frac{0,02}{0,25} + \frac{1}{23}} = 0,29$$

Вт/(м $^{\circ}$ С) (значения коэффициентов $\alpha_{в}$ и $\alpha_{н}$ принимаются в соответствии с п. 5.4, табл. 4, 6 [14]; в рассматриваемом примере коэффициент теплоотдачи поверхностей ограждающей конструкции: внутренней $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{.}^{\circ}\text{С)}$ и наружной (для зимних условий) $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт/(м}^2\text{.}^{\circ}\text{С)}$).

4. Провести расчет температурных полей.

Для определения удельных потерь теплоты, обусловленных наличием линейного элемента, необходимо выполнить расчет температурных полей части ограждающей конструкции, содержащей данную линейную теплотехническую неоднородность. Для выполнения расчета используется программный комплекс ELCUT [16].

4.1. Запуск программного комплекса ELCUT.

Для того чтобы начать работать в комплексе ELCUT, необходимо запустить ПО, выбрав соответствующий пункт в меню «Пуск», либо путем двойного нажатия левой кнопкой мыши (ЛКМ) на «Рабочем столе» по ярлыку программы ELCUT (рис. 1.2).

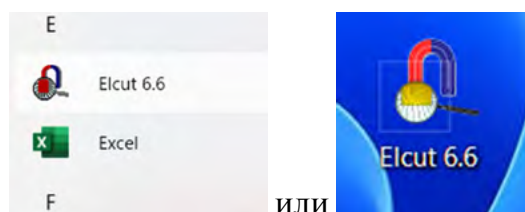


Рис. 1.2. Запуск программного комплекса ELCUT

4.2. Создание задачи.

После запуска программного комплекса необходимо создать новую задачу: для этого требуется нажать комбинацию клавиш **CTRL + N** или выбрать пункт меню «Файл» => «Создать задачу», и откроется диалоговое окно «Создание задачи» (рис. 1.3).

