

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

О.А. Фролова

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ АРХИТЕКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательную область «Инженерное дело, технологии и технические науки»

Оренбург
2020

УДК 669.15
ББК 34.5
Ф22

Рецензент – доктор технических наук, профессор Ю.А. Чирков

Фролова, О.А.

Ф22 Моделирование конструкций с помощью архитектурных элементов [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательную область "Инженерное дело, технологии и технические науки" / О. А. Фролова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ОГУ. - 2020. - 102 с. - Загл. с тит. экрана.
ISBN 978-5-7410-2489-8

В учебном пособии рассмотрены этапы создания элементов конструкций с помощью архитектурных элементов в программном комплексе ЛИРА 10.6. Приведены алгоритмы создания расчетных схем, задания жесткостных характеристик сечения, материала. Приведены контрольные вопросы для самопроверки.

Учебное пособие рекомендовано обучающимся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательную область «Инженерное дело, технологии и технические науки», по дисциплинам «Компьютерное моделирование и расчет конструкций», «Применение программных комплексов в решении инженерных задач», «Инженерные расчеты и компьютерное моделирование», «Компьютерный инженерный анализ элементов систем автоматизации».

Также данное учебное пособие рекомендовано обучающимся по программе повышения квалификации «Моделирование и расчет строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА».

Учебное пособие подготовлено в рамках реализации проектов по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса

УДК 669.15
ББК 34.5

ISBN 978-5-7410-2489-8

© Фролова О.А., 2020
© ОГУ, 2020

Содержание

Введение	4
1 Основные сведения из теории	7
1.1 Программный комплекс ЛИРА 10	7
1.2 Создание архитектурных элементов	18
1.3 Вопросы для самопроверки	26
2 Моделирование крупнопанельного здания с помощью архитектурных элементов	27
2.1 Постановка задачи	27
2.2 Создание задачи	28
2.3 Создание геометрии расчетной схемы	30
2.3.1 Создание фундаментной плиты	30
2.3.2 Создание стен первого этажа	31
2.3.3 Создание дверных проемов	32
2.3.4 Создание балконных и оконных проемов	38
2.3.5 Создание фронтальных стен балкона первого этажа	42
2.3.6 Создание второго этажа	45
2.3.8 Создание стен и плит балконов второго этажа	50
2.3.7 Создание колонн центрального балкона	56
2.4 Задание материала	57
2.5 Задание сечений	59
2.6 Назначение сечений, материалов элементам расчетной схемы	64
2.7 Триангуляция	73
3 Моделирование фланца с помощью архитектурных элементов	75
3.1 Постановка задачи	75
3.2 Создание задачи	76
3.3 Создание геометрии расчетной схемы	77
3.4 Задание сечений	92
3.5 Назначение сечений элементам расчетной схемы	96
3.6 Триангуляция	99
Список использованных источников	102

Введение

При решении инженерных задач обязательным шагом является создание расчетных моделей. В основу расчетов положен метод конечных элементов.

При создании триангуляции пластинчатых конечных элементов иногда возникают сложности, т.к. на результат расчета существенно влияет форма пластинчатого конечного элемента, а также корректировка сеток пластинчатых конечных элементов при внесении простых отверстий, смещение участков стен, изменение сечения колонн. Для упрощения и улучшения создания конечных элементов моделей в программных комплексах применяются архитектурные элементы.

Архитектурные элементы – это контуры, на месте которых после триангуляции создаются конечные элементы, что позволяет не работать с конечно-элементными сетками еще до расчета.

Рассчитанный и триангулированный элемент (или модель) можно вернуть в архитектурную модель, внести изменения и заново выполнить расчет.

Архитектурные элементы находят широкое применение как эффективный способ создания конечно-элементных моделей.

Учебное пособие «Моделирование конструкций с помощью архитектурных элементов» рекомендовано для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательную область «Инженерное дело, технологии и технические науки» по дисциплинам «Компьютерное моделирование и расчет конструкций», «Применение программных комплексов в решении инженерных задач», «Инженерные расчеты и компьютерное моделирование», «Компьютерный инженерный анализ элементов систем автоматизации».

Также данное учебное пособие рекомендовано обучающимся по программе повышения квалификации «Моделирование и расчет строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА».

Возможность использования представленного материала при выполнении заданий для самостоятельной работы позволяет обучающимся последовательно освоить и закрепить соответствующие компетенции, а также развить трудовые функции.

Результаты освоения дисциплин направлены на общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

компетенций:

– ОК-5 – способность изучать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа;

– ОК-5 способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа;

– ОПК-2 способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;

– ОПК-12 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения;

– ОПК-14 способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении;

– ПК-9 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов,

относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов;

– ПК-10 способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности;

– ПК*-1 быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний.

Материал методических указаний также будет полезен при освоении дисциплины «Инженерный анализ технических систем» и способствовать формированию такой компетенции, как способность участвовать в разработке компьютерных моделей в системах автоматизированного проектирования высшего уровня.

1 Основные сведения из теории

1.1 Программный комплекс ЛИРА 10

Использование программных комплексов позволяет многосторонне представить результаты моделирования и расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкций различного назначения. Программные комплексы являются неотъемлемой частью современных систем проектирования сложных технических систем.

Программный комплекс ЛИРА 10 – это современный расчетный комплекс для численного исследования прочности и устойчивости конструкций методом конечных элементов, позволяющий осуществлять интеграцию с передовыми BIM-платформами: Autodesk Revit, Tekla, Model Studio CS, Renga и другими.

Данный программный комплекс состоит из системы функциональных программных модулей, связанных между собой единой информационной средой.

Реализованный в препроцессоре подход сбора расчетной схемы из фрагментов, позволяет довольно быстро создать расчетную схему. Процессор имеет развитую систему контроля входной информации и диагностики ошибок. Предусмотренные режимы расчета дают возможность решения задачи в целом, выполнения повторного расчета с измененными входными данными. Кроме того, достоинствами процессора являются высокая скорость расчета больших задач и практически полное отсутствие ограничений на их размерность. Конструирующие системы позволяют проектировать металлические и железобетонные конструкции. Конструирующие системы могут работать как в режиме проверки заданных сечений, так и в режиме подбора минимально необходимого сечения для стальных элементов и минимально необходимой площади армирования для железобетонных элементов. Результаты подбора конструирующих систем отображаются в виде таблиц, мозаик, изополей и эпюр. Для конкретного элемента можно получить протокол расчета в символьном и с подставленными значениями видах, что дает пользователям возможность проверять полученные результаты.

Графический постпроцессор позволяет осуществить полный анализ результатов расчета (отображения деформированных схем, мозаик, изолиний и изополей перемещений и напряжений, эпюр внутренних усилий, форм собственных колебаний, а также форм потери устойчивости, как для всей схемы, так и для любого ее фрагмента). Любое изображение или таблицу можно сохранить в графический файл, передать на принтер или в отчет. Результаты представляются одновременно в виде таблиц, графиков и картинок на экране. Расчетная схема представляет собой идеализированную модель конструкции. Модель разбивается на конечные элементы. В результате такой разбивки появляются узлы. Элементы и узлы схемы нумеруются. В опорные узлы следует ввести соответствующие связи – запретить перемещения по каким-либо степеням свободы, либо ограничить перемещения узла конечными элементами, моделирующими работу связи. Нумерация узлов и элементов определяет последовательность задания исходной информации на входном языке и формирование файлов результатов счёта.

В программе принимаются три системы координат:

– *Глобальная система координат XYZ* – служит для описания координат узлов всей схемы, для определения направления степеней свободы, идентификации перемещений узлов;

– *Местная система координат X1 Y1 Z1* – является атрибутом каждого конечного элемента. служит для фиксации положения конечного элемента в схеме, а также для ориентации местной нагрузки, главных осей инерции в сечении стержня, усилий и напряжений, возникающих в элементе. У одноузловых элементов местная система координат совпадает с глобальной;

– *Локальная система координат X2 Y2 Z2* – является атрибутом каждого узла схемы. В общем случае локальная система координат совпадает с глобальной. Однако локальная система координат оказывается удобной при работе с цилиндрическими, сферическими схемами или при наложении связей и расчете на заданные перемещения по направлениям, не совпадающим с глобальной системой координат. При расчете цилиндрических или сферических конструкций удобно оперировать цифровыми значениями радиальных, меридиональных и широтных

перемещений. При расчете на заданные перемещения или при наличии связей, не совпадающих с направлением глобальной системы координат, можно также применять локальную систему координат.

Граничные условия в расчетной схеме могут быть заданы непосредственно на узел, а также смоделированы при помощи связей конечной жесткости, которые позволяют определить реакции в опорных узлах.

Статистические воздействия задаются в виде сосредоточенных сил и моментов как в узлы схемы (узловая нагрузка) по направлениям осей глобальной и локальной систем координат, так и на элементы (местная нагрузка) по направлениям местной или глобальной систем координат.

Для решения физических и инженерных задач при проектировании несущих конструкций многоэтажных сооружений в строительной отрасли принято использовать численные методы. Одним из самых распространенных и эффективных является метод конечных элементов (МКЭ).

Метод конечных элементов заключается в разбиении всей области, занимаемой конструкцией, на некоторое количество малых подобластей с конечным размером. Эти подобласти носят название конечных элементов (КЭ), а само разбиение называется триангуляцией. Совокупность КЭ, на которые разбита конструкция, называется конечно-элементной сеткой.

Метод конечных элементов основан на представлении континуальной системы ее дискретной моделью и замене дифференциальных уравнений, описывающих НДС, системой алгебраических уравнений. Область, занимаемая конструкцией, разбивается на малые конечные по размерам подобласти, которые называются конечными элементами. Для двумерных конструкций (пластины, плиты, оболочки) применяют треугольные и прямоугольные (плоские или изогнутые) конечные элементы. Метод конечных элементов это вариационный метод, поэтому функционал энергии для всей области представляется в виде суммы функционалов конечных элементов. Такая кусочно-непрерывная аппроксимация выполняется с помощью аппроксимирующих функций, с помощью которых искомые непрерывные величины (перемещения, напряжения) выражаются через значения этих величин в

узловых точках, а заданная нагрузка заменяется системой эквивалентных узловых сил. Число неизвестных перемещений определяет степень свободы конечного элемента.

Общие вершины треугольников называют узлами. Граница области представляет собой ломаную линию. Кинематические граничные условия задаются в узлах на границе. Нагрузки на границе заменяются сосредоточенными силами в узлах. Связь конечных элементов осуществляется по узлам.

Введем локальные номера узлов 1, 2, 3 (выбираются против часовой стрелки). Перемещение каждой из вершин треугольника выражается компонентами:

$$\delta = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_k \\ v_k \end{Bmatrix}.$$

Перемещения в пределах рассматриваемого конечного треугольника элемента зададим в виде линейных зависимостей:

$$\begin{aligned} u &= \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y; \\ v &= \alpha_4 + \alpha_5 x + \alpha_6 y, \end{aligned}$$

где $\alpha_1, \dots, \alpha_6$ – коэффициенты, сохраняющие постоянные значения в пределах каждого элемента.

Для перемещений u_i, u_j, u_m справедливы уравнения:

$$\begin{aligned} u_i &= \alpha_1 + \alpha_2 x_i + \alpha_3 y_i; \\ u_j &= \alpha_1 + \alpha_2 x_j + \alpha_3 y_j; \\ u_m &= \alpha_1 + \alpha_2 x_m + \alpha_3 y_m. \end{aligned}$$

Решая данные уравнения относительно коэффициентов, получим:

$$u = \frac{1}{2\Delta} [(a_i + b_i x + c_i y) u_i + (a_j + b_j x + c_j y) u_j + (a_m + b_m x + c_m y) u_m];$$

$$v = \frac{1}{2\Delta} [(a_i + b_i x + c_i y) v_i + (a_j + b_j x + c_j y) v_j + (a_m + b_m x + c_m y) v_m],$$

$$a_i = x_i y_m - x_m y_i,$$

где $c_i = x_m - x_j,$

$$b_i = y_j - y_m.$$

Деформации внутри конечного элемента равны:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{2\Delta} (b_i u_i + b_j u_j + b_m u_m);$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{2\Delta} (c_i v_i + c_j v_j + c_m v_m);$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{2\Delta} (b_i u_i + b_j u_j + b_m u_m + c_i v_i + c_j v_j + c_m v_m).$$

В матричной форме деформации имеют вид:

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{1}{2\Delta} \begin{bmatrix} b_i & 0 & b_j & 0 & b_m & 0 \\ 0 & c_i & 0 & c_j & 0 & c_m \\ c_i & b_i & c_j & b_j & c_m & b_m \end{bmatrix} \{\delta\};$$

$$\{\varepsilon\} = [B]\{\delta\},$$

где $[B] = \frac{1}{2\Delta} \begin{bmatrix} b_i & 0 & b_j & 0 & b_m & 0 \\ 0 & c_i & 0 & c_j & 0 & c_m \\ c_i & b_i & c_j & b_j & c_m & b_m \end{bmatrix}.$

Матрица [B] определяет геометрические характеристики конечного элемента.

Закон Гука при плоском напряженном состоянии имеет вид:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{E}{1-\nu^2} \varepsilon_x + \frac{E\nu}{1-\nu^2} \varepsilon_y; \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-\nu^2} \varepsilon_y + \frac{E\nu}{1-\nu^2} \varepsilon_x; \\ \tau_{xy} &= \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{xy} = \frac{E(1-\nu)}{2(1-\nu^2)} \gamma_{xy}.\end{aligned}$$

В матричной форме закон Гука имеет вид:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\},$$

где $\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}$, $[D] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1-\nu)/2 \end{bmatrix}$.

Матрица $[D]$ определяет упругие характеристики материала.

При плоской деформации матрица принимает вид:

$$[D] = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 \\ \frac{\nu}{1-\nu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix}.$$

Потенциальная энергия при деформировании конечного элемента равна:

$$U = \frac{1}{2} \iiint_V \{\varepsilon\}^T \{\sigma\} dV = \frac{1}{2} \{\delta\}^T [B]^T [C] [B] \{\delta\} \Delta V.$$

Работа усилий в узлах на их перемещениях равна:

$$A = \frac{1}{2} \{\delta\}^T \{F\}.$$

Из равенства работы внутренних сил и потенциальной энергии получим:

$$[B]^T [D][B]\Delta V \{\delta\} = \{F\};$$

$$[K]\{\delta\} = \{F\},$$

где $[K] = [B]^T [D][B]\Delta V$ – матрица жесткости конечного элемента.

Матрица жесткости не зависит от нагрузок, действующих на элемент. Компоненты матрицы представляют собой коэффициенты канонических уравнений метода перемещений для расчета одного элемента.

Для треугольного конечного элемента матрица жесткости имеет вид:

$$K = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & K_{16} \\ K_{12} & K_{22} & K_{23} & K_{24} & K_{25} & K_{26} \\ K_{13} & K_{23} & K_{33} & K_{34} & K_{35} & K_{36} \\ K_{14} & K_{24} & K_{34} & K_{44} & K_{45} & K_{46} \\ K_{15} & K_{25} & K_{35} & K_{45} & K_{55} & K_{56} \\ K_{16} & K_{26} & K_{36} & K_{46} & K_{56} & K_{66} \end{pmatrix},$$

$$\begin{aligned}
K_{11} &= \alpha(\beta x_{32}^2 + y_{23}^2); & K_{33} &= \alpha(\beta x_{13}^2 + y_{31}^2); \\
K_{12} &= \alpha \gamma x_{32} y_{23}; & K_{34} &= \alpha \gamma x_{13} y_{31}; \\
K_{13} &= \alpha(\beta x_{31} x_{32} + y_{23} y_{31}); & K_{35} &= \alpha(\beta x_{13} y_{21} + y_{12} y_{31}); \\
K_{14} &= \alpha(\nu x_{13} y_{23} + \beta x_{32} y_{31}); & K_{36} &= \alpha(\beta x_{13} y_{12} + \nu x_{21} y_{31}); \\
K_{15} &= \alpha(\beta x_{21} x_{32} + y_{12} y_{23}); & K_{44} &= \alpha(x_{13}^2 + \beta y_{31}^2); \\
\text{где} \quad K_{16} &= \alpha(\nu x_{21} y_{23} + \beta x_{32} y_{12}); & K_{45} &= \alpha(\nu x_{13} y_{12} + \beta x_{21} y_{31}); \\
K_{22} &= \alpha(x_{32}^2 + \beta y_{23}^2); & K_{46} &= \alpha(x_{13} x_{21} + \beta y_{12} y_{31}); \\
K_{23} &= \alpha(\beta x_{13} y_{23} + \nu x_{32} y_{31}); & K_{55} &= \alpha(\beta x_{21}^2 + y_{12}^2); \\
K_{24} &= \alpha(x_{13} x_{32} + \beta y_{23} y_{31}); & K_{56} &= \alpha \gamma x_{21} y_{12}; \\
K_{25} &= \alpha(\beta x_{21} y_{23} + \nu x_{32} y_{12}); & K_{66} &= \alpha(x_{21}^2 + \beta y_{12}^2); \\
K_{26} &= \alpha(x_{21} x_{32} + \beta y_{12} y_{23});
\end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{Ed}{4S_{\Delta}(1-\nu^2)}; \quad \beta = \frac{1-\nu}{2}; \quad \gamma = \frac{1+\nu}{2}.$$

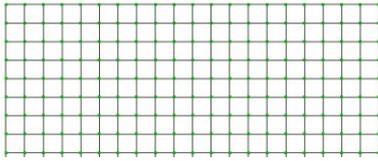
Основными типами КЭ являются:

- одноузловые КЭ;
- стержневые КЭ;
- пластинчатые КЭ;
- объемные КЭ.

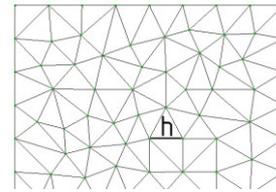
Форма конечных элементов будет зависеть от типа самой конструкции и характера деформации. Например, конечными элементами в расчете стержневых конструкций будут стержни, при расчетах двумерных континуальных систем – прямоугольные или треугольные КЭ, а при расчете трехмерных конструкций – подобласти в виде тетраэдров или параллелепипедов.

Основными типами сеток КЭ являются (рисунок 1.1):

- регулярные;
- нерегулярные (произвольные) сетки.



а) регулярная сетка



б) нерегулярная (произвольная) сетка

Рисунок 1.1 – Типы сетки конечных элементов

При выборе типа и размера сетки конечных элементов рекомендуем руководствоваться следующими принципами, которые помогут получить максимально близкие к реальности результаты:

- регулярная сетка дает более точные результаты, чем нерегулярная;
- прямоугольные 4-узловые КЭ дают более точные результаты, чем треугольные;
- треугольные элементы с промежуточными узлами имеют точность, близкую к сетке прямоугольных 4-х узловых элементов;
- прямоугольная сетка с промежуточными узлами дает более точные результаты, чем треугольная сетка с промежуточными узлами, несмотря на большую площадь;
- промежутки между КЭ не допускаются;
- допускается комбинация треугольных и четырехугольных элементов в одной модели;
- строить 4-узловые элементы с тупым ($>180^\circ$) внутренним углом запрещается.

Способ триангуляции рассматриваемой области, количество конечных элементов, число их степеней свободы, а также форма используемых приближенных функций оказывают непосредственное влияние на точность расчета всей конструкции.

Погрешность вычислений снижается при уменьшении размеров КЭ, но полностью она не устранится, и, зачастую, дальнейшее уменьшение сети не будет приводить к осязательному увеличению точности, но время расчёта будет возрастать.

Более мелкая сетка особенно важна там, где есть изменения напряжений и деформаций (изменяются на порядок). Крупная сетка КЭ может использоваться в областях постоянного напряжения или зонах, которые не интересуют пользователя. Более мелкая сетка может потребоваться в местах стыка нескольких несущих элементов, у отверстий, в углах, зонах контакта и в областях с высоким напряжением.

В то же время, необходимо учитывать тот факт, что точность уменьшается, если размеры соседних элементов около концентраторов напряжений сильно различаются. Это связано с тем, что матрица жесткостей становится плохо обусловленной. Ко всему вышесказанному следует добавить следующее: отношение максимального размера элемента к минимальному не должно превышать 2, или угол не должен быть меньше 30° .

Форма конечных элементов значительно влияет на точность. При создании расчётных моделей рекомендуется избегать появления острых углов в КЭ, наибольшую точность дают элементы с одинаковыми сторонами или близкими к одинаковым.

Для пластинчатых КЭ следует выбирать размеры, составляющие от размеров 1:10 пролета и не превышать размера в 1000 мм.

При отношении толщины КЭ к его длине и ширине более 1:5 следует использовать объёмные элементы.

Для расчетных схем, в которых количество степеней свободы в узле заведомо меньше шести, применяется так называемый признак схемы:

– Признак (1) Плоская ферма или балка-стенка (X, Z) – схемы, располагаемые в плоскости XOZ ; каждый узел имеет две степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Z . В этом признаке схемы рассчитываются плоские фермы и балки-стенки;

– Признак (2) Плоская рама (X, Z, UY) – схемы, располагаемые в плоскости XOZ ; каждый узел имеет три степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Z и поворот вокруг оси Y . В этом признаке схемы рассчитываются плоские рамы и допускается включение элементов ферм и балок-стенок;

– Признак (3) Плоская плита или ростверк (Z, UX, UY) – схемы, располагаемые в плоскости XOY ; каждый узел имеет три степени свободы – линейное перемещение вдоль оси Z и повороты вокруг осей X, Y . В этом признаке схемы рассчитываются балочные ростверки и плиты, допускается учет упругого основания.

– Признак (4) Пространственная ферма или объемный массив (X, Y, Z) – пространственные схемы, каждый узел которых имеет три степени свободы – линейные перемещения вдоль осей X, Y, Z . В этом признаке схемы рассчитываются пространственные фермы и объемные тела;

– Признак (5) Пространственная конструкция (X, Y, Z, UX, UY, UZ) – пространственные схемы общего вида с шестью степенями свободы в узле. В этом признаке схемы рассчитываются пространственные каркасы, оболочки и объемные тела;

– Признак (7) Пространственная конструкция с учетом деформации стержней (X, Y, Z, UX, UY, UZ, W).

Вспомогательным инструментом для создания и позиционирования фрагментов расчетной схемы относительно друг друга служит сеть построения (рисунок 1.2).

Для редактирования стандартного вида сети можно изменять следующие параметры:

- выбор сети построения: прямоугольная, полярная;
- задание параметров: шаг, количество, угол, радиус, по радиусу, по дуге;
- расположение в плоскостях, параллельных координатным XOY, XOZ, YOZ или под углом к ним XYZ .

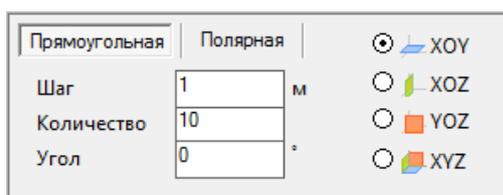


Рисунок 1.2– Сеть построений

1.2 Создание архитектурных элементов

Моделирование элементов конструкций осуществляется различными способами. Рассмотрим **создание архитектурных элементов**.

Для добавления архитектурных элементов в расчетную схему необходимо воспользоваться командой меню **Схема → Архитектурные элементы** или кнопкой на панели инструментов  (рисунок 1.3).

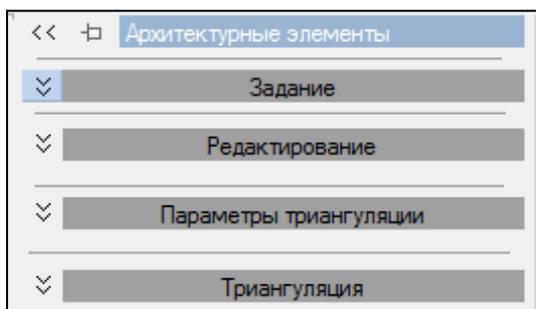


Рисунок 1.3 – Режим Архитектурные элементы

Во вкладке **Задание** радиокнопкой выбирается тип элемента: Пластина, Стена, Проем/Вырез, Стержень, Колонна (рисунок 1.4).