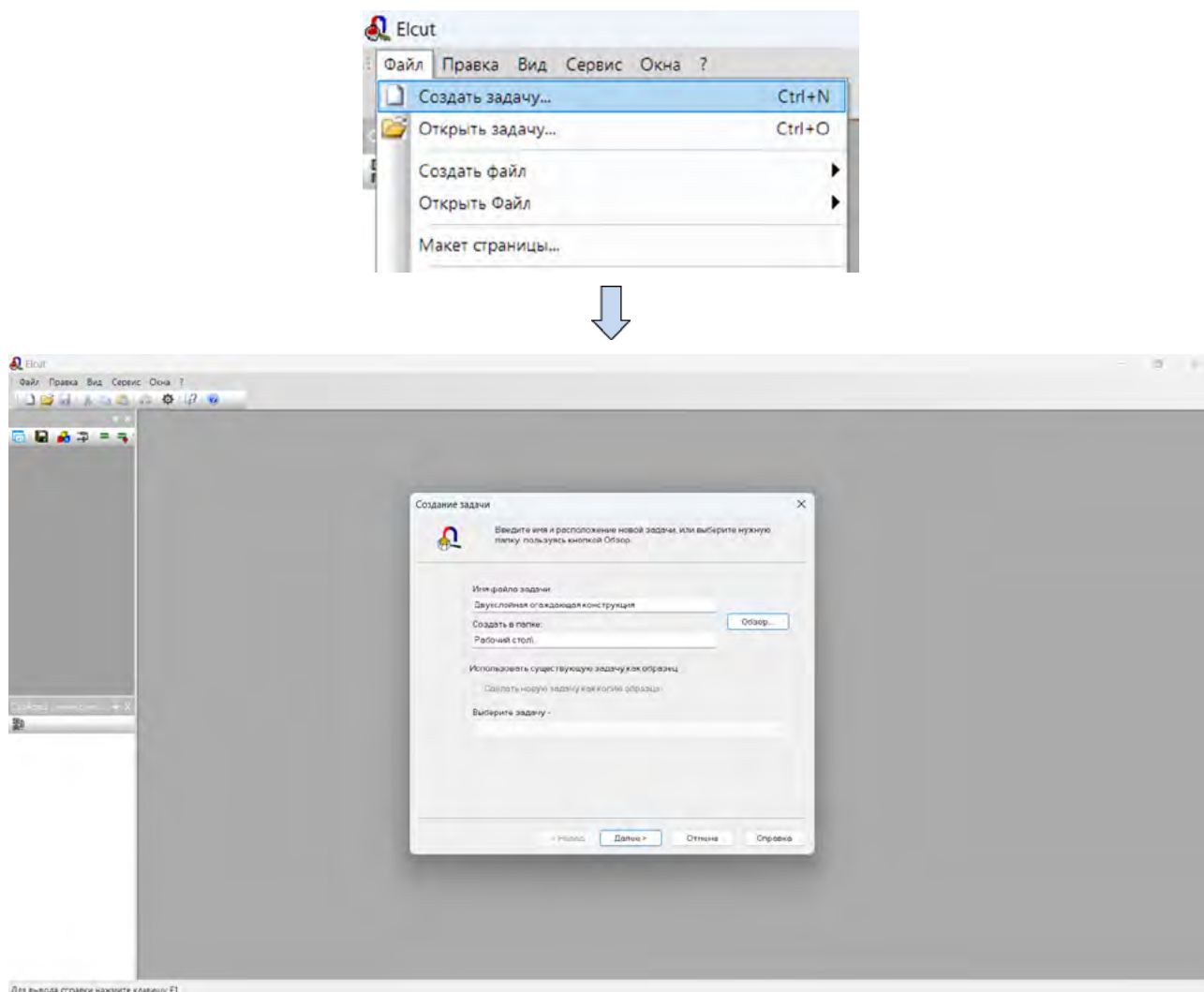


Рис. 1.3. Создание задачи

В открывшемся диалоговом окне в поле ввода:

1. «Имя файла задачи» — указывается название файла;
2. «Создать в папке» — указывается месторасположение файлов задачи.

После ввода необходимой информации подтверждаются действия путем нажатия кнопки «Далее». Открывается диалоговое окно для задания описания задачи. В рассматриваемом примере задаем следующее описание: 1) тип задачи — теплопередача стационарная; 2) класс модели — плоская; 3) длина рассматриваемого фрагмента в направлении оси z — $L_z = 1000$ мм; 4) единицы измерения — миллиметры; 5) координаты — декартовы; 6) расчет — обычный (рис. 1.4).

После ввода описания задачи подтверждаем действия, нажав «Готово». Открывается рабочее окно программного комплекса ELCUT, которое поделено на три части: окно задачи, окно документов, окно свойств (рис. 1.5).