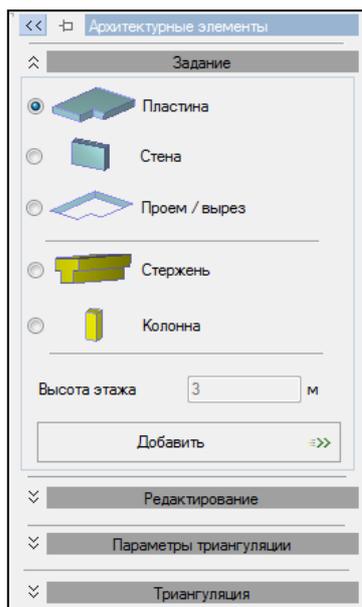


Рисунок 1.4 – Вкладка Задание (выбор типа создаваемого элемента)

Пластина задается тремя точками путем их указания курсором мышки на пересечения сети построения и двойным кликом завершается построение (рисунок 1.5).

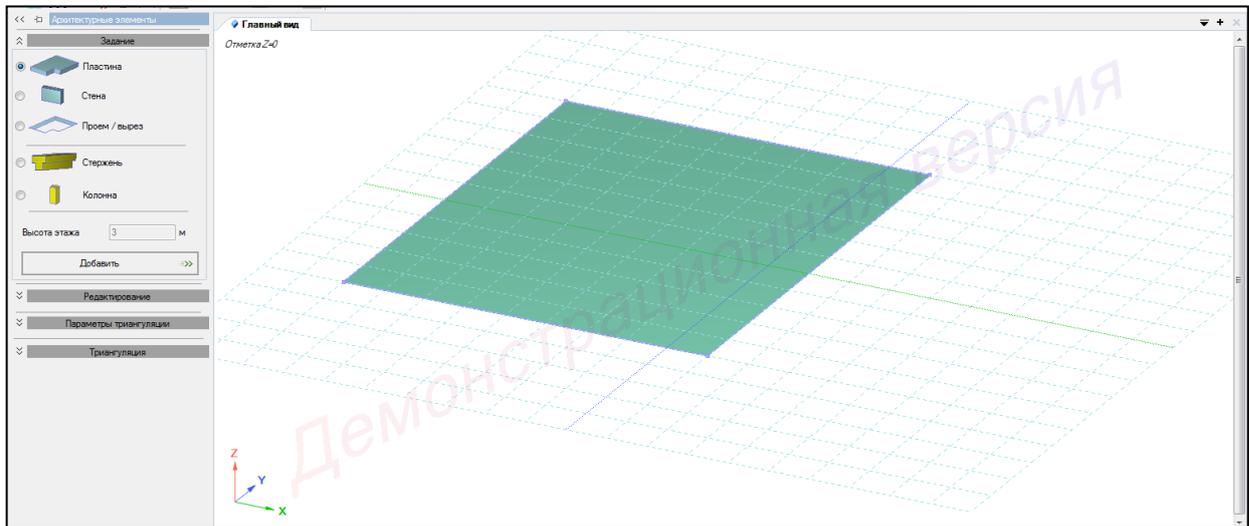


Рисунок 1.5 – Моделирование пластины

Для задания **стены** необходимо задать высоту и указать две точки на одной прямой (рисунок 1.6).

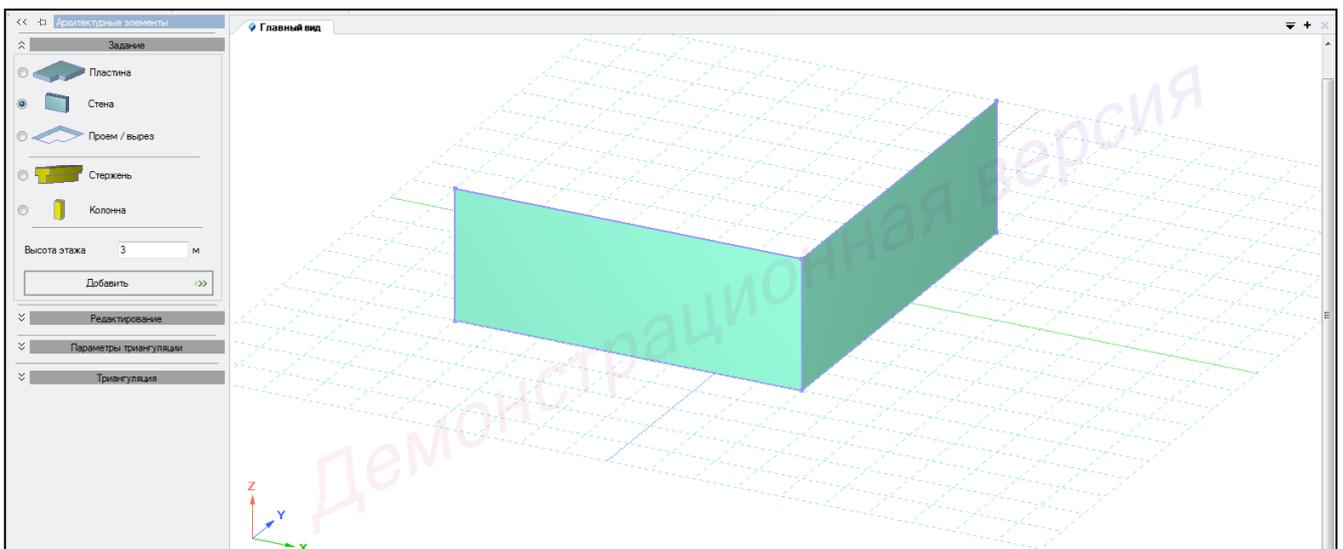


Рисунок 1.6 – Моделирование стены

Стержень задается соединением двух точек (узлов сети построения или узлов схемы) (рисунок 1.7).

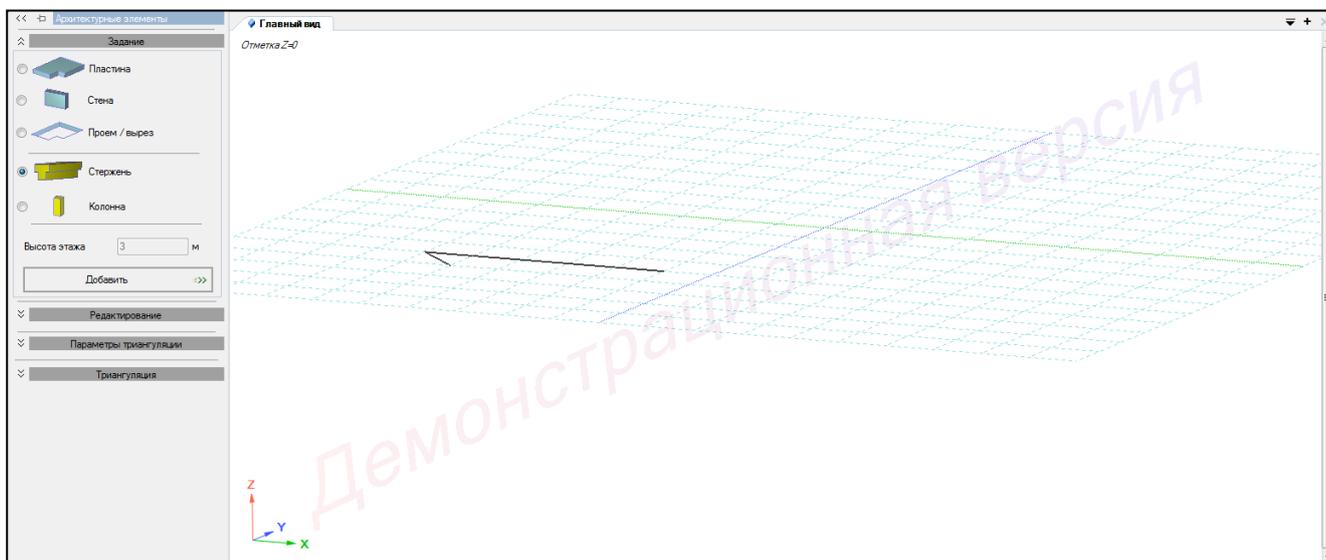


Рисунок 1.7 – Моделирование стержня

Колонна задается кликом курсора по узлу сетки при заданной высоте (рисунок 1.8).

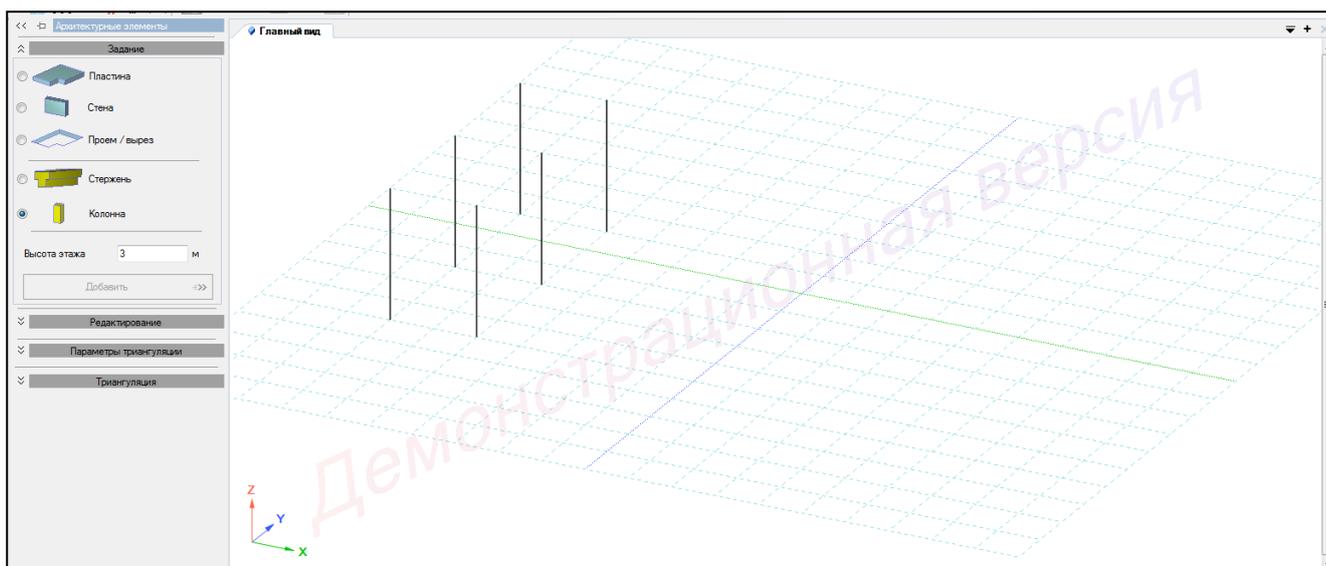


Рисунок 1.8 – Моделирование колонны

Для задания **выреза или проема** необходимо последовательно указать точки контура выреза или проема (рисунок 1.9).

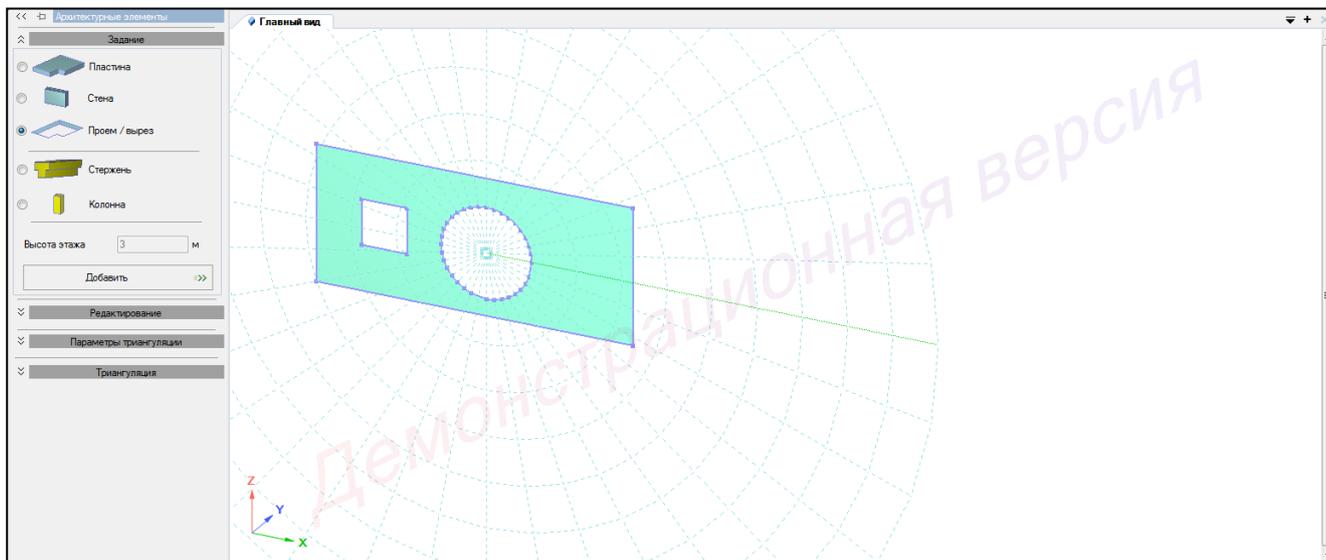


Рисунок 1.9 – Моделирование выреза

Во вкладке **Редактирование** редактируются уже заданные элементы путем **объединения, пересечения, разности и частичного объединения** (рисунки 1.10 – 1.14).

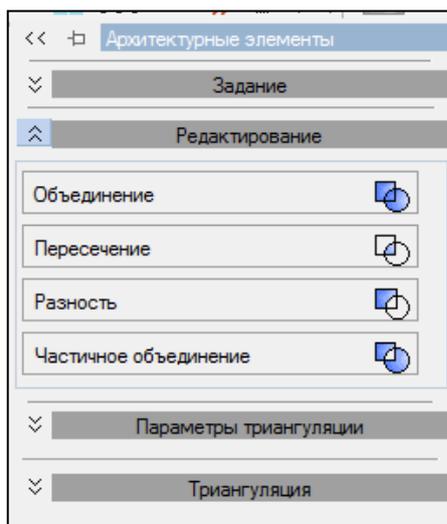


Рисунок 1.10 – Вкладка Редактирование

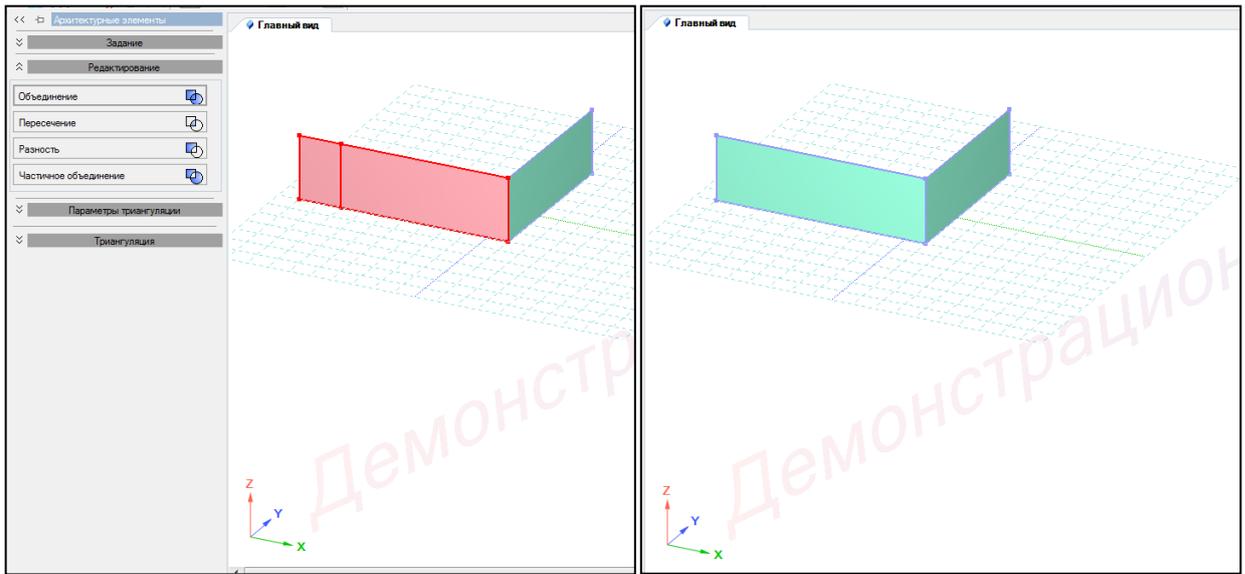


Рисунок 1.11 – Объединение элементов

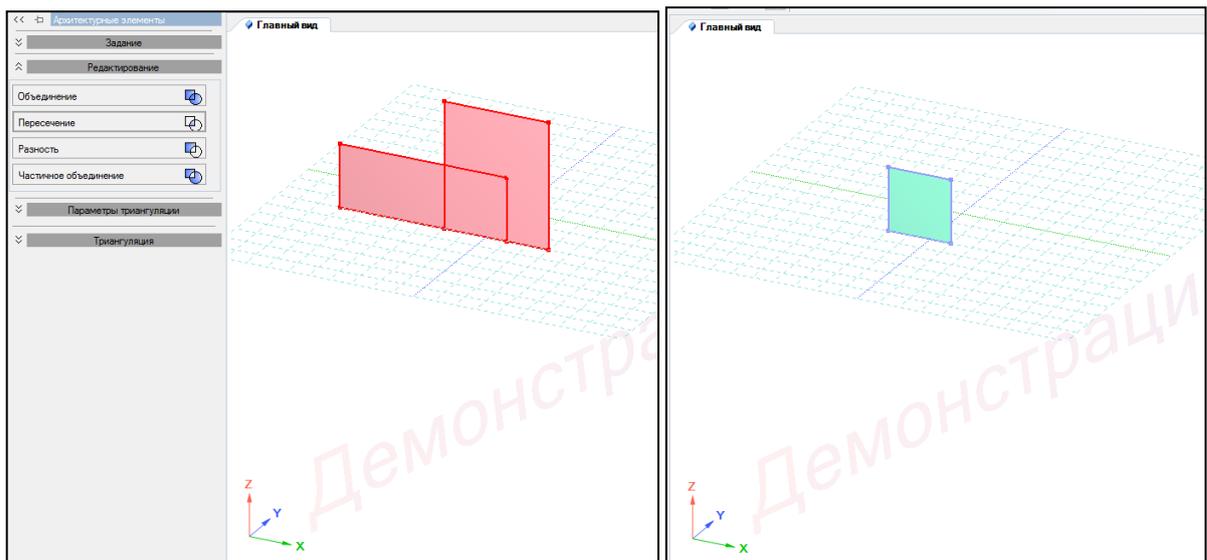


Рисунок 1.12 – Пересечение элементов

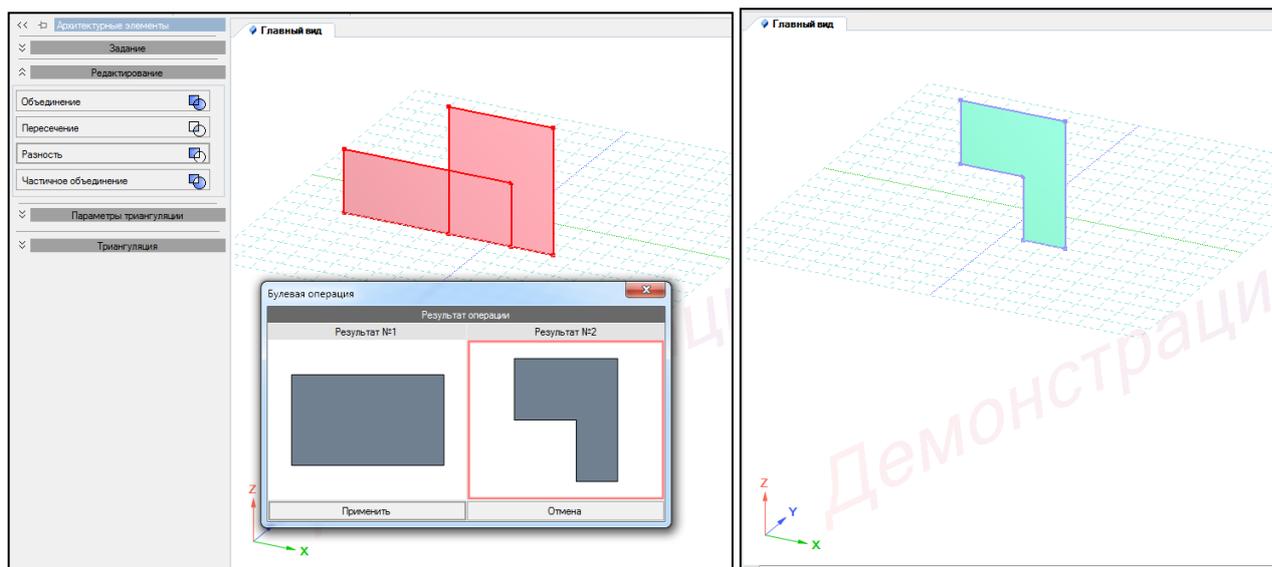


Рисунок 1.13 – Разность элементов

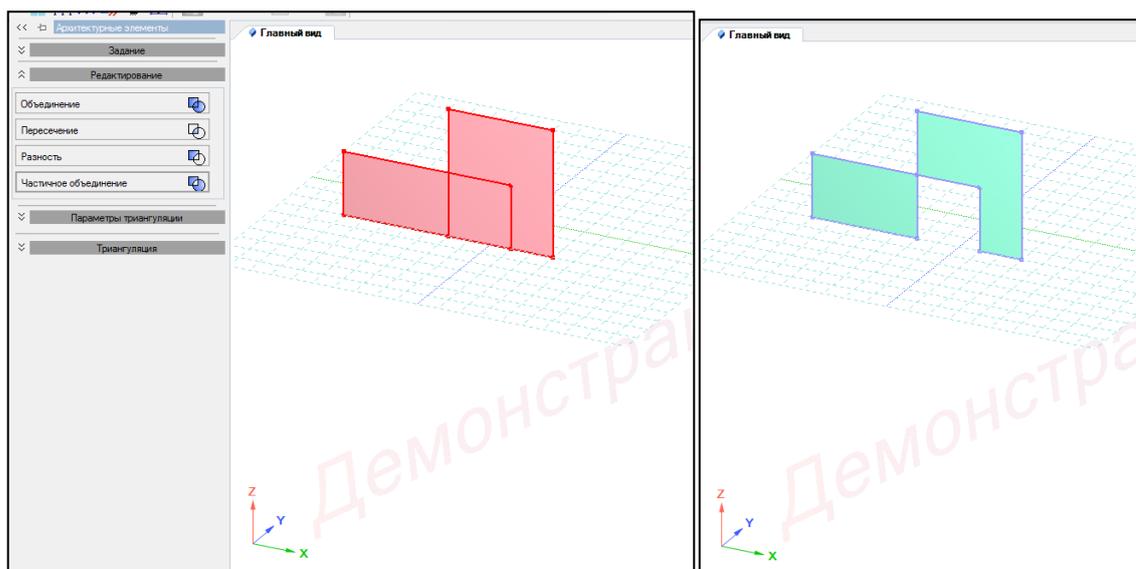


Рисунок 1.14 – Частичное объединение

Во вкладке **Параметры триангуляции** назначаются параметры триангуляции архитектурным элементам (метод и шаг триангуляции) (рисунок 1.15).

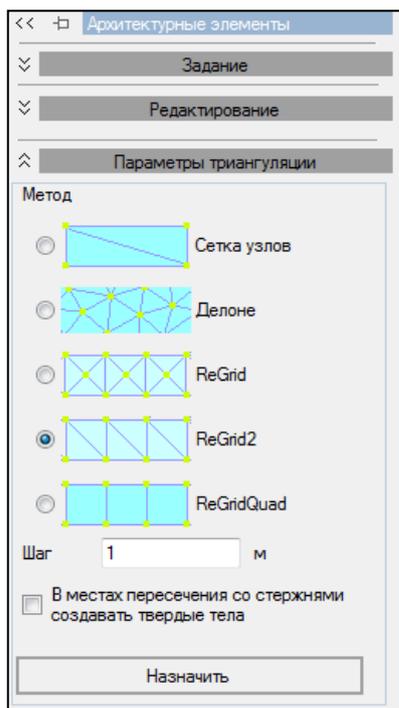


Рисунок 1.15 – Вкладка Параметры триангуляции

Триангуляция выполняется по заданным ранее параметрам. Перед триангуляцией есть возможность учитывать другие архитектурные элементы и сеть конечных элементов. Для присвоения выбранных параметров триангуляции необходимо выделить необходимые элементы и нажать кнопку Назначить (рисунок 1.16).

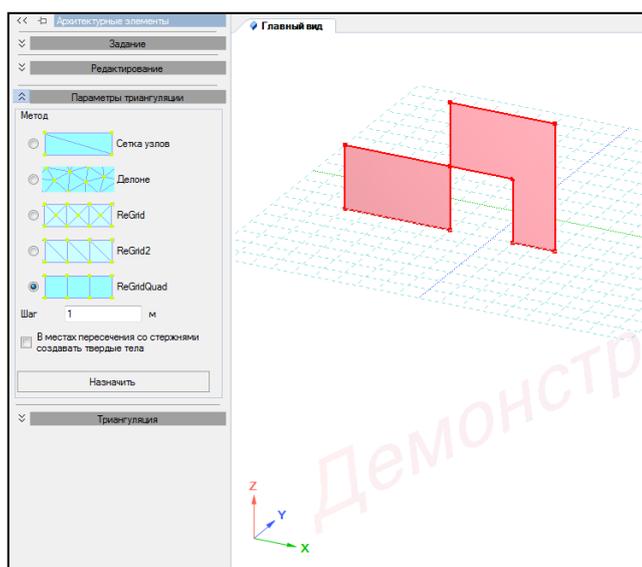


Рисунок 1.16 – Назначение триангуляции

Во вкладке **Триангуляция** архитектурные элементы становятся конечными элементами (рисунок 1.17).

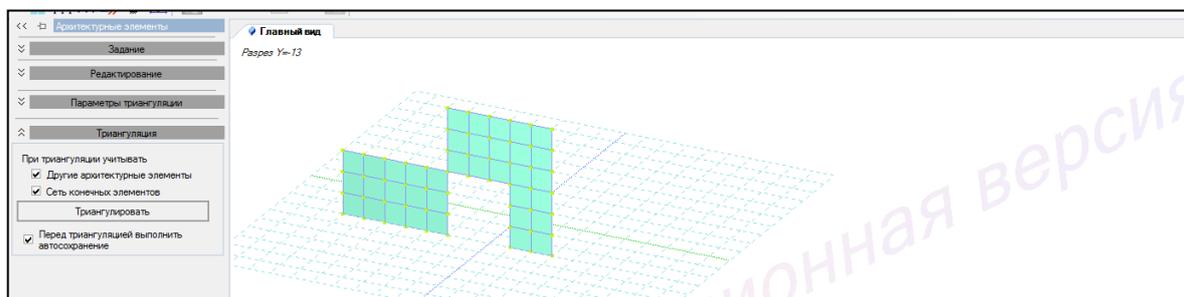


Рисунок 1.17 – Триангуляция

1.3 Вопросы для самопроверки

- 1 Каковы возможности программного комплекса ЛИРА 10?
- 2 Какие функции выполняет процессор?
- 3 Какие функции выполняет графический постпроцессор?
- 4 Сколько систем координат принимаются в программе?
- 5 Для чего служит глобальная система координат?
- 6 Для чего служит местная система координат?
- 7 Для чего служит локальная система координат?
- 8 В чем заключается метод конечных элементов?
- 9 Каковы основные типы конечных элементов?
- 10 От чего зависит форма конечных элементов?
- 11 Каковы основные типы сеток конечных элементов?
- 12 Каким руководствуются принципами при выборе типа и размера сетки конечных элементов?
- 13 Какие используются признаки расчетных схем?
- 14 Что представляют собой архитектурные элементы?
- 15 Какой командой задаются архитектурные элементы?
- 16 Какие типы архитектурных элементов можно создать?
- 17 Что такое триангуляция?
- 18 Каковы параметры триангуляции?
- 19 Какие используются методы триангуляции?
- 20 Что такое шаг триангуляции?
- 21 Существует ли возможность учитывать другие архитектурные элементы и сеть конечных элементов перед триангуляцией?
- 22 После триангуляции чем становятся архитектурные элементы?
- 23 Какие действия можно выполнять во вкладке Редактирование?
- 24 Возможен ли возврат к архитектурным элементам после триангуляции?
- 25 Сокращается ли время моделирования при использовании архитектурных элементов?

2 Моделирование крупнопанельного здания с помощью архитектурных элементов

2.1 Постановка задачи

Модель создаваемой конструкции представлена на рисунке 2.1.

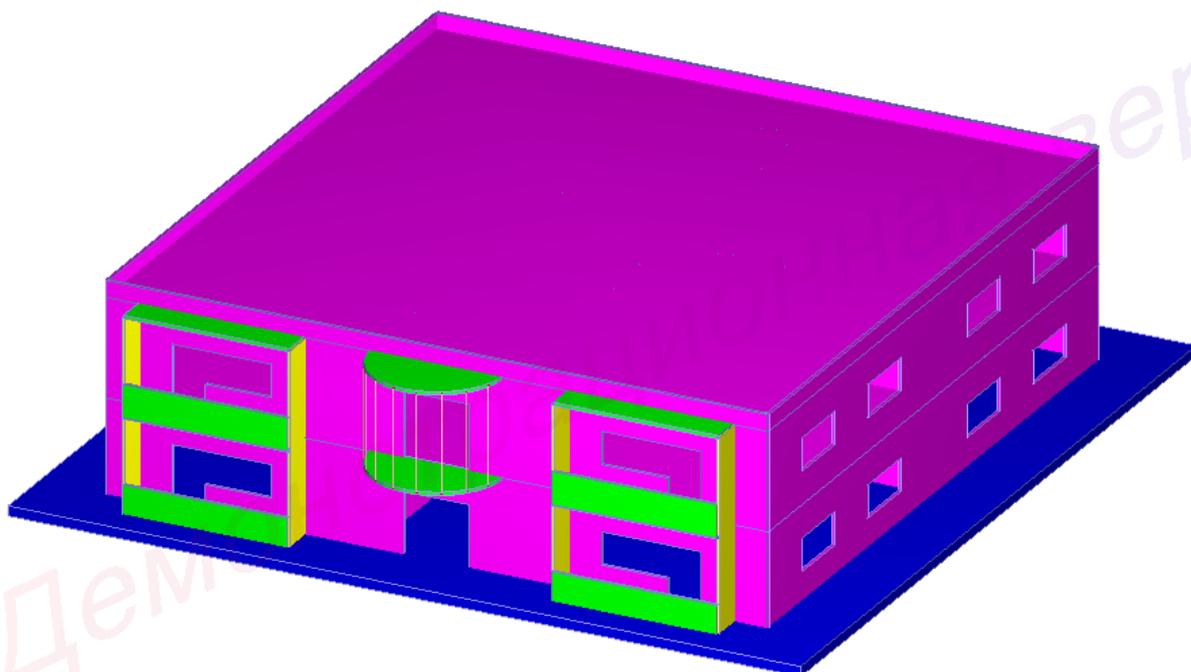


Рисунок 2.1 – Схема конструкции

Материалы: бетон Б30 (плиты, стены); сталь С245 (стержни).

Сечения:

- фундаментная плита – пластина с размером в плане 12x12, толщина $h=30$ см;
- стены – размер в плане 10x3, толщина $h=10$ см;
- плиты перекрытия – пластины с размером в плане 10x10; толщина $h=10$ см;
- колонны металлические – круг прокатный № 40.

2.2 Создание задачи

Для того чтобы начать работу с программным комплексом ЛИРА 10.6, выполните команду Windows **Пуск** → **Все программы** → **Lira Soft** → **Lira 10.6** → **Lira 10.6x64 (Lira 10.6x86)**.

После запуска программы открывается **редактор начальной загрузки**. Далее необходимо выполнить следующие действия и рекомендации:

1 Для создания новой задачи в раскрывающемся окне нажать **Создать новый проект**.

2 В блоке редактора начальной загрузки **Параметры проекта** задать (рисунок 2.2):

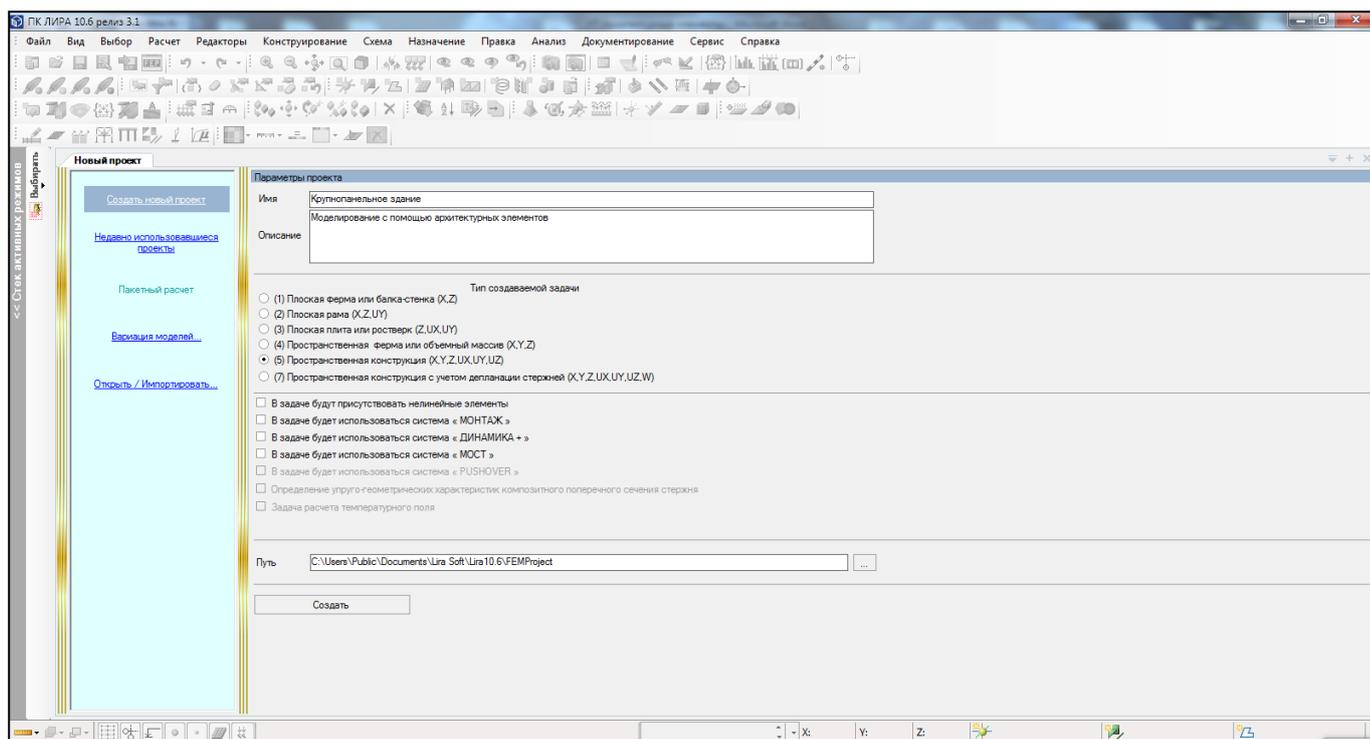


Рисунок 2.2 – Редактор начальной загрузки

– в поле **Имя** вписать – **Крупнопанельное здание**;

– в поле **Описание** вписать – **Моделирование с помощью архитектурных элементов**;

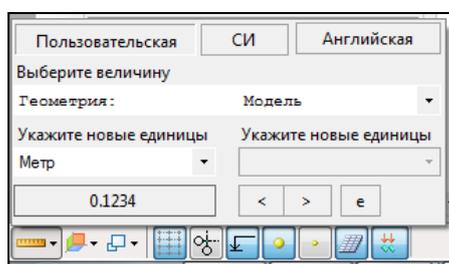
- в поле **Тип создаваемой задачи** задать радио-кнопкой **(5)**

Пространственная конструкция.

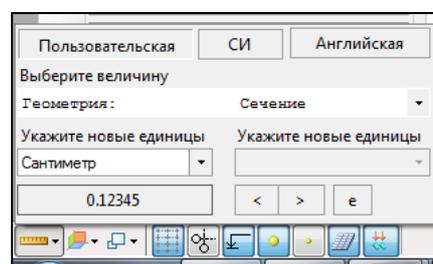
3 Щелкнуть по кнопке **Создать**.

4 Путь к папке, в которую будет сохранена задача (по умолчанию папка FEMProject), выбирается из **Сервис** → **Настройки среды** → **Расположение** → **Каталоги** → **Рабочий**.

5 Настроить единицы измерения величин (система пользовательская; геометрия модели – м; геометрия сечения – см) (рисунок 2.3).



а) геометрия модели



б) геометрия сечения

Рисунок 2.3 – Настройка единиц измерения

6 Настроить координационную сеть (рисунок 2.4):

- сеть построения – **квадратная**;
- шаг – **1 м**;
- количество – **15**;
- угол – **0**;
- плоскость – **XOY**.

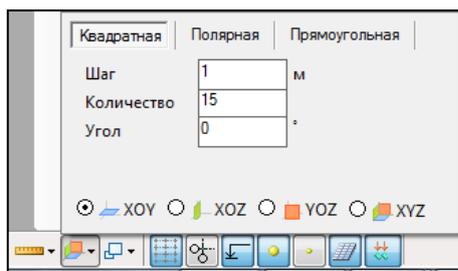


Рисунок 2.4 – Настройка координационной сети построений

2.3 Создание геометрии расчетной схемы

2.3.1 Создание фундаментной плиты

Для построения фундаментной плиты необходимо выполнить последовательно действия:

1 В контекстном меню выбрать **Схема** → **Архитектурные элементы** (кнопка



на панели инструментов) (рисунок 2.5).

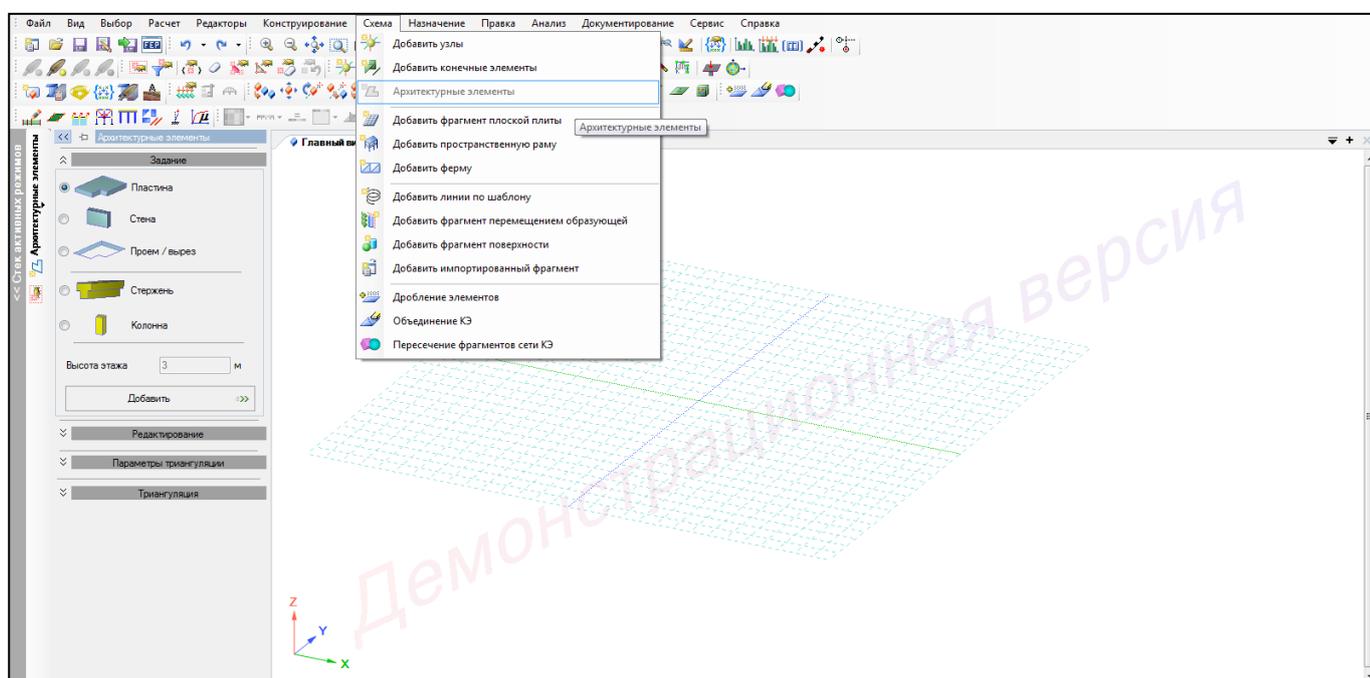


Рисунок 2.5 –Архитектурные элементы

2 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки контура пластины, при этом на четвертой точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.6).

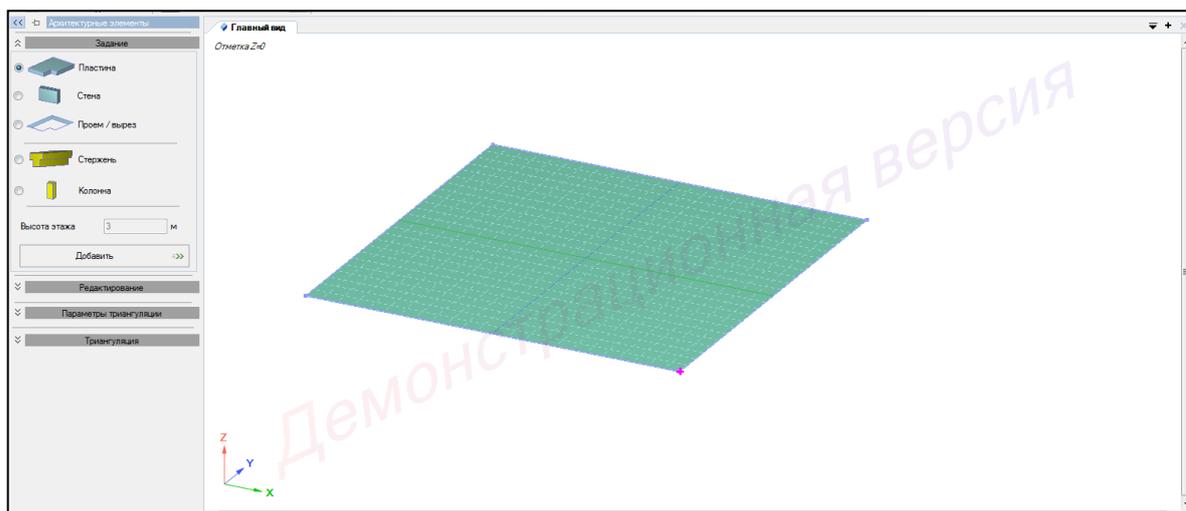


Рисунок 2.6 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование фундаментной плиты)

2.3.2 Создание стен первого этажа

1 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Стена**, **высота этажа – 3 м** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать две нижние точки контура внешней стены, при этом на второй точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение. Создать все внешние стены (рисунок 2.7).

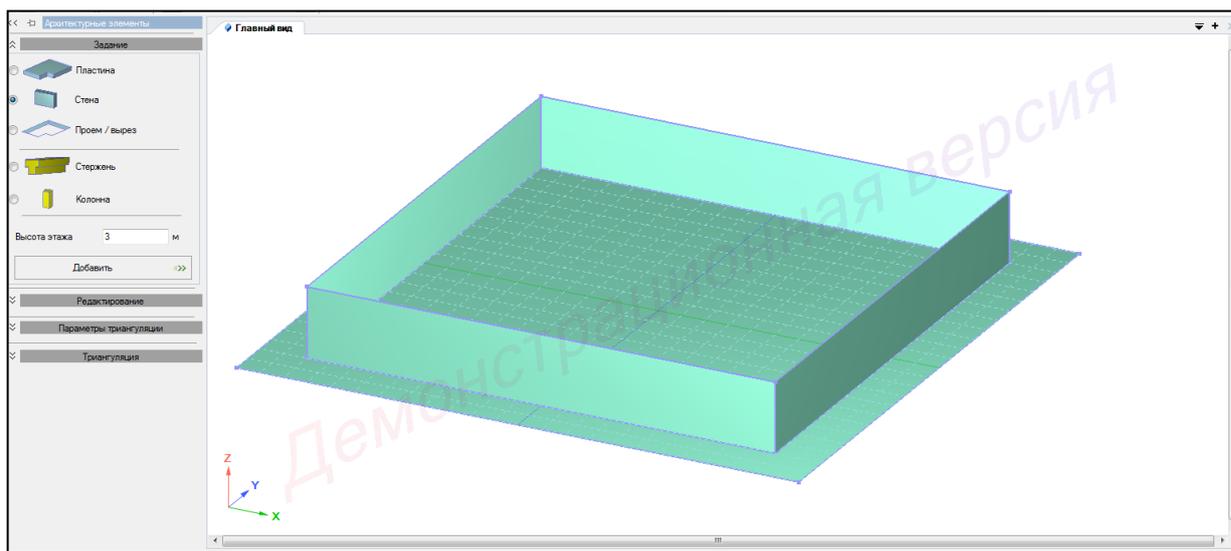


Рисунок 2.7 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование внешних стен первого этажа)

2 Аналогично создать внутренние стены (рисунок 2.8):

– перегородочные стены: продольные (коридорные) (20x3) и поперечные (внутрикомнатные) (10x3);

– стены лифтовой шахты (4x3).

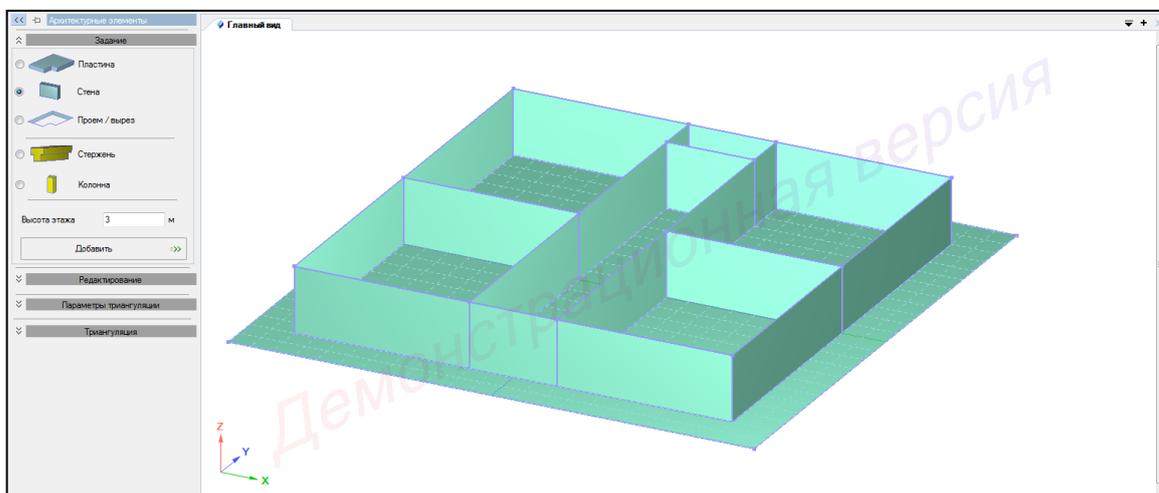


Рисунок 2.8 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование внутренних стен первого этажа)

2.3.3 Создание дверных проемов

1 Навести курсор на середину фронтальной стены (крестиком автоматически указывается середина стены) и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 2.9).