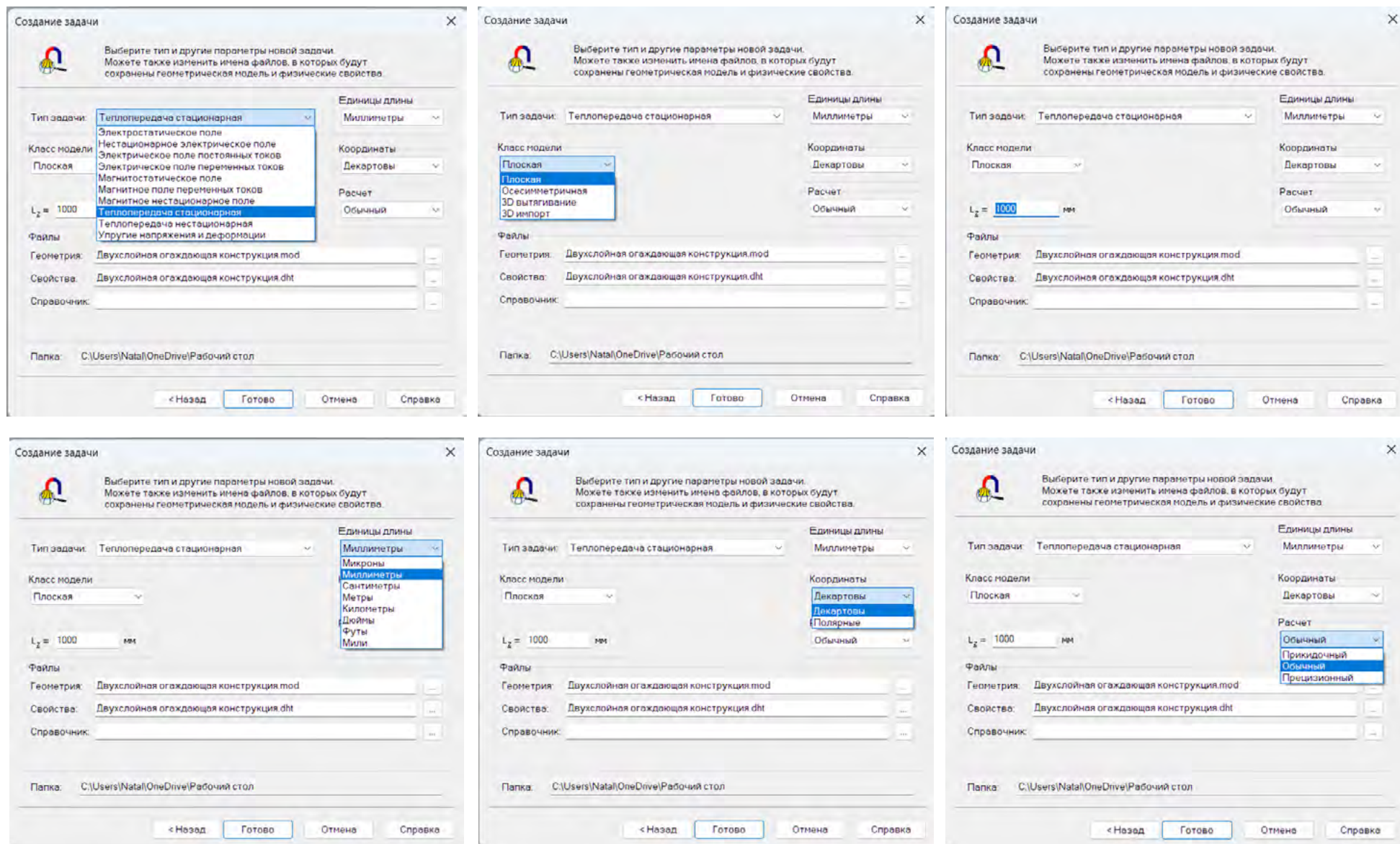


Рис. 1.4. Задание параметров задачи

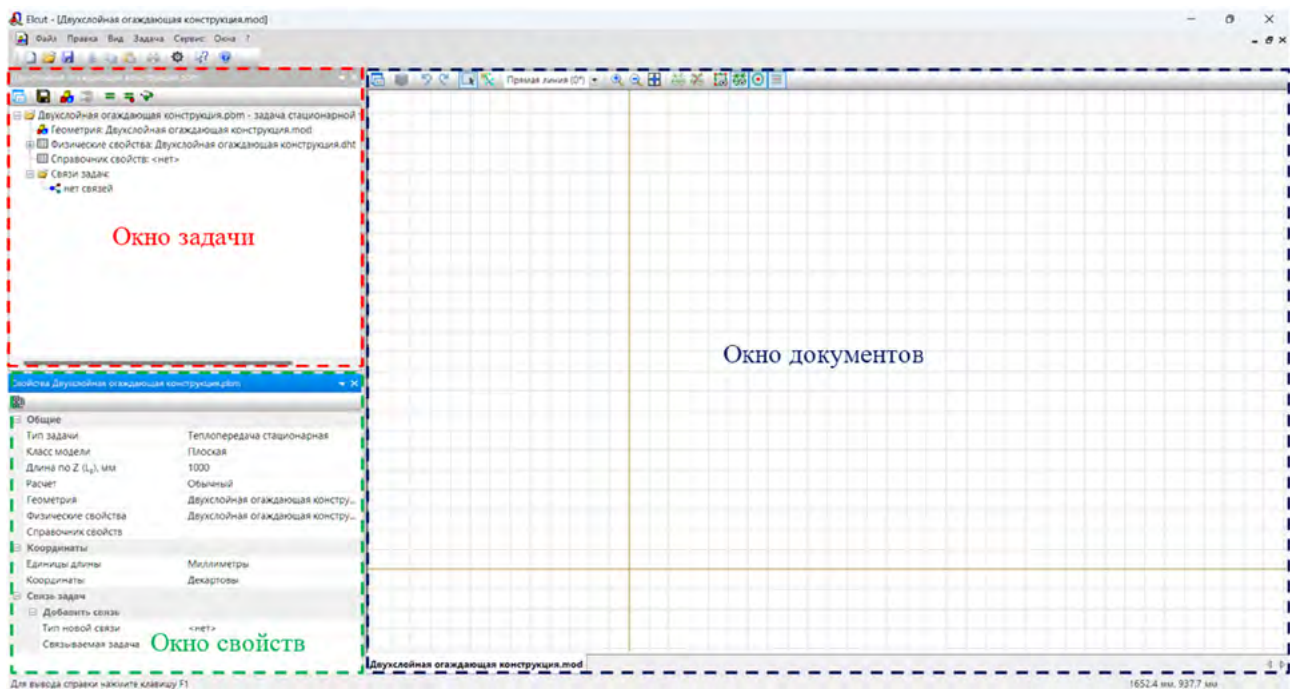


Рис. 1.5. Рабочее окно программного комплекса ELCUT

4.3. Построение геометрической модели ограждающей конструкции.

В окне документов¹ находится область геометрического редактора, как показано на рис. 1.5, в которой необходимо задать геометрическую модель рассчитываемой ограждающей конструкции. Это можно сделать одним из следующих способов:

- 1) импортировать геометрическую модель, предварительно созданную в специализированной CAD-программе (например, nanoCAD, рис. 1.6);
- 2) создать непосредственно в самом программном комплексе ELCUT.

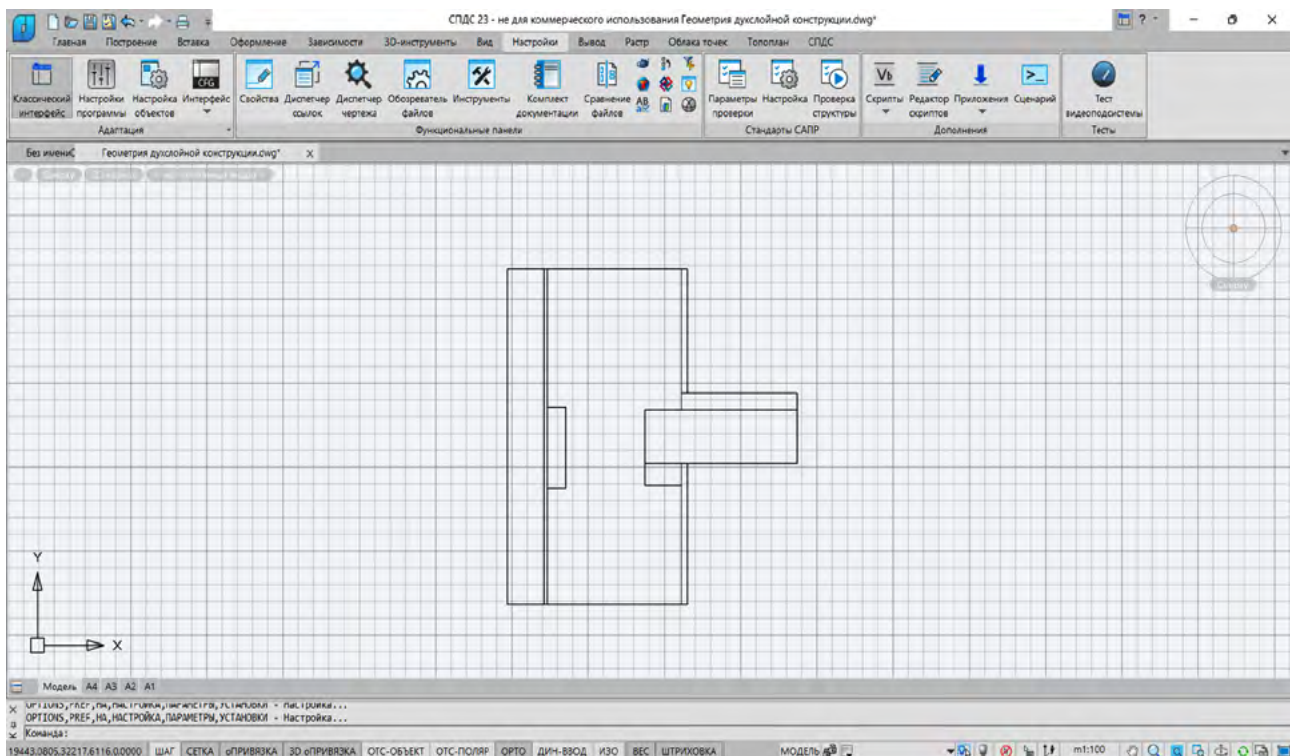


Рис. 1.6. Построение геометрической модели в программном комплексе nanoCAD

¹ В окне документов могут располагаться: окно картины полей, таблиц, графиков.

При импорте геометрической модели из сторонней CAD-программы необходимо при разработке модели использовать простейшие инструменты для ее построения («Отрезок»), файл необходимо сохранить с расширением .dxf (для 2D-моделей) или .step (для 3D-моделей). В предлагаемой практической работе рассматривается геометрическая 2D-модель.

Для импорта 2D-модели необходимо дважды щелкнуть ЛКМ по «Геометрия ...» в окне задачи, а затем выбрать пункт меню «Файл» => «Импорт DXF». В открывшемся диалоговом окне выбрать файл с предварительно созданной в сторонней программе геометрией модели с расширением .dxf и подтвердить выполняемые действия, нажав «Открыть». Результатом выполнения описанных действий будет являться импорт геометрической модели, как показано на рис. 1.7.