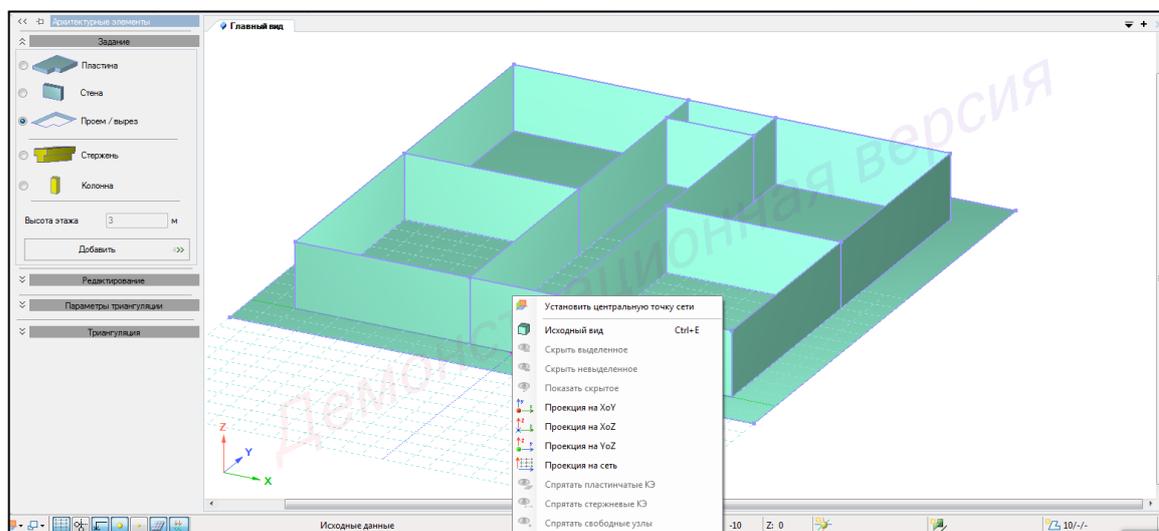


Рисунок 2.9 – Установление центральной точки сети

2 Настроить координационную сеть (рисунок 2.10):

– сеть построения – **квадратная**;

– шаг – **1 м**;

– количество – **15**;

– угол – **0**;

– плоскость – **XOZ**.

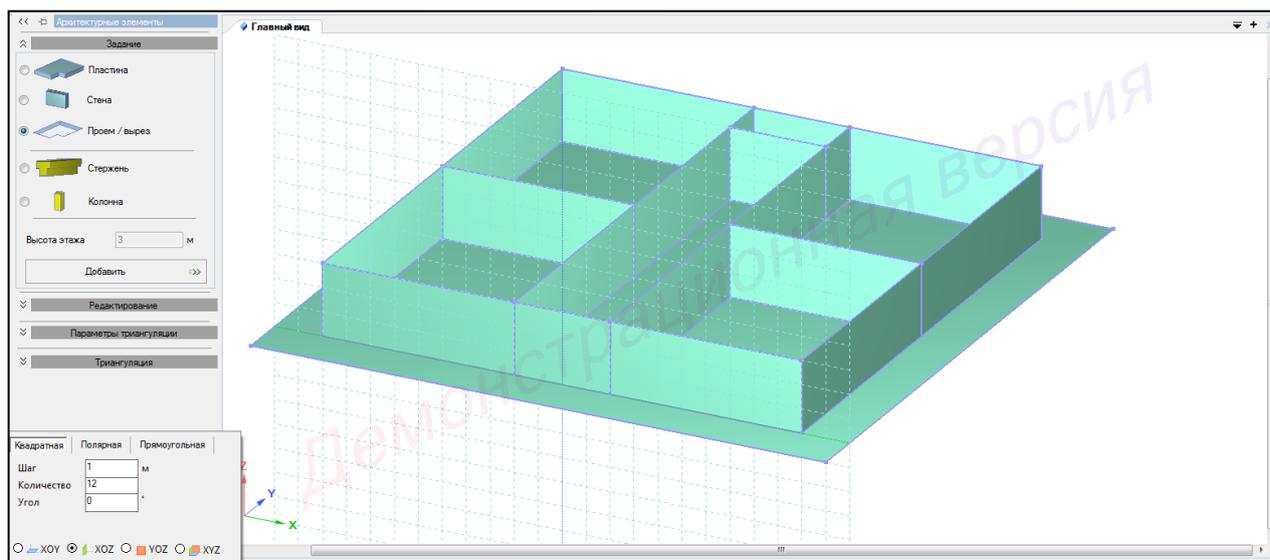


Рисунок 2.10 – Настройка координационной сети построений

3 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Прем/Вырез** наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки контура дверного проема, при этом на четвертой точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.11).

4 Навести курсор на середину стены лифтовой шахты (крестиком автоматически указывается середина стены) и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети**.

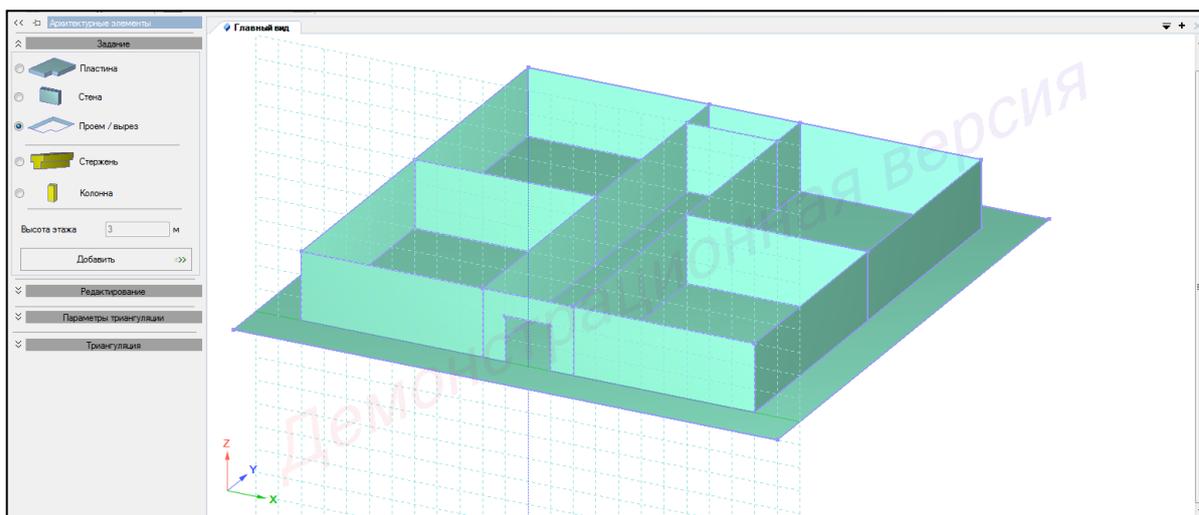


Рисунок 2.11 – Панель активного режима Архитектурные элементы
(моделирование дверного проема)

5 Настроить координационную сеть (рисунок 2.12):

– сеть построения – **квадратная**;

– шаг – **0.5 м**;

– количество – **15**;

– угол – **0**;

– плоскость – **XOZ**.

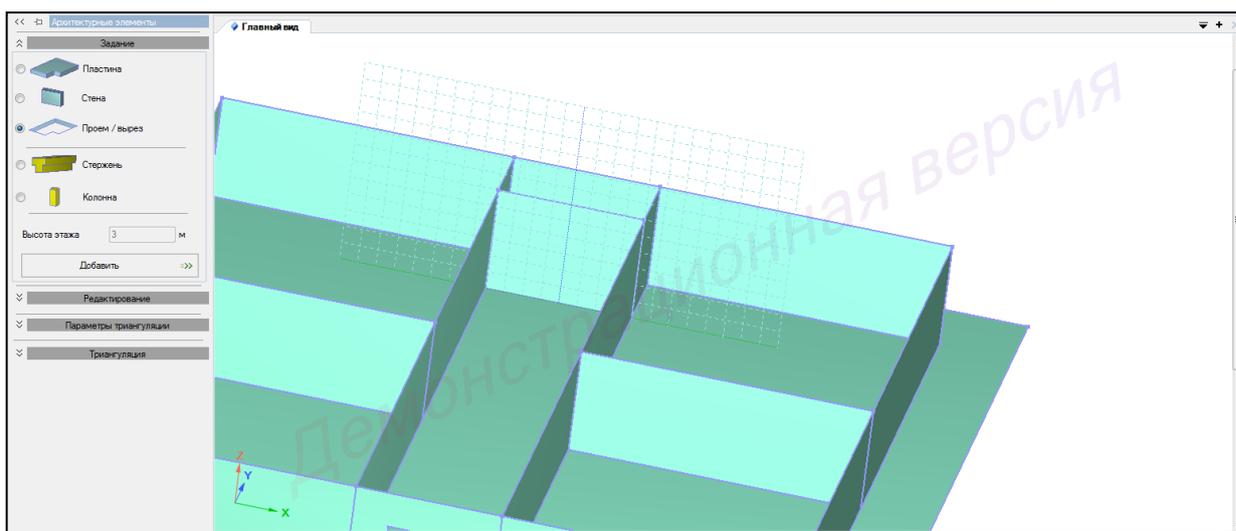


Рисунок 2.12 – Настройка координационной сети построений

6 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Прем/Вырез** наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки контура дверного проема, при этом на четвертой точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.13).

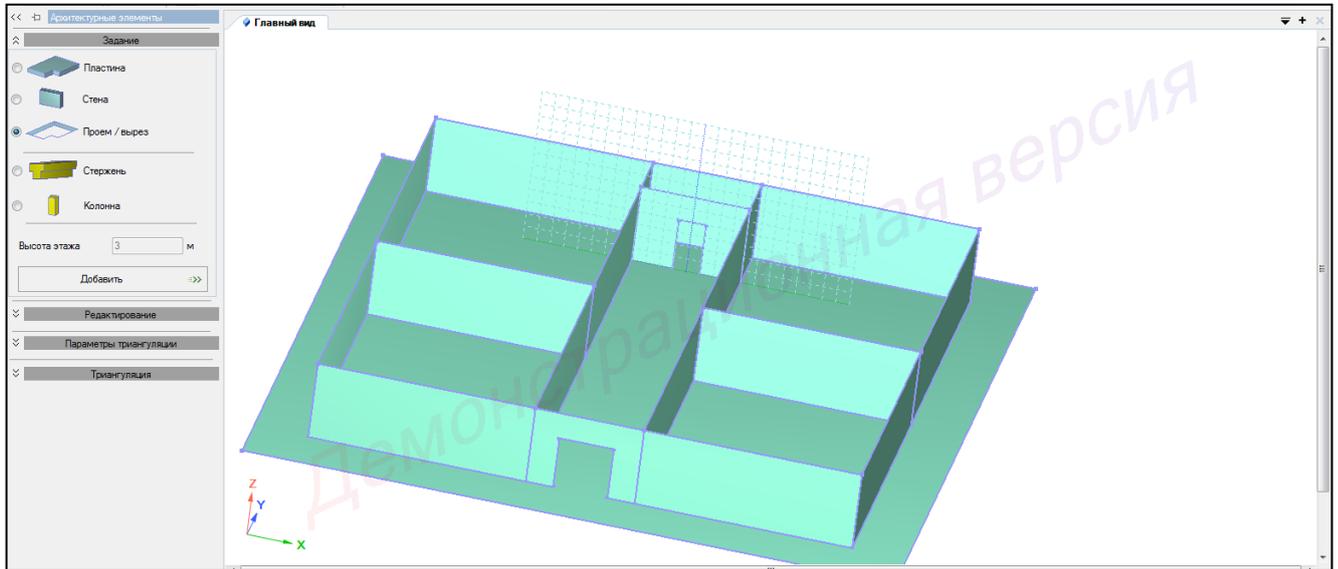


Рисунок 2.13 – Панель активного режима **Архитектурные элементы**
(моделирование дверного проема лифтовой шахты)

7 Навести курсор на точку стыковки поперечной и продольной стен и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 2.14).

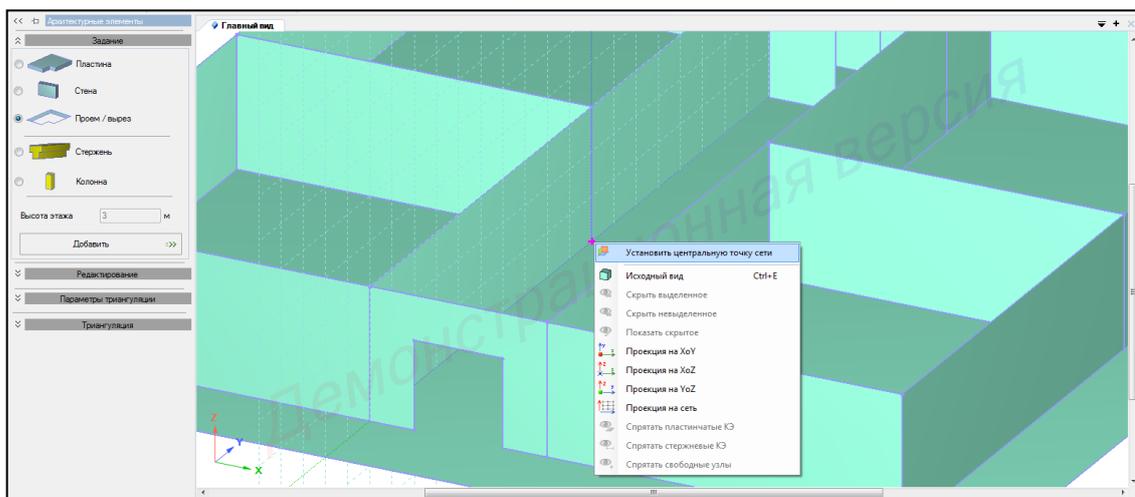


Рисунок 2.14 – Центральная точка сети

8 Настроить координационную сеть (рисунок 2.15):

– сеть построения – **квадратная**;

– шаг – **1 м**;

– количество – **15**;

– угол – **0**;

– плоскость – **YOZ**.

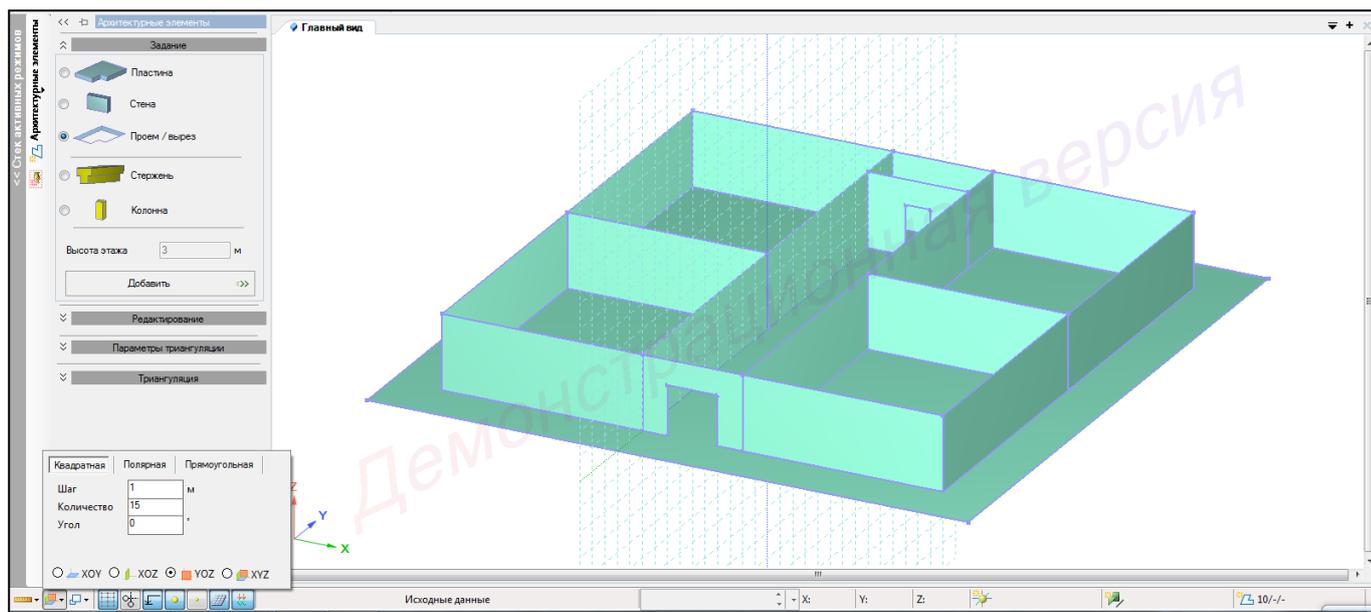


Рисунок 2.15 – Настройка координационной сети построений

9 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Прем/Вырез** наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки контура дверного проема, при этом на четвертой точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.16).

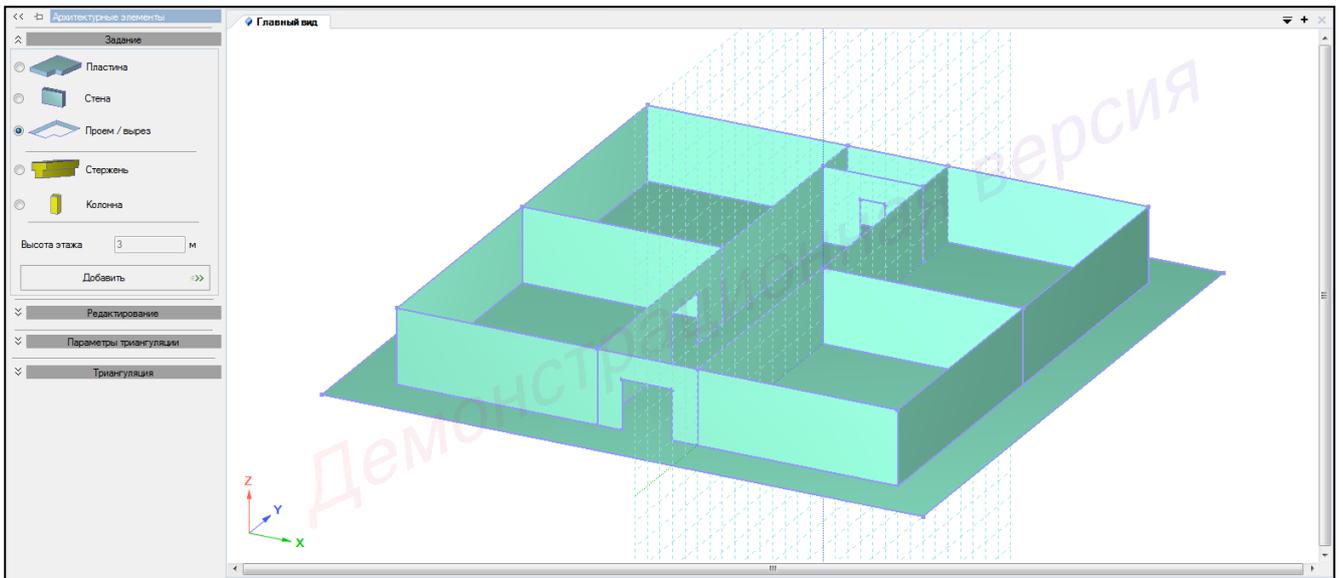


Рисунок 2.16 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование комнатного дверного проема)

10 Аналогично создать другие дверные проемы (рисунок 2.17).

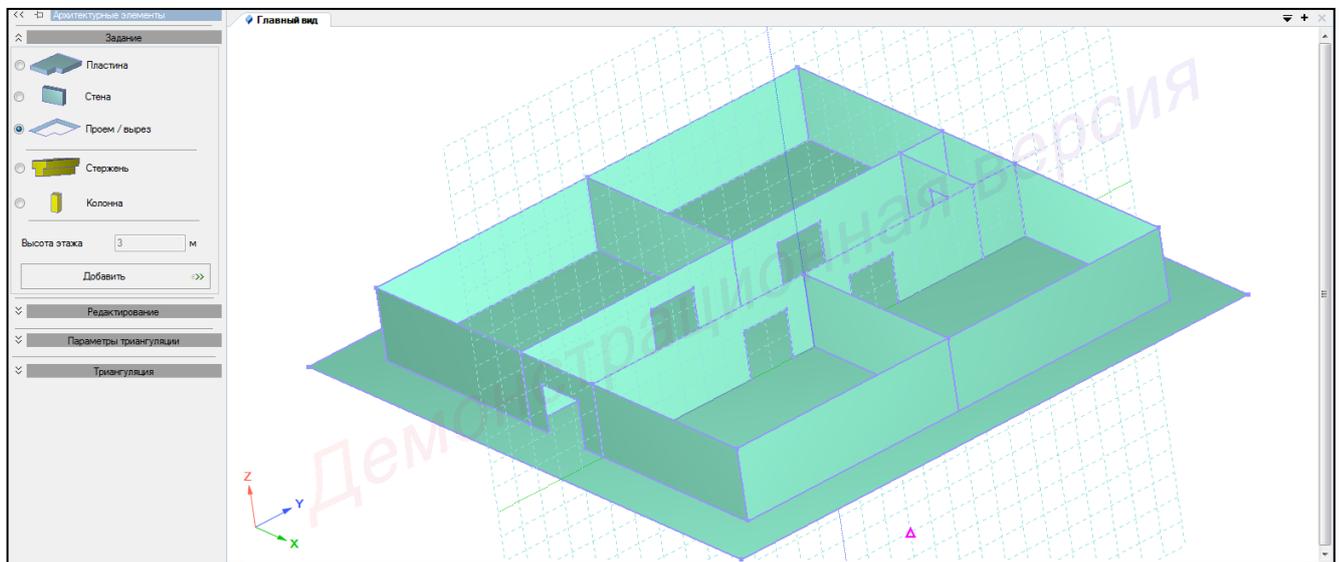


Рисунок 2.17 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование комнатных дверных проемов)

2.3.4 Создание балконных и оконных проемов

1 Навести курсор на крайнюю левую нижнюю точку фронтальной стены, правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети**.

2 Настроить координационную сеть ((рисунок 2.18):

– сеть построения – **квадратная**;

– шаг – **1 м**;

– количество – **15**;

– угол – **0**;

– плоскость – **XOZ**.

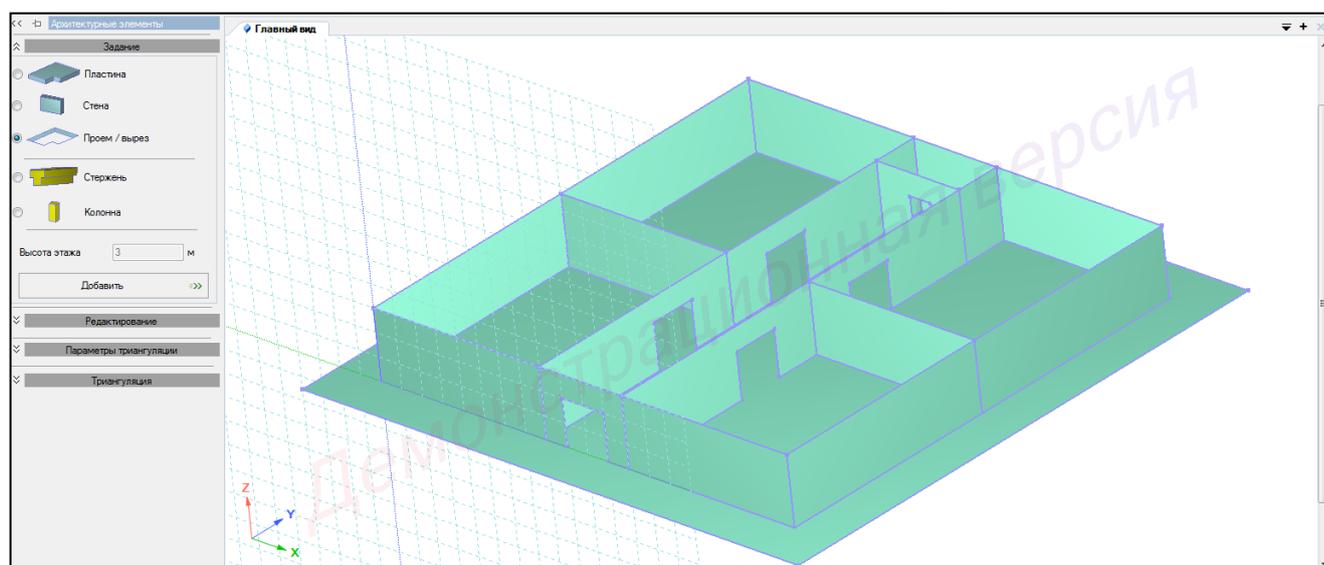


Рисунок 2.18 – Настройка координационной сети построений

3 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Прем/Вырез**, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура балконного проема, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.19).

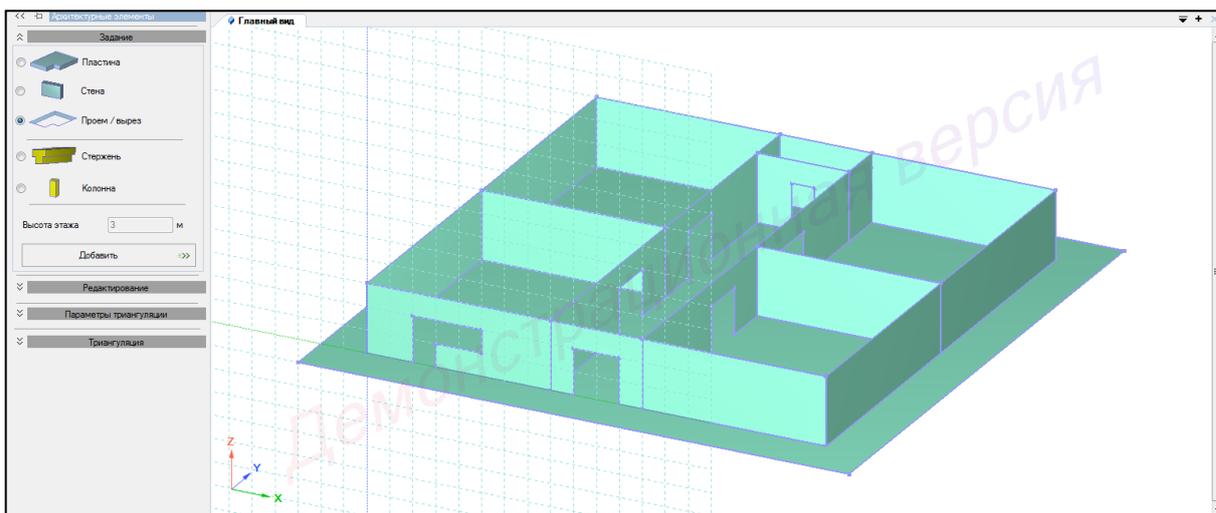


Рисунок 2.19 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование балконного проема)

4 Аналогичные действия выполнить на правой части фронтальной стены.

Навести курсор на крайний нижний правый узел правой части фронтальной стены и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети**.

5 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Прем/Вырез**, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура балконного проема, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.20).

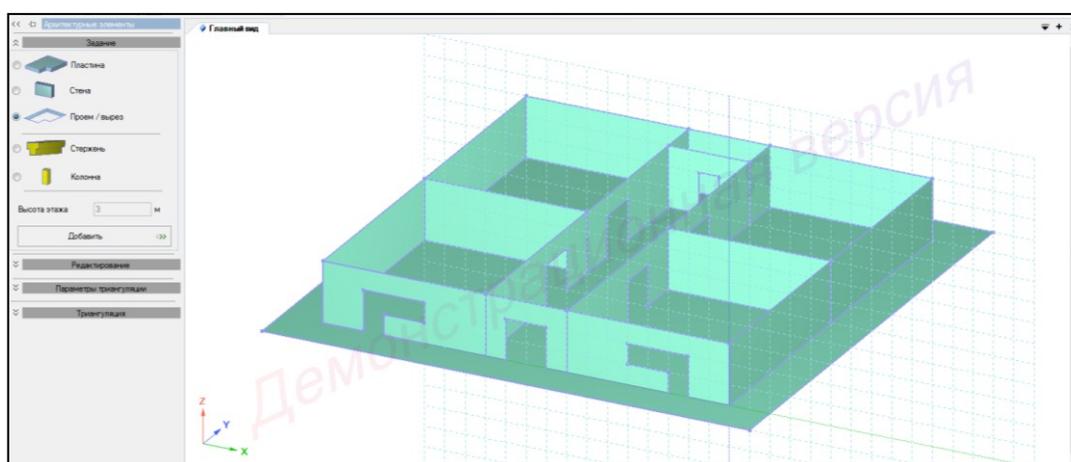


Рисунок 2.20 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование балконных проемов)

6 Настроить координационную сеть (рисунок 2.21):

– сеть построения – **квадратная**;

– шаг – **1 м**;

– количество – **15**;

– угол – **0**;

– плоскость – **YOZ**.

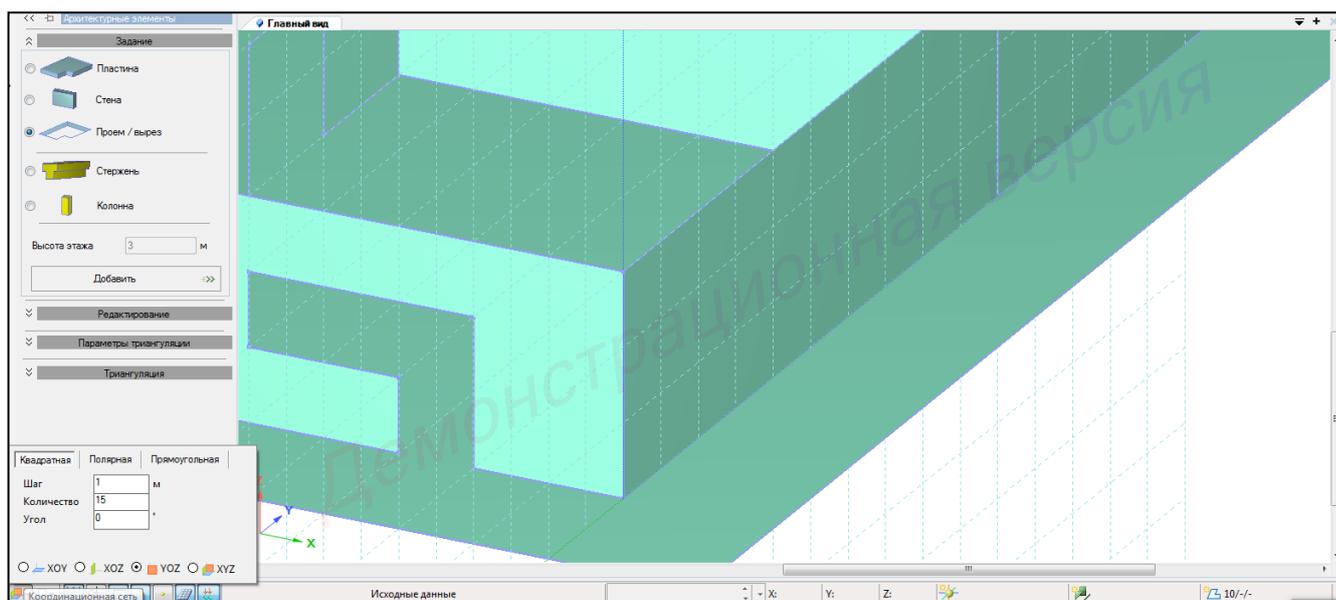


Рисунок 2.21 – Настройка координационной сети построений

7 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Прем/Вырез**, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура оконного проема, при этом на четвертой точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.22).

8 Аналогичные действия выполнить при создании других оконных проемов путем установления новых точек центральной сети и применением команды создания проемов (рисунок 2.23).

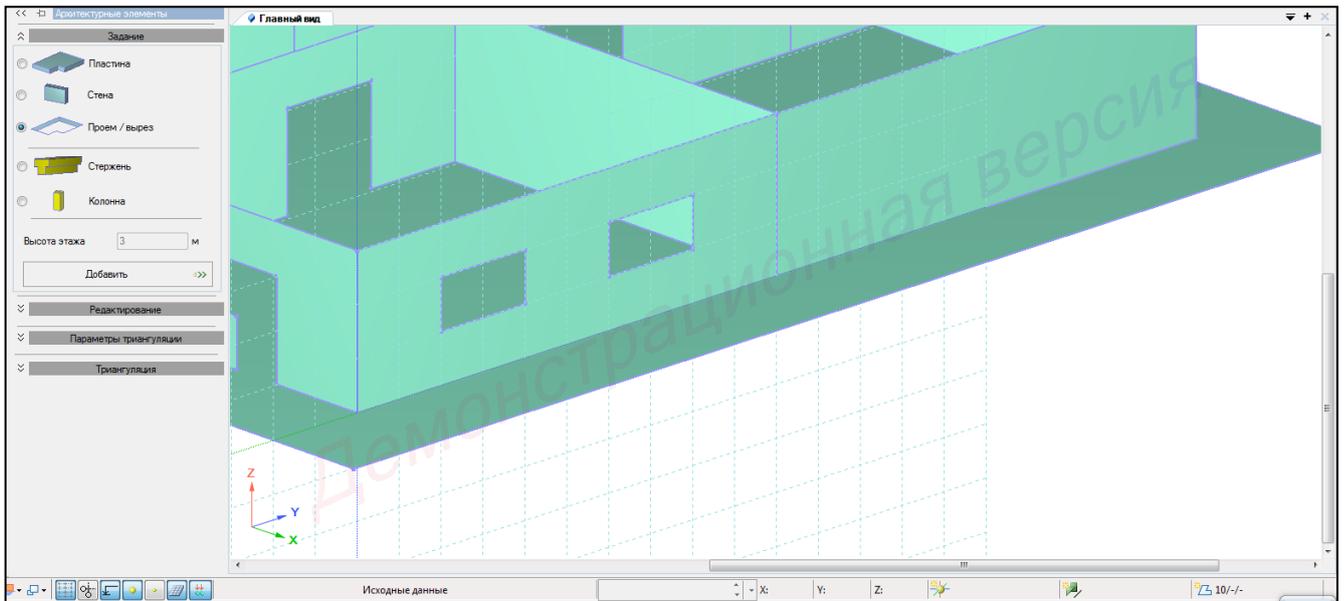


Рисунок 2.22 – Панель активного режима Архитектурные элементы
(моделирование оконного проема)

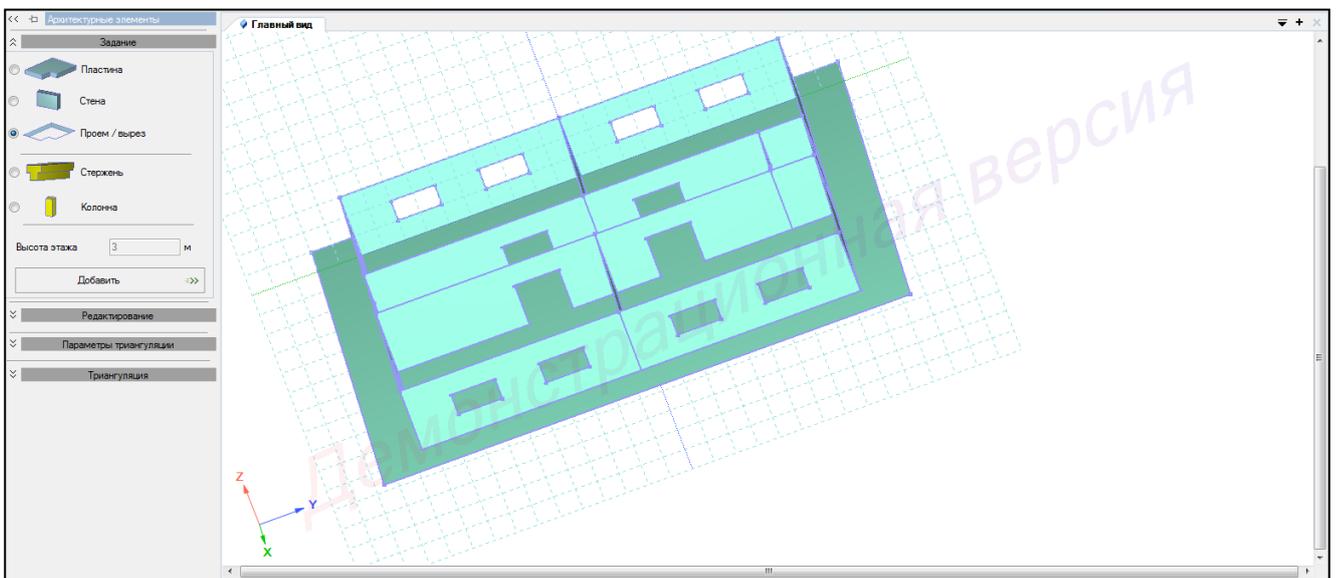


Рисунок 2.23 – Панель активного режима Архитектурные элементы
(моделирование оконных проемов)

2.3.5 Создание фронтальных стен балкона первого этажа

1 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Стена**, **высота этажа – 1 м** и, наведя курсор мыши, щелчком указать нижние точки контура стены размером 4x1 (пол балкона), при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.24).

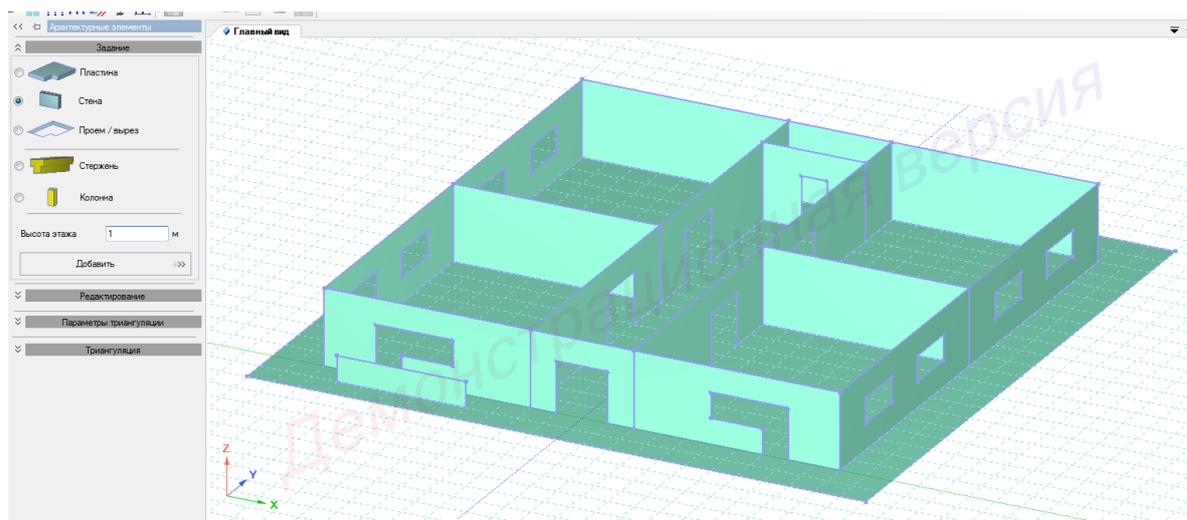


Рисунок 2.24 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование фронтальной стены левого балкона)

2 Аналогичные действия выполнить для правого балкона (рисунок 2.25).

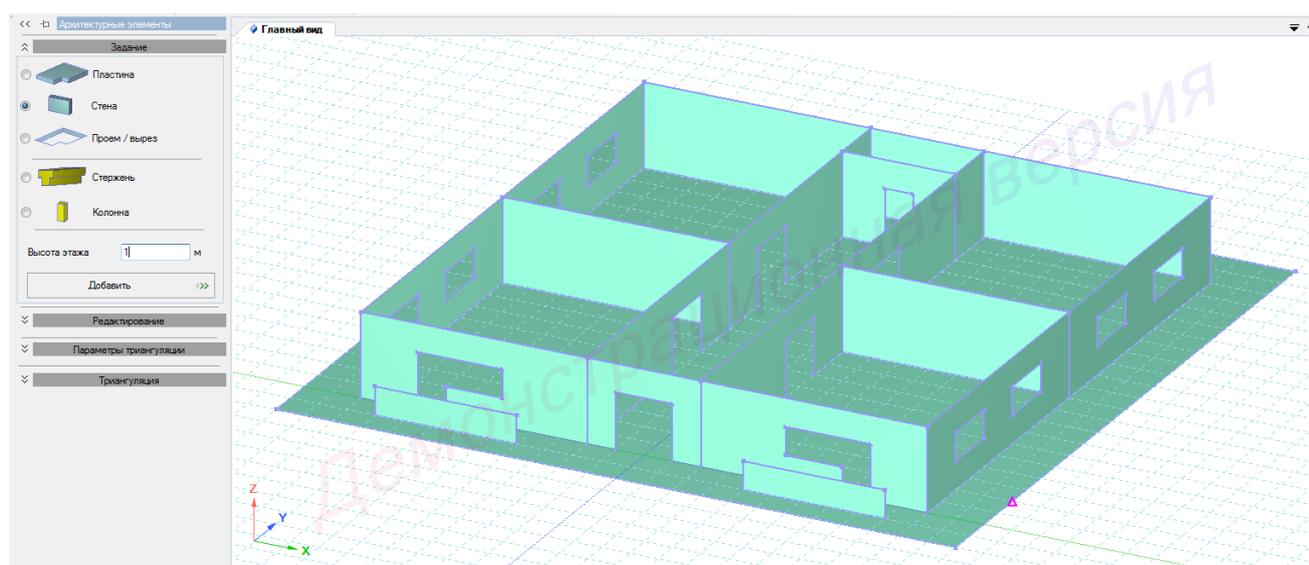


Рисунок 2.25 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование фронтальной стены правого балкона)

3 Создание плиты центрального балкона. Навести курсор на центр фронтальной стены (верхняя точка), правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 2.26).

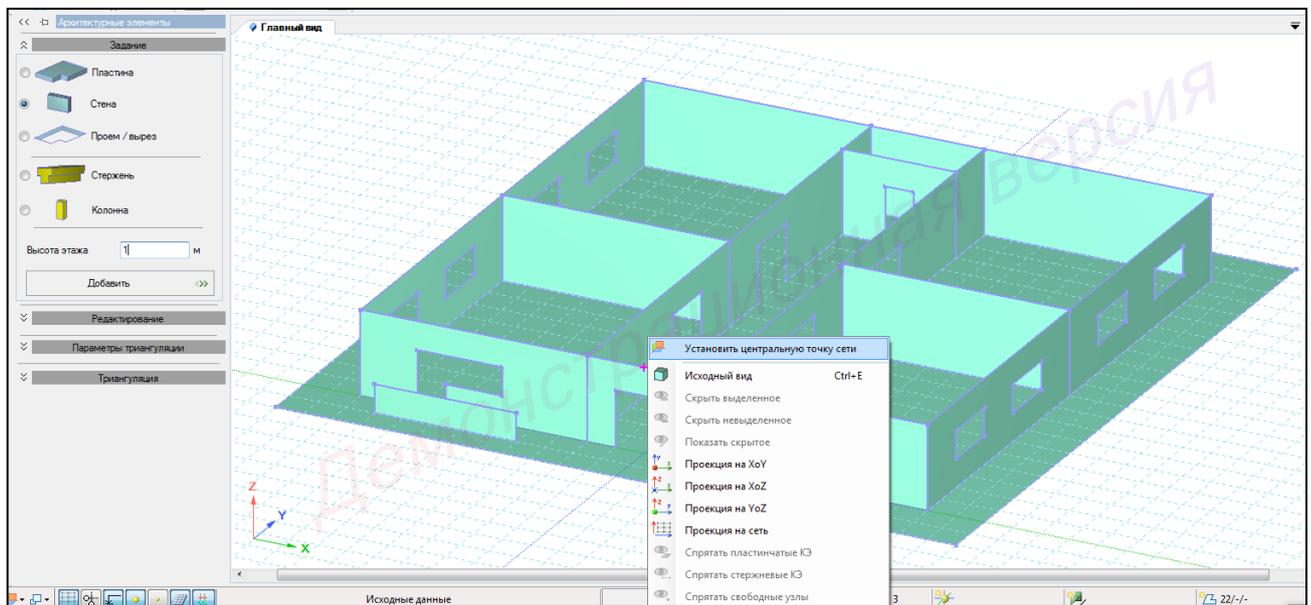


Рисунок 2.26 – Центральная точка сети

4 Настроить координационную сеть (рисунок 2.27):

- сеть построения – **полярная**;
- радиус – **10 м**;
- по радиусу – **15**;
- угол – **36**;
- плоскость – **XOY**.

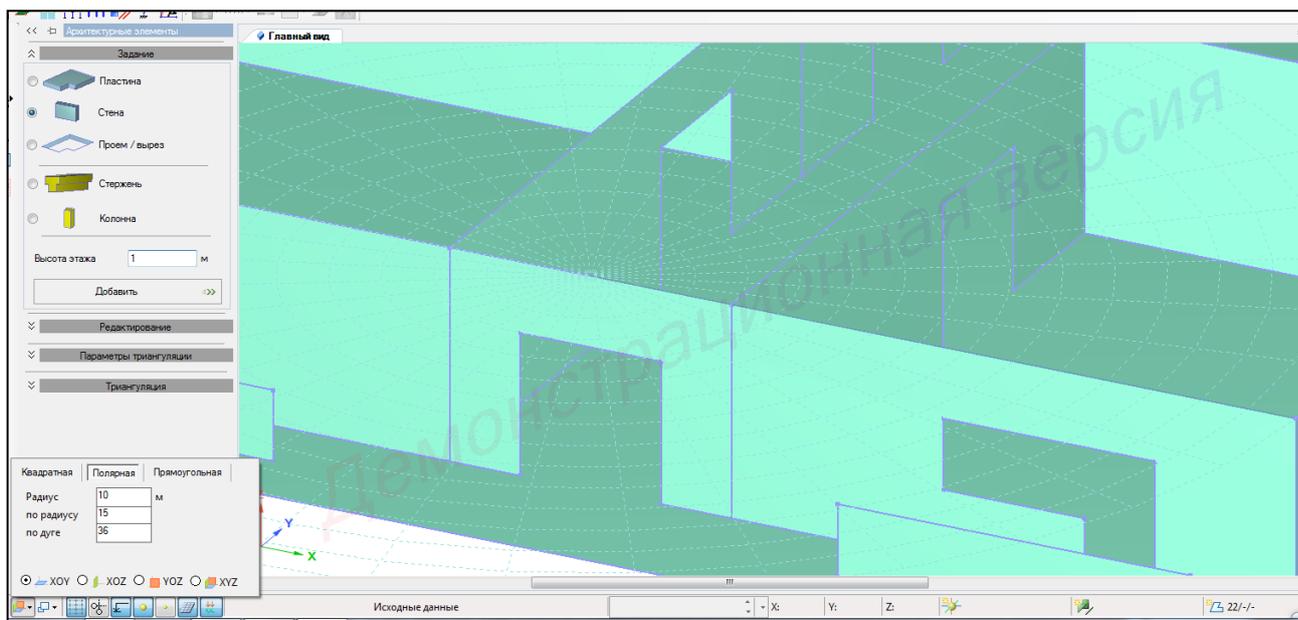


Рисунок 2.27 – Настройка координационной сети построений

5 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура плиты пола центрального балкона, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.28).

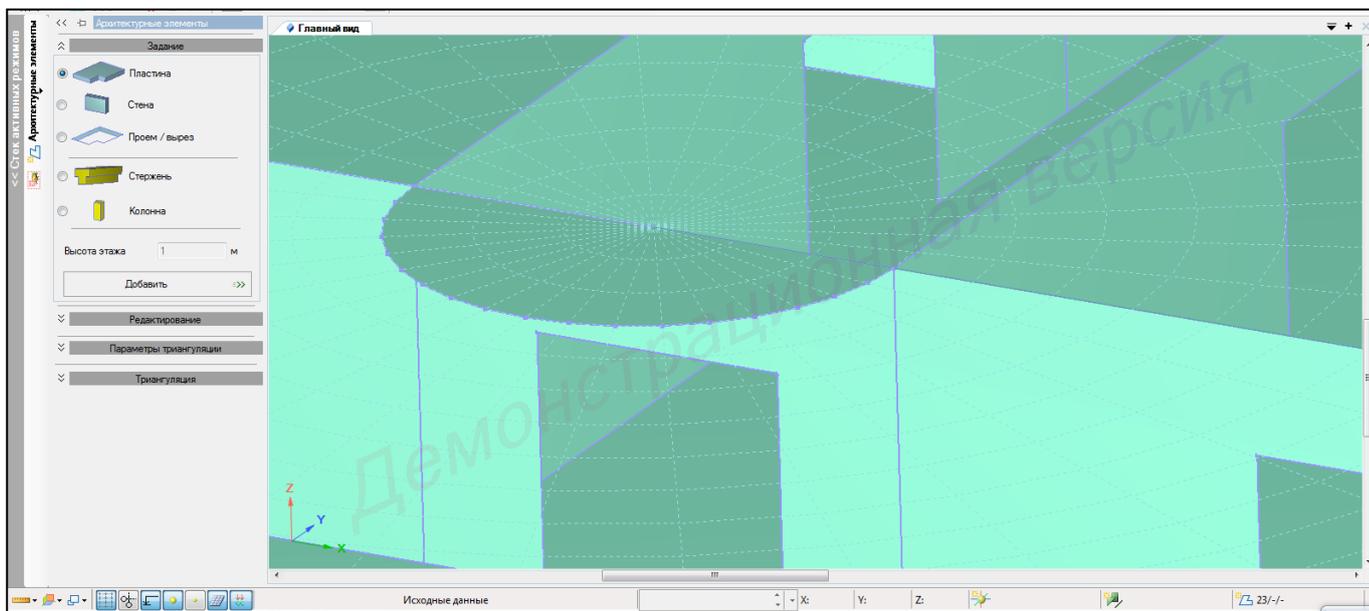


Рисунок 2.28 – Панель активного режима **Архитектурные элементы**
(моделирование плиты центрального балкона)

2.3.6 Создание второго этажа

1 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки справа налево полным касанием выделить фундаментную плиту.

2 Правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и выбрать **Скрыть выделенное** (рисунок 2.29).

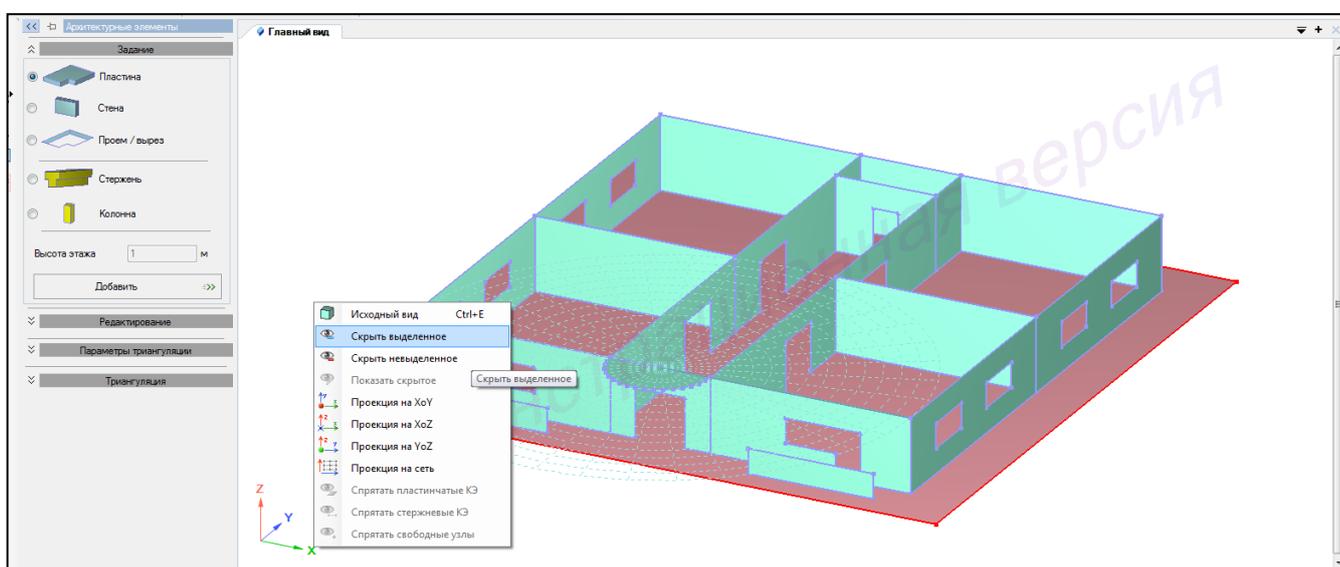


Рисунок 2.29 – Команда Скрыть выделенное

3 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить все элементы.

Также можно выделить все элементы одновременным нажатием клавиш (горячие клавиши) **Ctrl + A**.

4 В контекстном меню выбрать **Правка** → **Копировать выделенное** (кнопка  на панели инструментов) (рисунок 2.30).

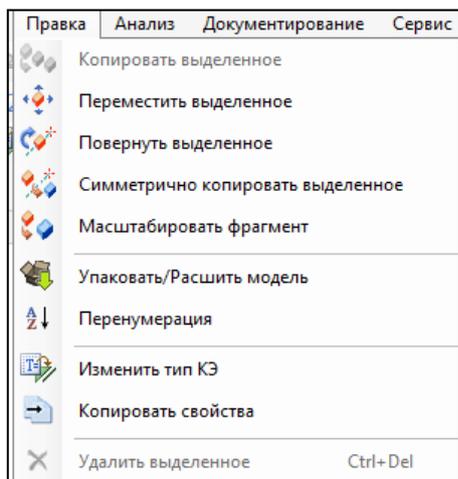


Рисунок 2.30 – Активный режим Копировать выделенное

5 В панели активного режима «Копировать выделенное» раскрыть блок «Использовать точки вставки».

6 В окне активного редактора «Главный вид» курсор мышки подвести к крайней нижней левой точки фронтальной стены на сети построений и подтвердить щелчком левой кнопки мышки **Установить точку 1** (рисунок 2.31).

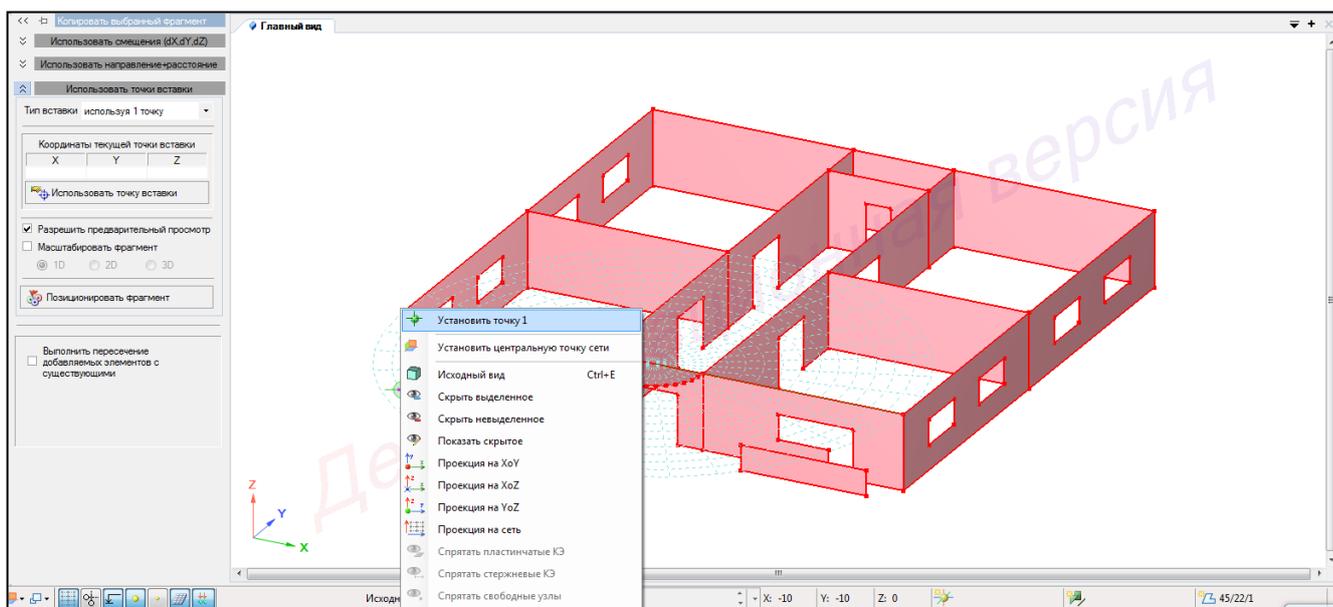


Рисунок 2.31 – Точка вставки

7 Курсор мышки подвести к крайней верхней левой точки фронтальной стены и подтвердить щелчком левой кнопки мышки точку вставки фрагмента схемы (рисунок 2.32)

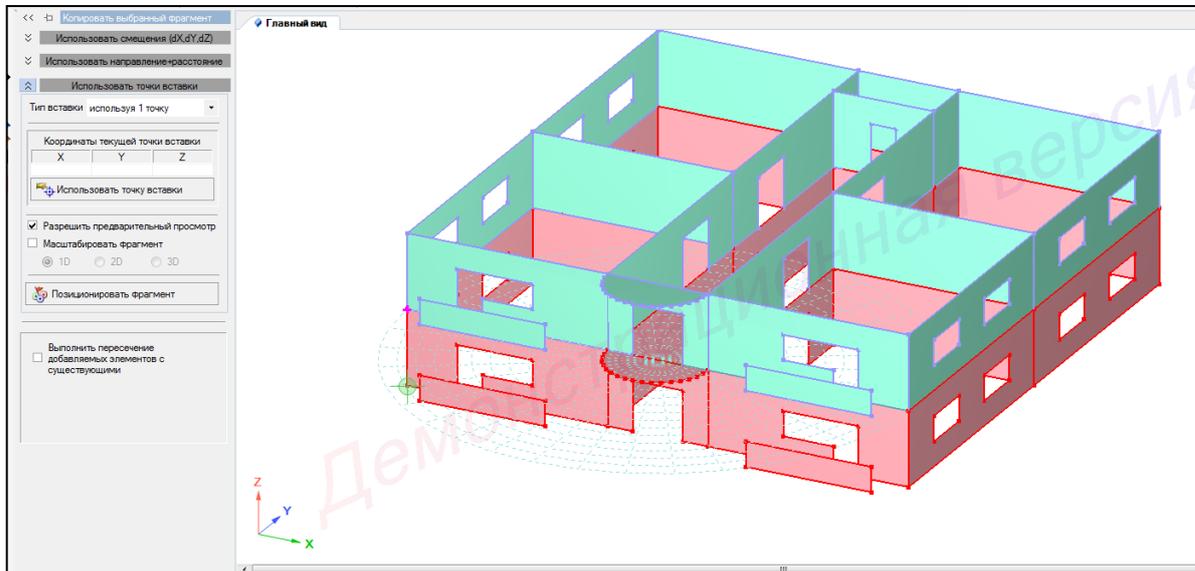


Рисунок 2.32 – Создание второго этажа

8 Правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и выбрать **Показать скрытое** (рисунок 2.33).

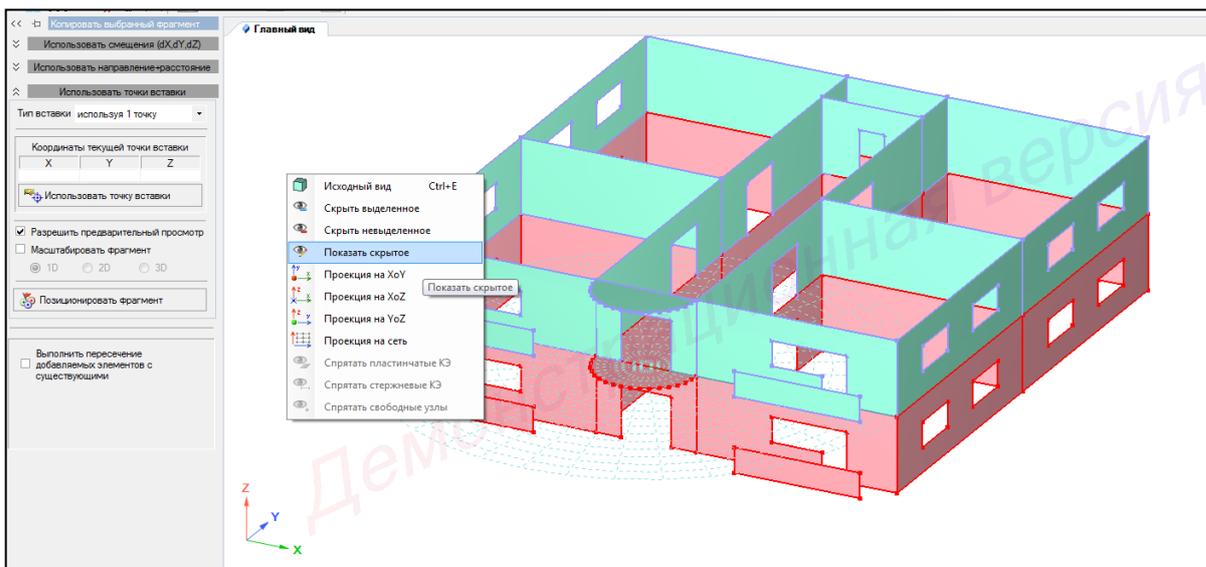


Рисунок 2.33 – Команда Показать скрытое

9 В контекстном меню выбрать «**Выбор** → **Снять выбор со всех узлов и элементов**» (кнопка  на панели инструментов) (рисунок 2.34).

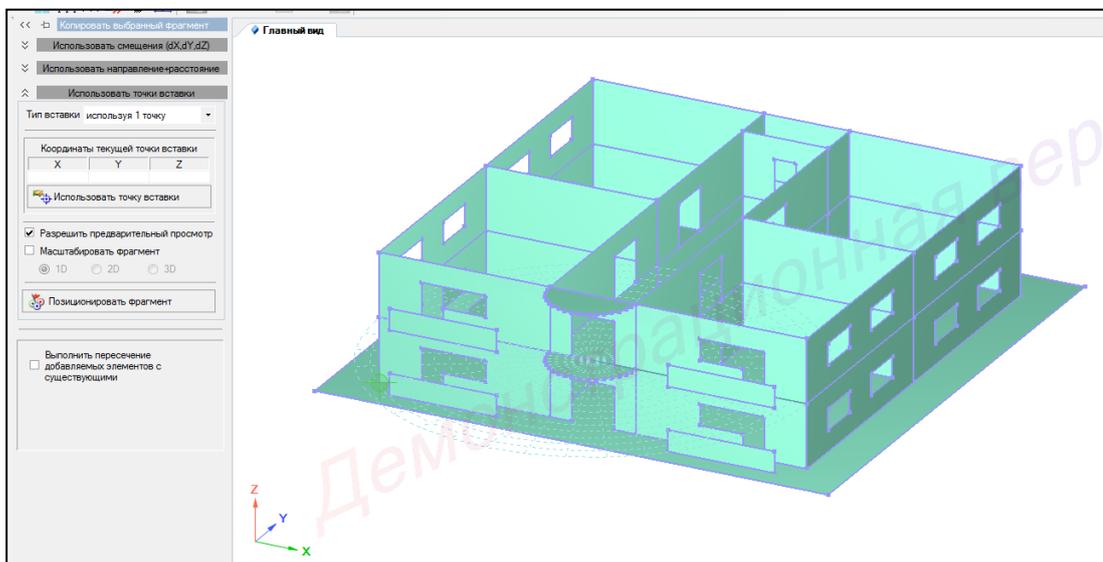


Рисунок 2.33 – Главный вид

10 В контекстном меню выбрать **Схема** → **Архитектурные элементы** (кнопка  на панели инструментов).

11 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Плита**, и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура плиты перекрытия первого этажа (учесть лифтовую шахту), при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.34).

12 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Плита**, и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура плиты перекрытия второго этажа, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.35).

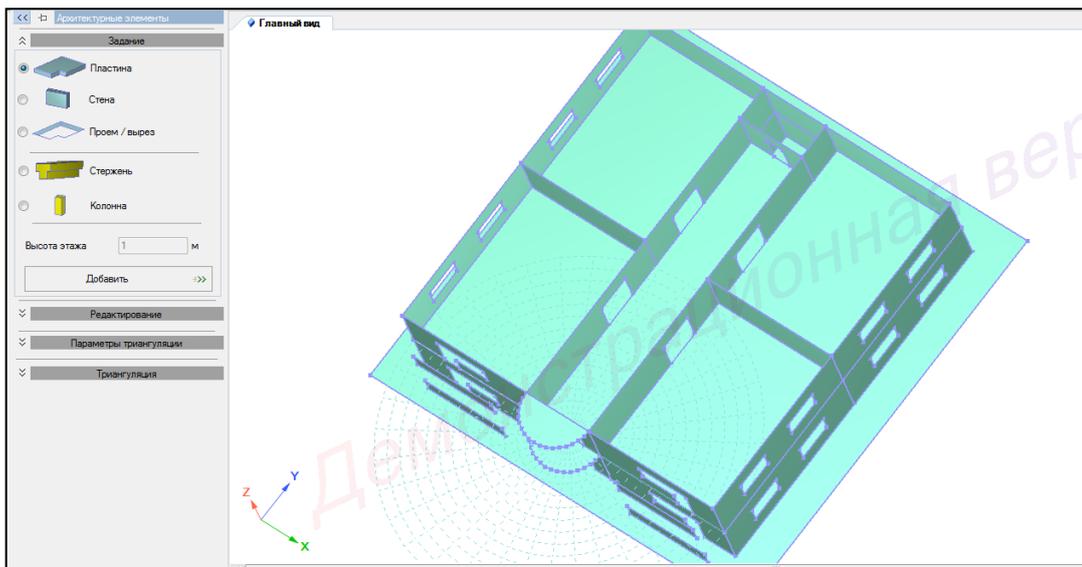


Рисунок 2.34 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование плиты перекрытия первого этажа)

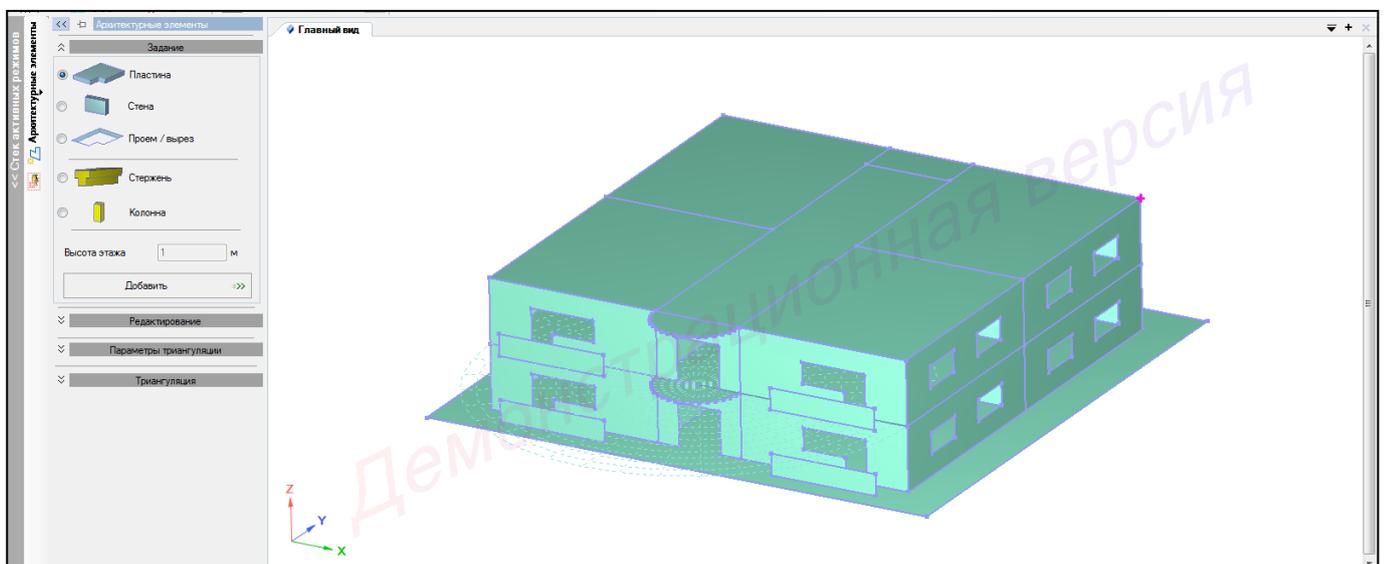


Рисунок 2.35 – Главный вид

13 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Стена**, высота этажа – **0.5 м** и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура верхней плиты перекрытия второго этажа, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.36).

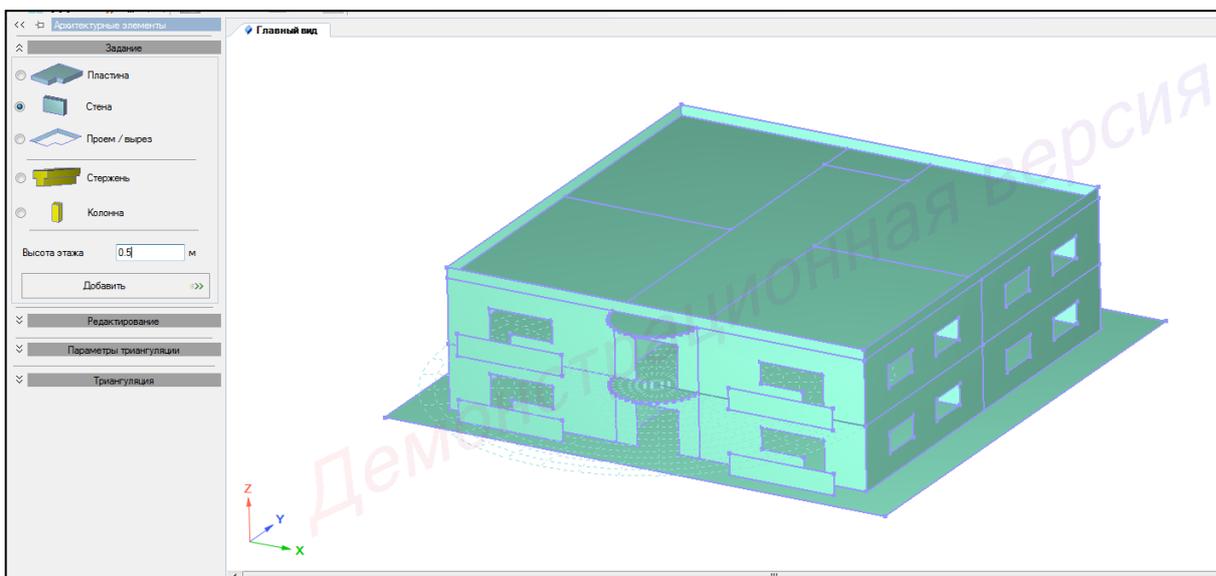


Рисунок 2.36 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование оградительных бортиков)

2.3.8 Создание стен и плит балконов второго этажа

1 Настроить координационную сеть (рисунок 2.37):

- сеть построения – **квадратная**;
- шаг – **1 м**;
- количество – **30**;
- угол – **0**;
- плоскость – **ХОУ**.

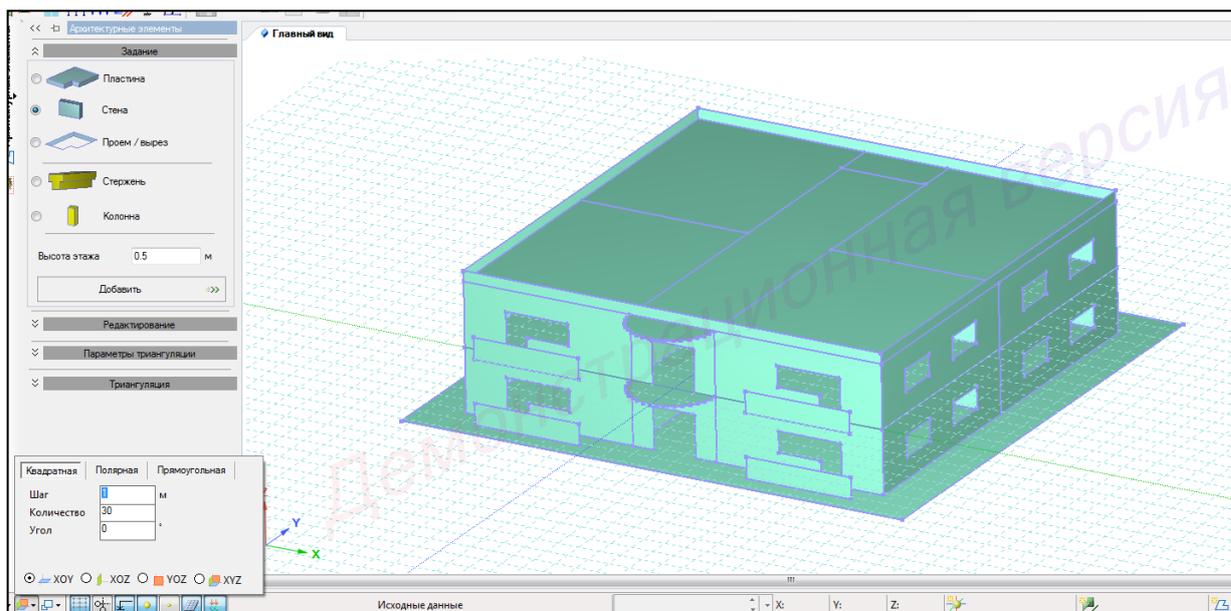


Рисунок 2.37 – Настройка координационной сети построения

2 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура плиты (нижняя плита балкона – 1x5), при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.38).

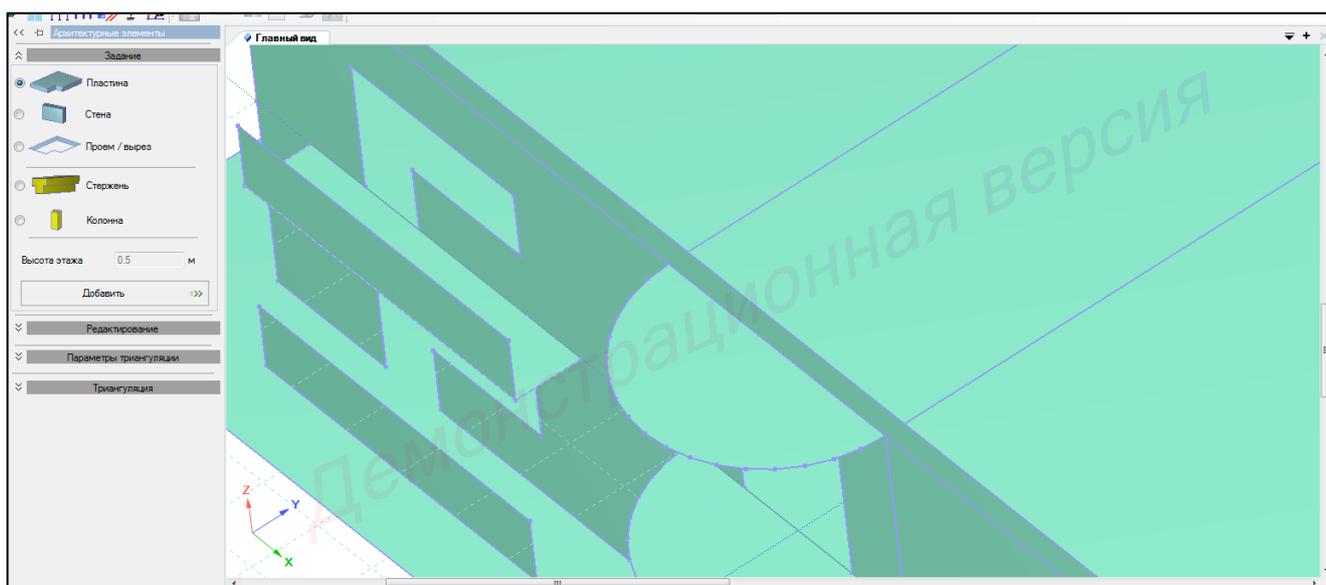


Рисунок 2.38 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование нижней плиты левого балкона)

3 Аналогичные действия повторить для правого балкона (рисунок 2.39).

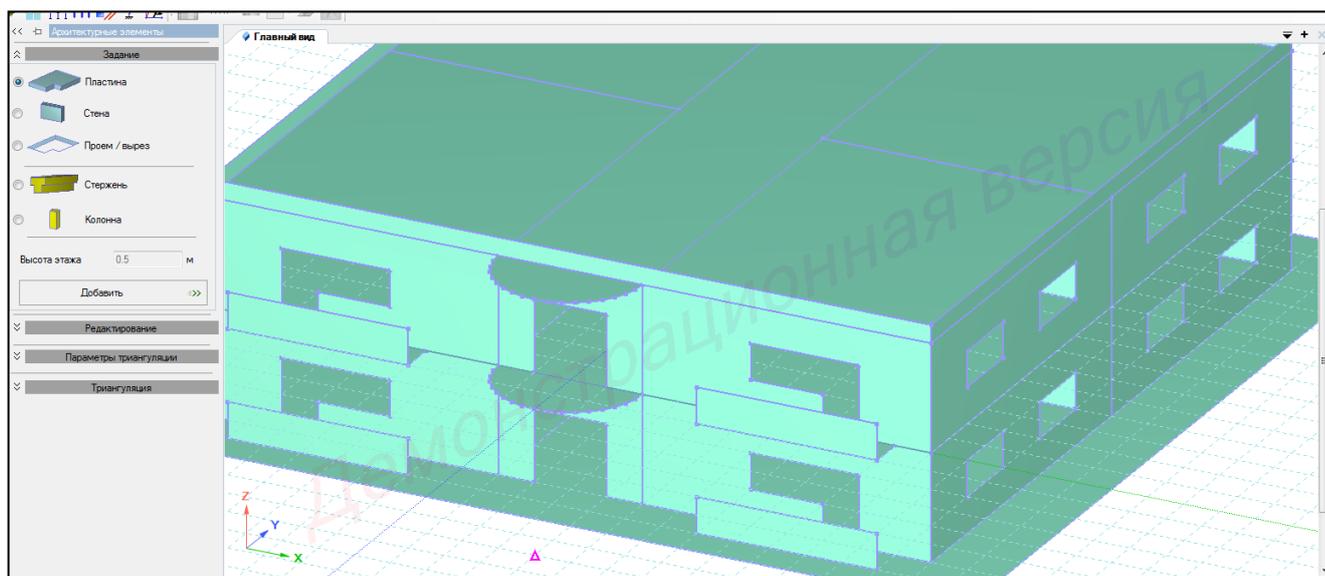


Рисунок 2.39 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование нижней плиты правого балкона)

4 Навести курсор на центр фронтальной стены второго этажа (верхняя точка), правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 2.40).

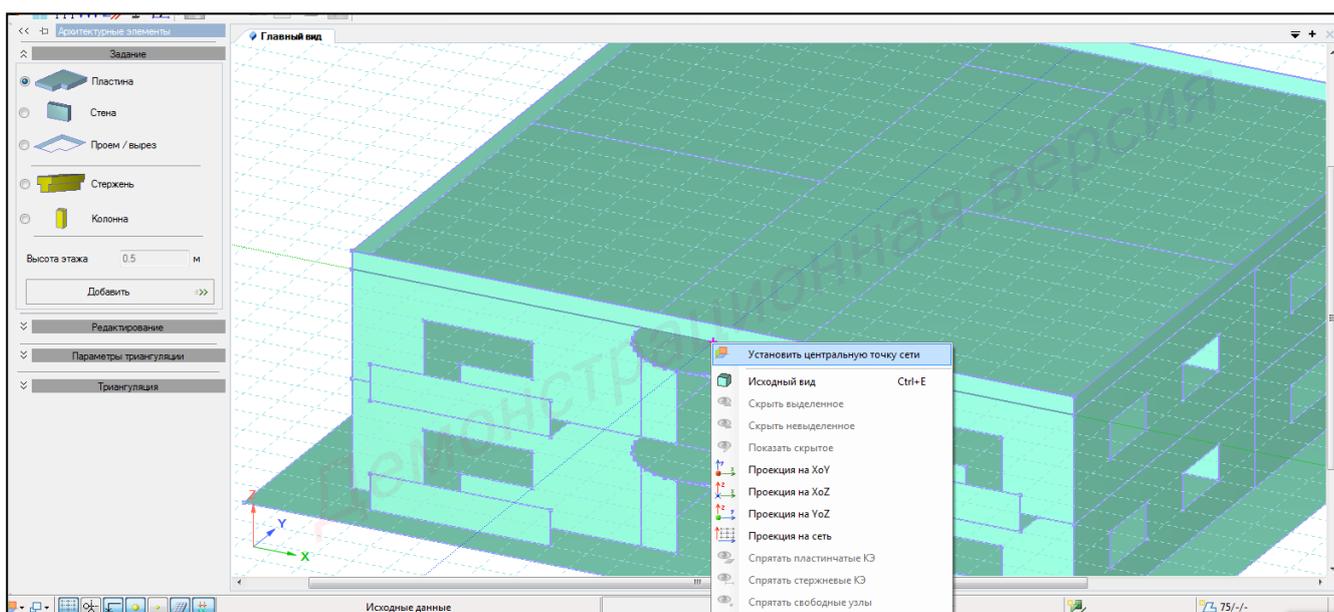


Рисунок 2.40 – Установка центральной точки сети

5 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура плиты (верхняя плита балкона – 1x5), при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.41).

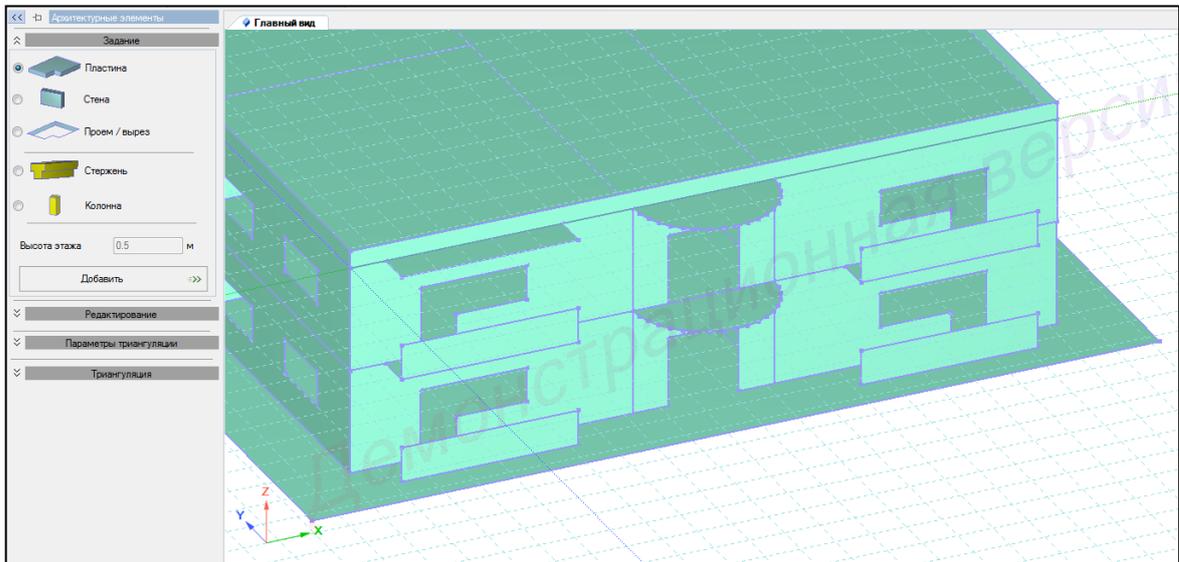


Рисунок 2.41 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование верхней плиты левого балкона)

6 Аналогичные действия повторить для правого балкона (рисунок 2.42).

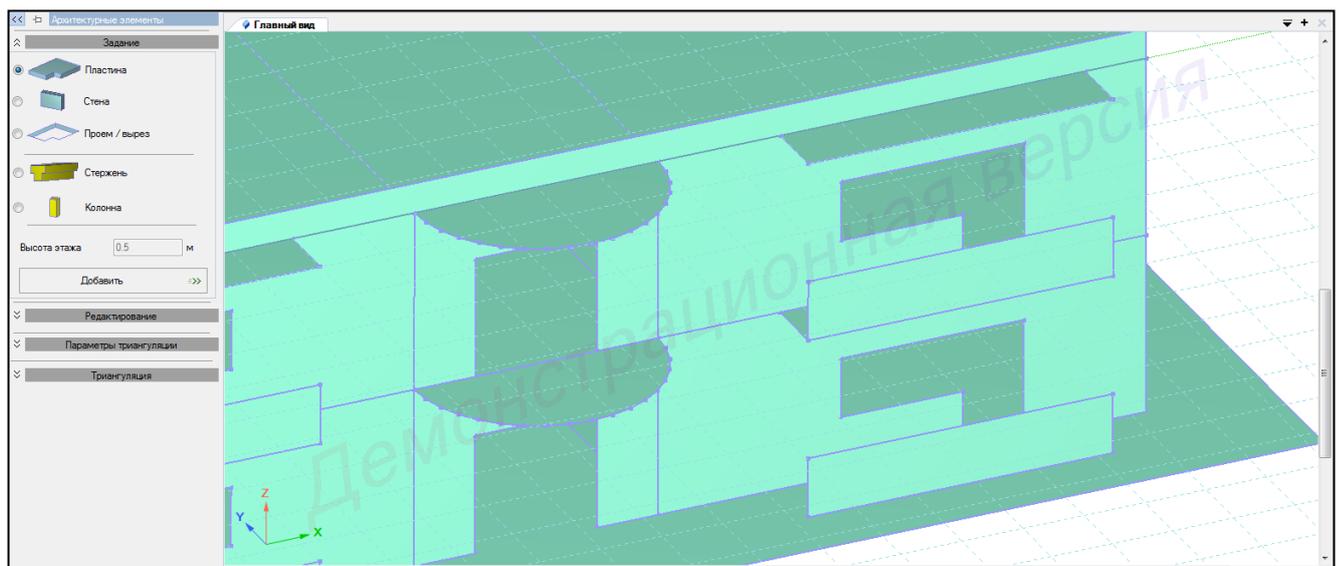


Рисунок 2.42 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование верхней плиты правого балкона)

7 Навести курсор в крайнюю нижнюю левую точку фронтальной стены первого этажа, правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 2.43).

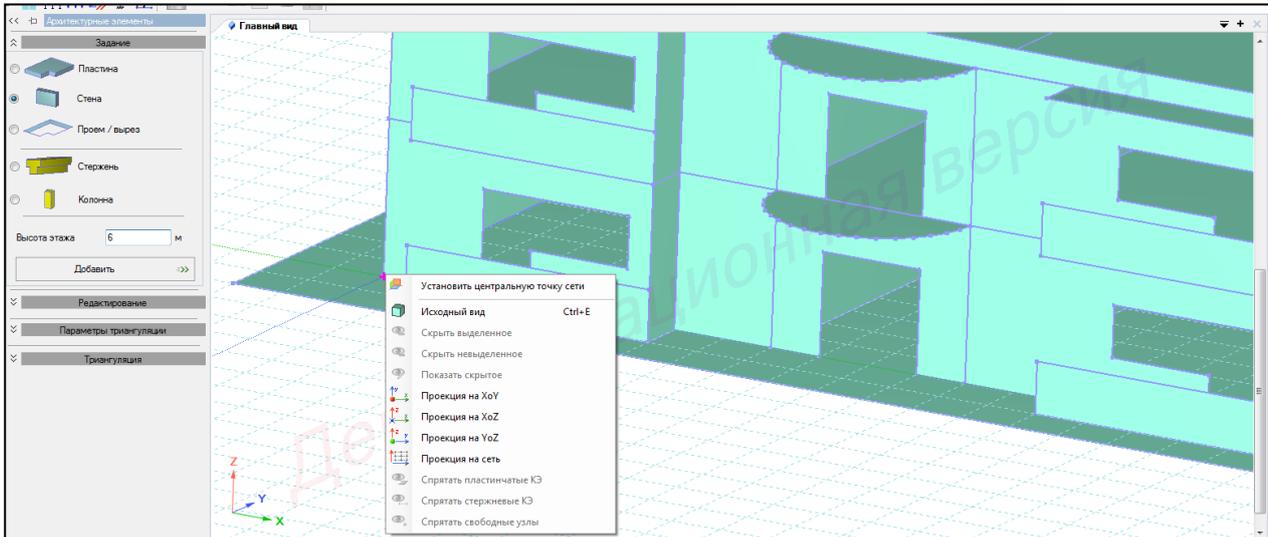


Рисунок 2.43 – Центральная точка сети

8 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Стена**, высота этажа – **6 м** и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки установки стен левых балконов (рисунок 2.44).

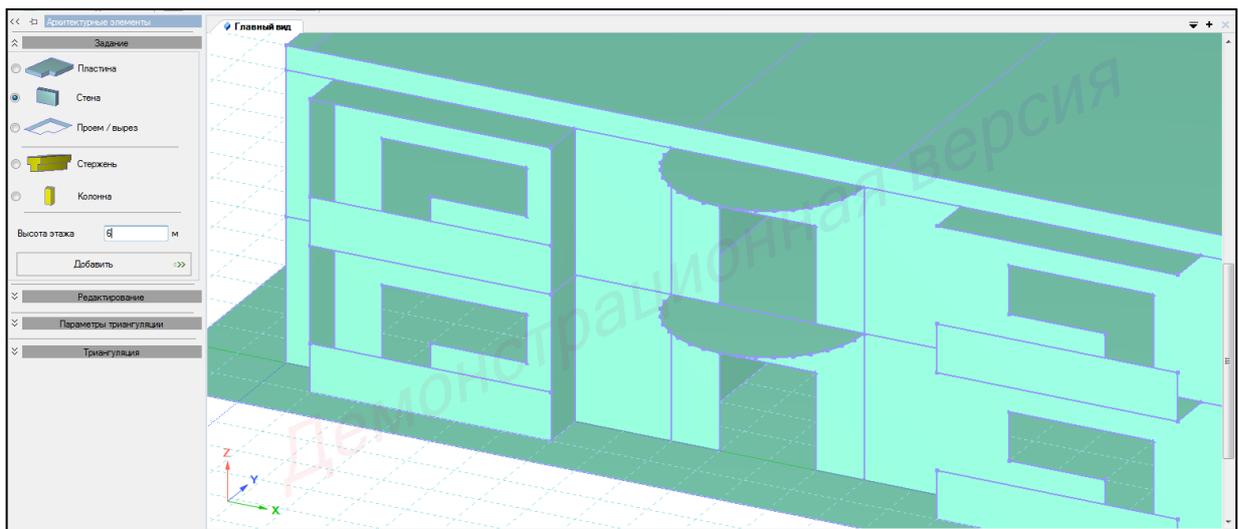


Рисунок 2.44 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование стен левых балконов)

9 Аналогичные действия повторить для правого балкона (рисунок 2.45).

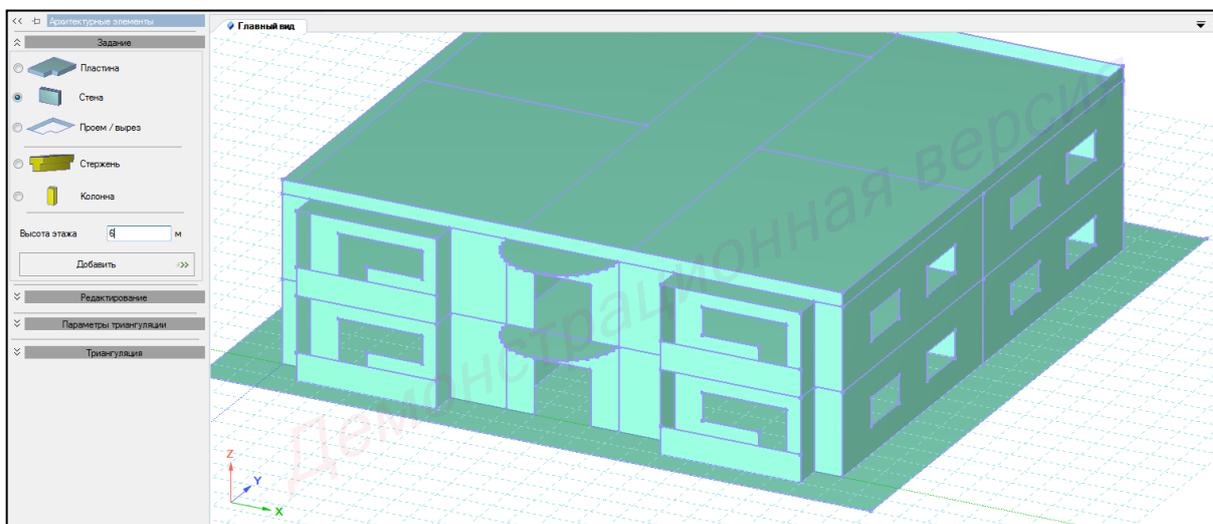


Рисунок 2.45 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование стен правых балконов)

10 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки контура плиты на стенах балконов (верхняя плита балкона – 1x5), при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 2.46).

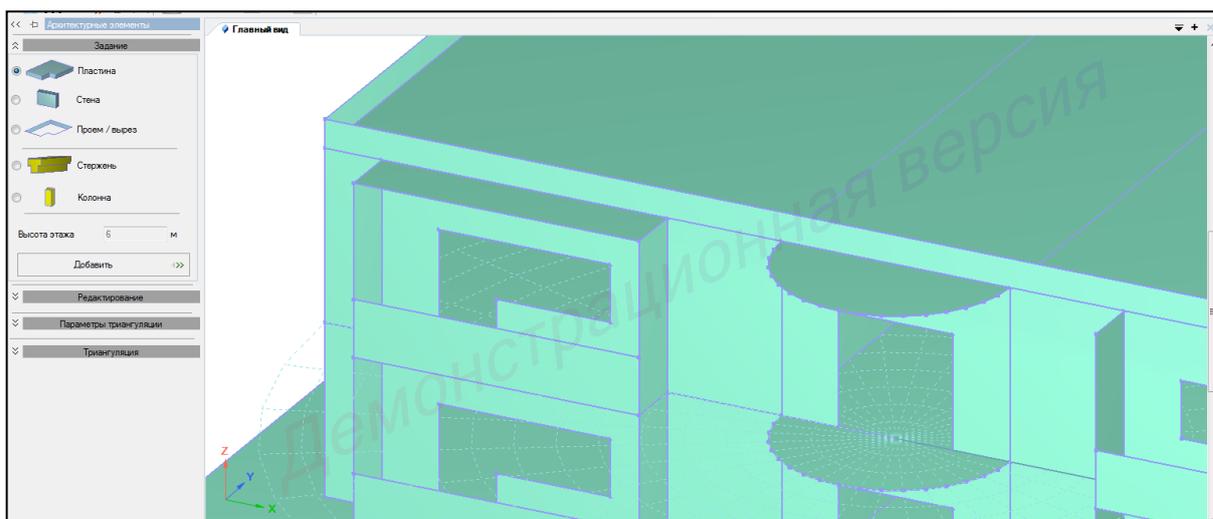


Рисунок 2.46 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование левых балконных плит)

11 Аналогичные действия повторить на правом балконе (рисунок 2.47)

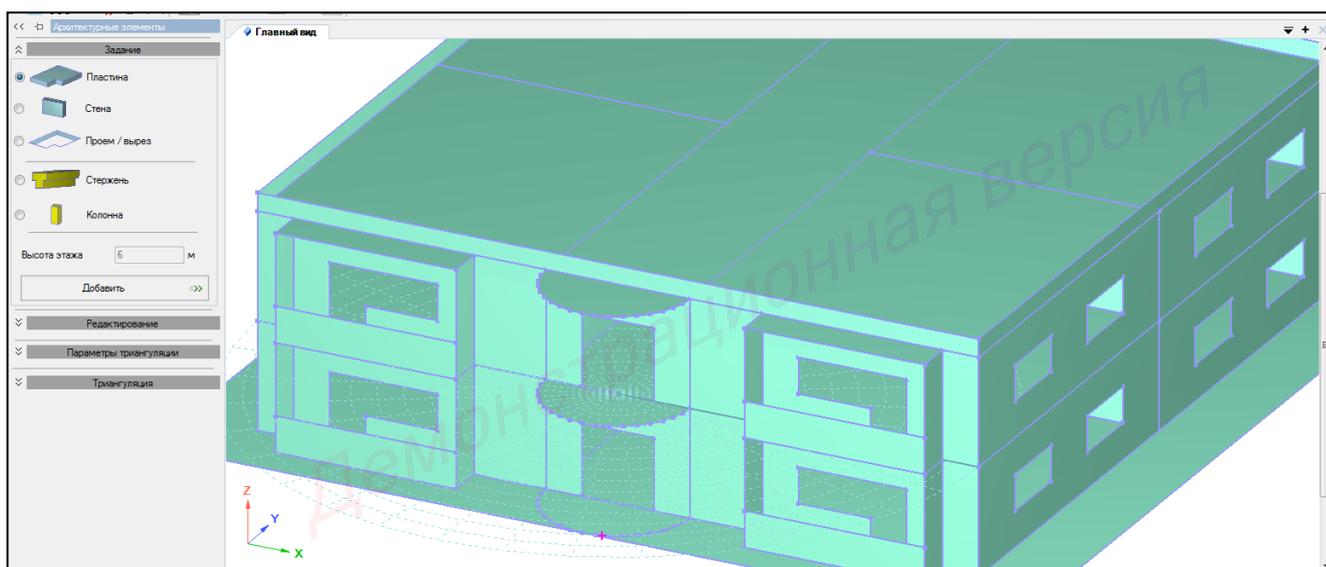


Рисунок 2.47 – Панель активного режима Архитектурные элементы
(моделирование правых балконных плит)

2.3.7 Создание колонн центрального балкона

1 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Колонна**, высота этажа – **3 м** и, наведя курсор мыши, щелчком указать точки установки колонн на контуре пола центрального балкона (рисунок 2.48).

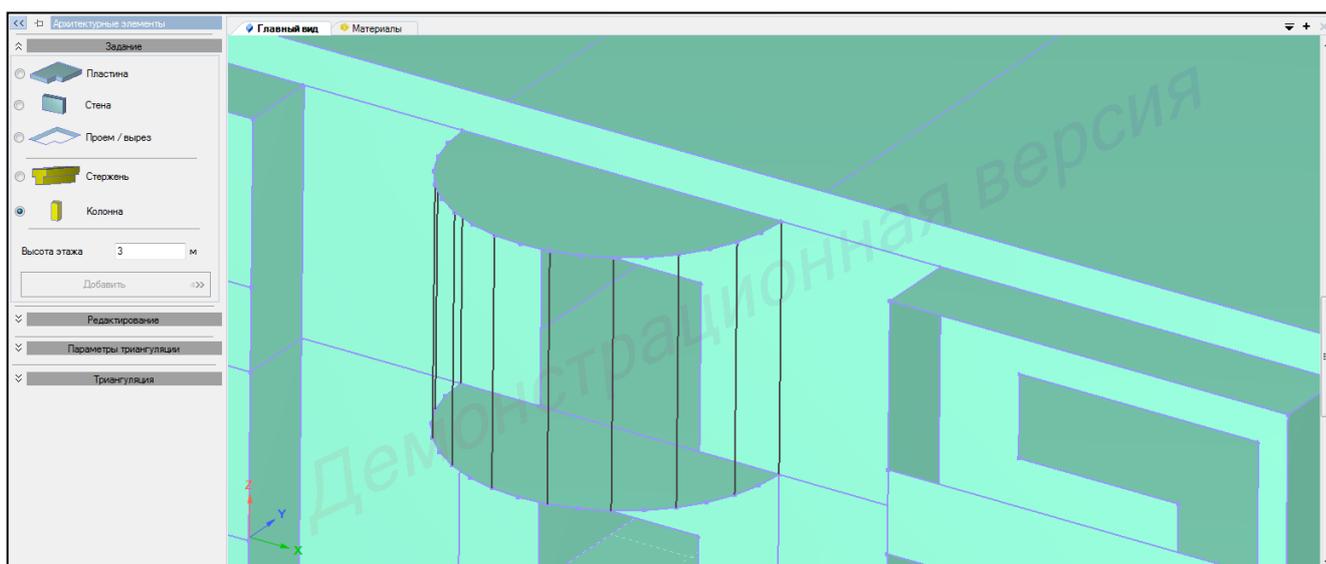


Рисунок 2.48 – Панель активного режима Архитектурные элементы
(моделирование металлических колонн)

2.4 Задание материала

Для задания материала элементам конструкции необходимо выполнить последовательно действия:

1 В контекстном меню выбрать **Редактор** → **Редактор материалов** (кнопка  на панели инструментов).

2 В панели активного редактора **Редактор материалов** из категорий материалов **Материал из базы данных** выбрать **Бетон из базы данных** → **СП 63.13330** (рисунок 2.49).

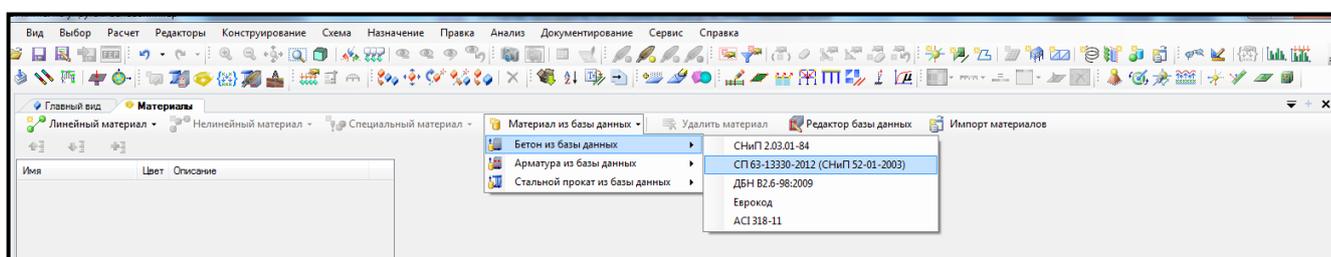


Рисунок 2.49 – Панель активного редактора Редактор материалов

3 В панели активного редактора задать параметры материала:

– в поле **Тип бетона** в выпадающем списке выбрать **Тяжелый бетон**;

– в поле **Имя таблицы** в выпадающем списке выбрать **Тяжелый**;

– в поле **Класс бетона по прочности** в выпадающем списке выбрать **В30** (рисунок 2.50).

4 В панели активного редактора **Редактор материалов** из категорий материалов **Материал из базы данных** выбрать **Стальной прокат из базы данных** → **СП 16.13330.2011** (рисунок 2.51).

5 В панели активного редактора задать параметры материала:

– в поле **Имя таблицы** в выпадающем списке выбрать **27772-88**;

– в поле **Марка стали** в выпадающем списке выбрать **С235** (рисунок 2.52).

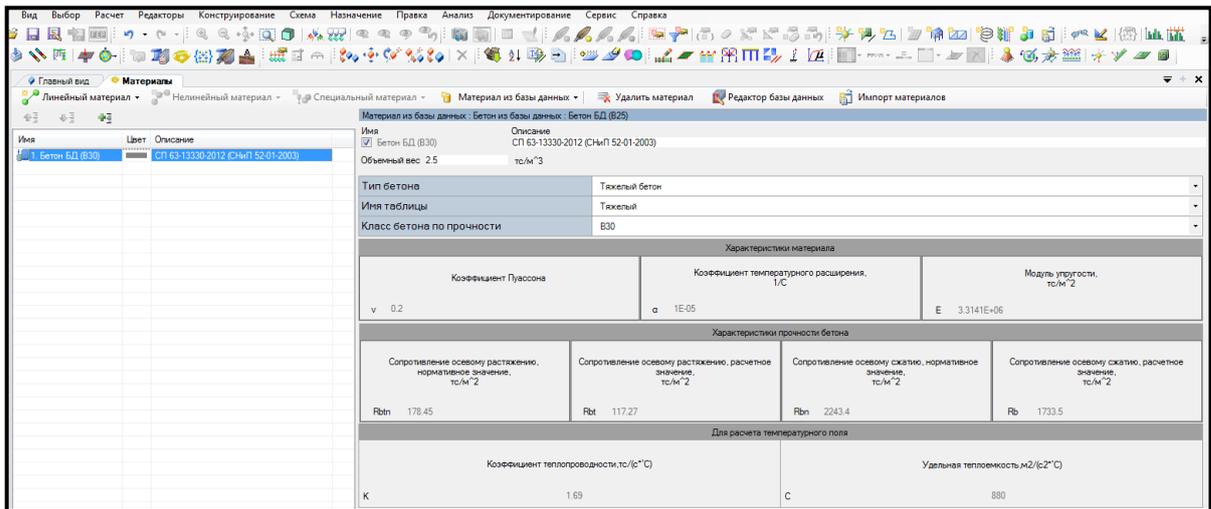


Рисунок 2.50 – Панель активного редактора Редактор материалов (параметры материала – бетон)

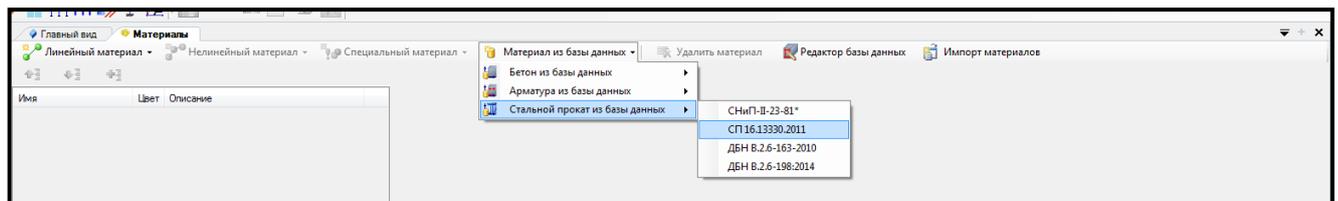


Рисунок 2.51 – Панель активного редактора Редактор материалов

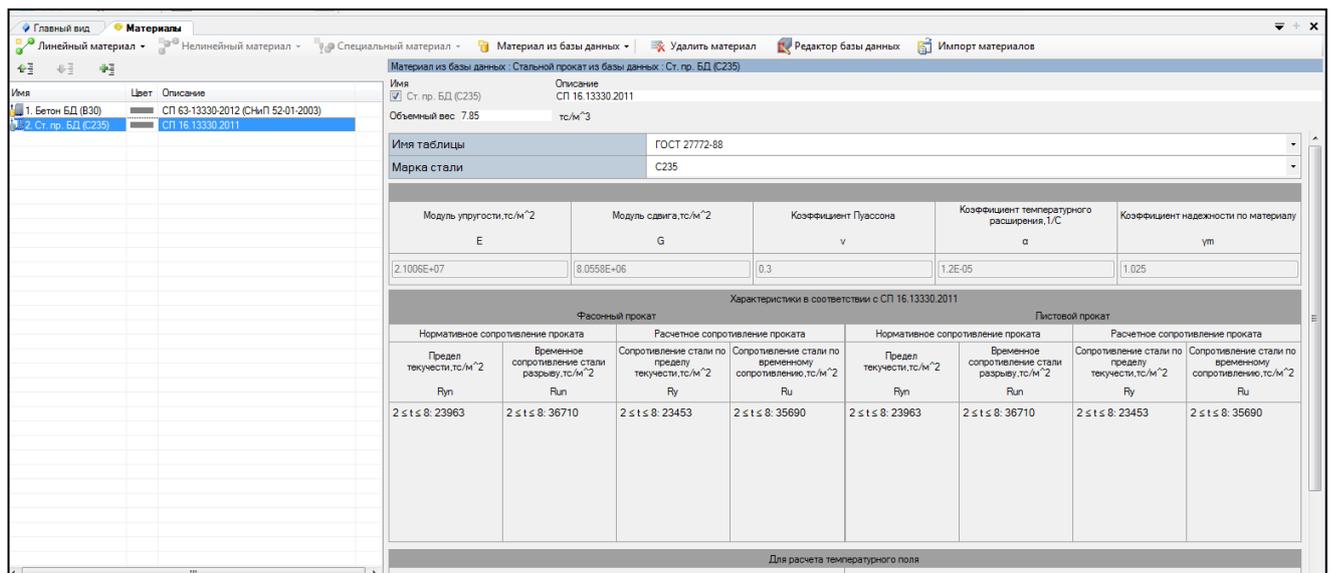


Рисунок 2.52 – Панель активного редактора Редактор материалов (параметры материала – металл)

2.5 Задание сечений

Для задания сечений необходимо в контекстном меню выбрать **Редактор** → **Редактор сечений/жесткостей** (кнопка  на панели инструментов).

Для задания сечения **фундаментной плите** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В панели активного режима **Редактор сечений/жесткостей** из категории сечений **Сечения плит** выбрать **Пластина**.

2 В панели активного редактора задать параметры сечения:

- в поле **Описание** вписать **Фундаментная плита**;
- задать толщину плиты $h=30$ см
- радио-кнопкой указать **Без учета армирования** (рисунок 2.53).

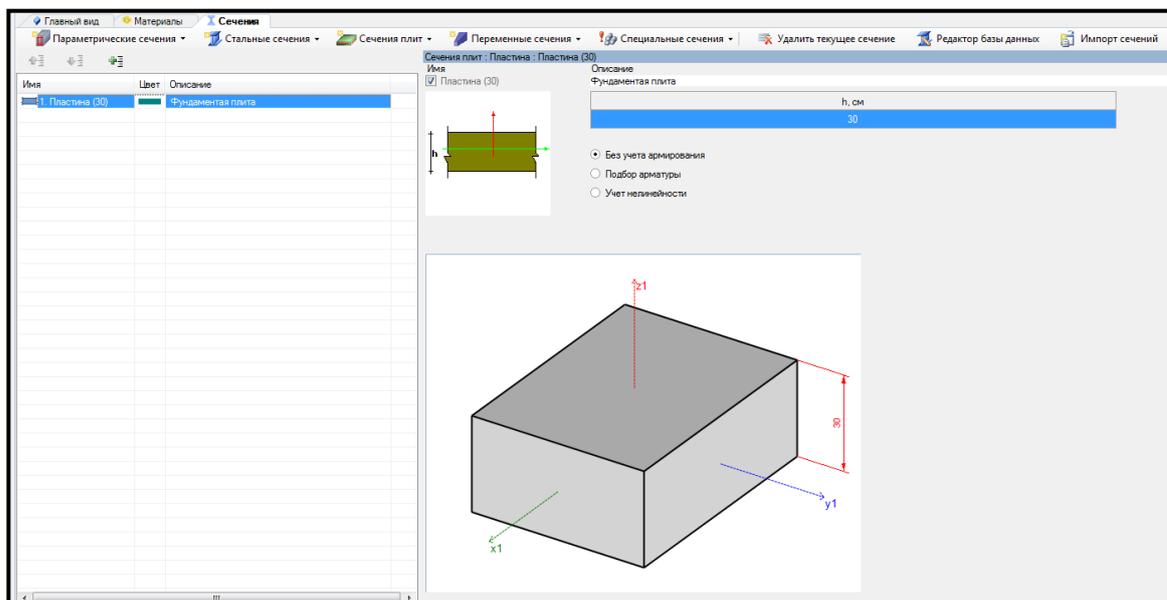


Рисунок 2.53 – Панель активного редактора Редактор сечений/жесткостей (фундаментная плита)

Для задания сечения плитам перекрытия и стенам необходимо выполнить последовательно действия:

- 1 Скопировать строку с текущим сечением с помощью кнопки ..
- 2 В панели активного редактора задать параметры сечения:
 - в поле **Описание** вписать **Плиты перекрытия, стены**;
 - задать толщину плиты $h=10$ см
 - радио-кнопкой указать **Без учета армирования** (рисунок 2.54).

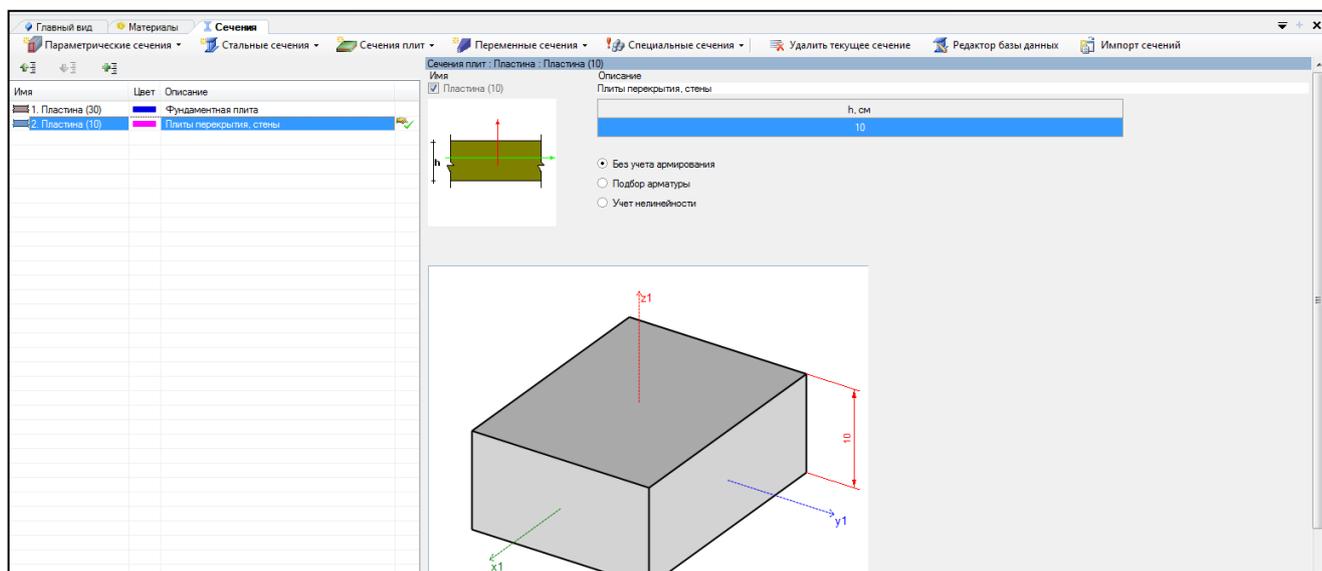


Рисунок 2.54 – Панель активного редактора Редактор сечений/жесткостей (плиты перекрытия, стены)

Для задания сечений **колоннам** необходимо выполнить последовательно действия:

- 1 В панели активного режима **Редактор сечений/жесткостей** из категории сечений **Стальные сечения** выбрать **Прокатные сечения** → **Круг прокатный** (рисунок 2.55).

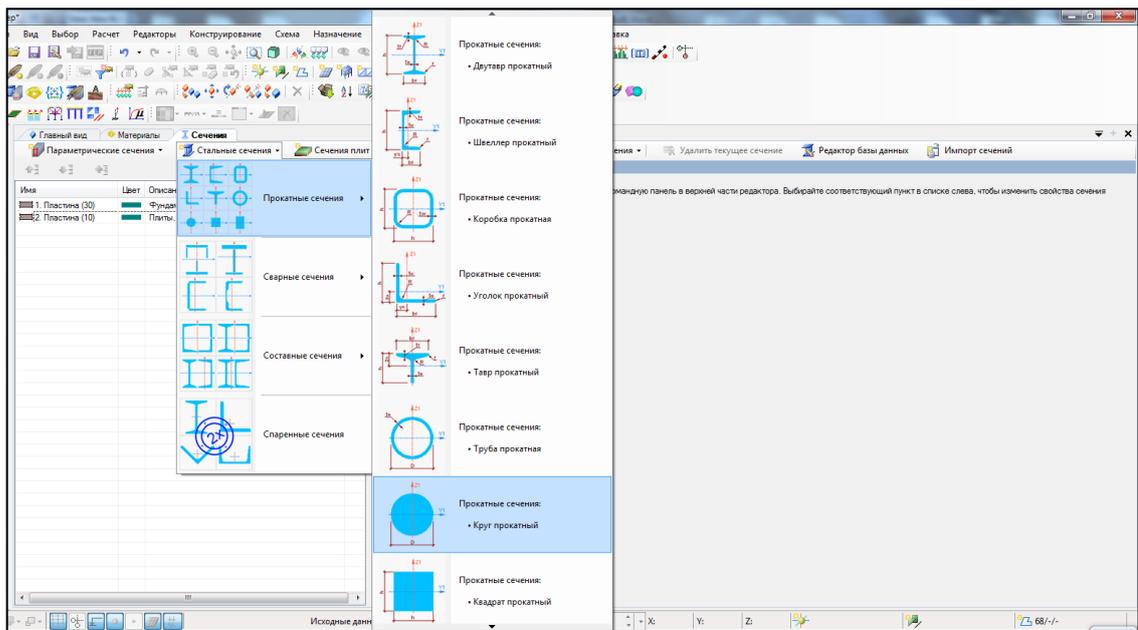


Рисунок 2.55 – Панель активного редактора Редактор сечений/жесткостей (стальные сечения)

2 В панели активного редактора задать параметры сечения:

- в поле **Описание** вписать **Колонны**;
- в поле **Профиль** в выпадающем списке выбрать **40** (рисунок 2.56).

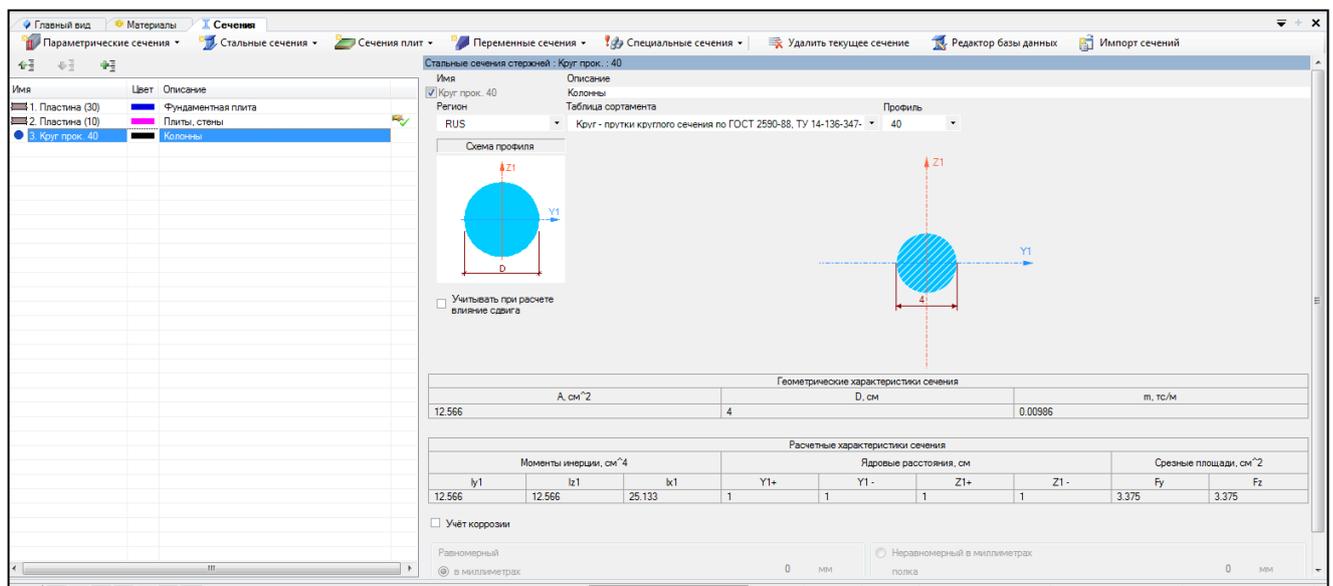


Рисунок 2.56 – Панель активного редактора Редактор сечений/жесткостей (колонны)

Для **изменения цвета** сечений необходимо выполнить последовательно действия:

1 Сделать его активным в списке сечений и щелкнуть левой кнопкой мышки по столбцу **Цвет**.

2 Выбрать необходимый цвет и нажать на кнопку **Применить цвет** (рисунок 2.57).