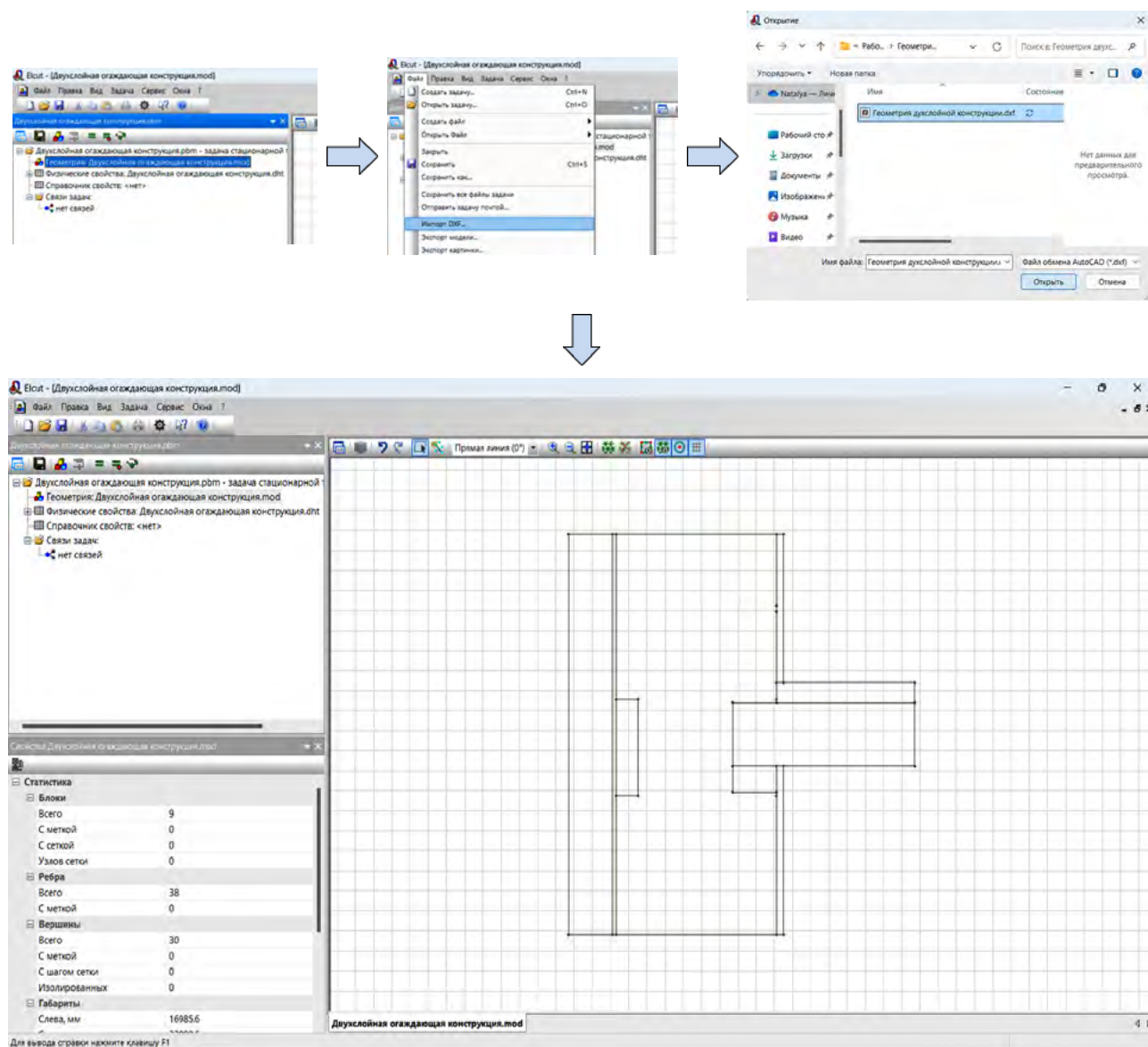


Рис. 1.7. Импорт 2D-модели в программный комплекс ELCUT

При создании геометрической модели² непосредственно в самом программном комплексе ELCUT используются инструменты графического редактора «Вставлять вершины и ребра», «Прямая линия», «Четверть круга», «Половина круга», «Три четверти круга» (рис. 1.8).

² Более подробно с принципами работы с геометрией можно ознакомиться в [17].

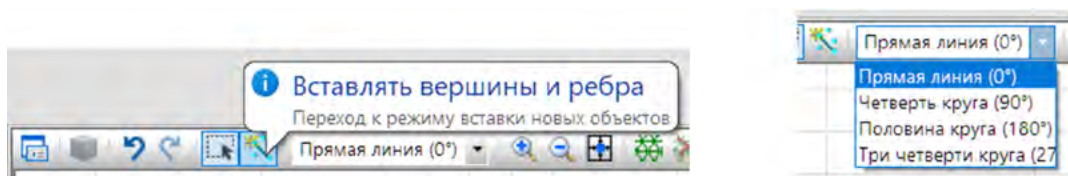


Рис. 1.8. Инструменты графического редактора

Для вставки вершины и прорисовки ребра необходимо выбрать команду «Вставлять вершины и ребра», задать в выпадающем меню справа, например «Прямая линия», указать первую позицию вставки вершины, нажать ЛКМ и, не отпуская, протянуть ребро до необходимой позиции места вставки следующей вершины, далее отпустить ЛКМ. Итогом выполненных действий станет построенное ребро геометрической модели. Для точного позиционирования и быстрого задания размеров разрабатываемой геометрической модели в ELCUT предусмотрена команда «Сетка привязки», вызвать ее можно путем выбора пункта «Вид» => «Сетка привязки». После выбора данной команды открывается диалоговое окно «Сетка привязки» (рис. 1.9).

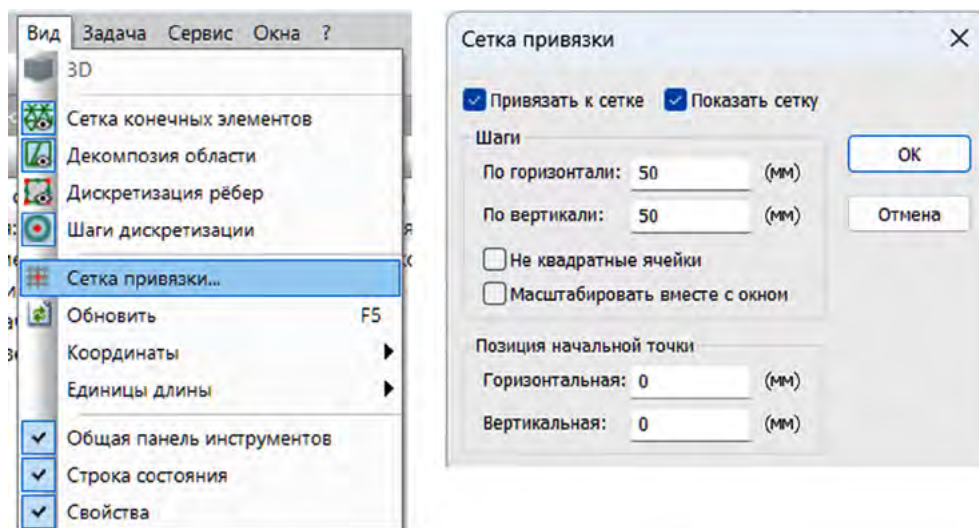


Рис. 1.9. Команда «Сетка привязки»

Сетку привязки можно постоянно менять в процессе построения модели, задавая разные значения позиции начальной точки и шагов по вертикали и по горизонтали. В результате таких действий можно достаточно легко вычерчивать требуемые по длине ребра (отрезки) модели. Допустим, необходимо вычертить слой размером 120×1000 мм, в этом случае задаем шаг по горизонтали 120 мм, по вертикали 1000 мм, ставим отметку «не квадратные ячейки», отметку «Масштабировать вместе с окном» активировать не нужно, подтверждаем действия, нажав «ОК», и получаем сетку с ячейками, имеющими размеры нужного слоя, строим ребра по контуру ячейки. Далее в случае необходимости дальнейших построений геометрической модели, например добавить слой размером 10×1000 мм, снова вызываем команду «Сетка привязки», задаем геометрические параметры следующего слоя 10×1000 мм, меняем положение начальной точки, а именно задаем позицию начальной точки по горизонтали 120 мм, по вертикали 0 мм, подтверждаем действия, нажав «ОК», и получаем ячейки с геометрическими размерами, равными размерам следующего слоя, строим ребра по нужному контуру ячейки (рис. 1.10). Подобные действия можно повторить с последующими элементами создаваемой геометрической модели ограждающей конструкции.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru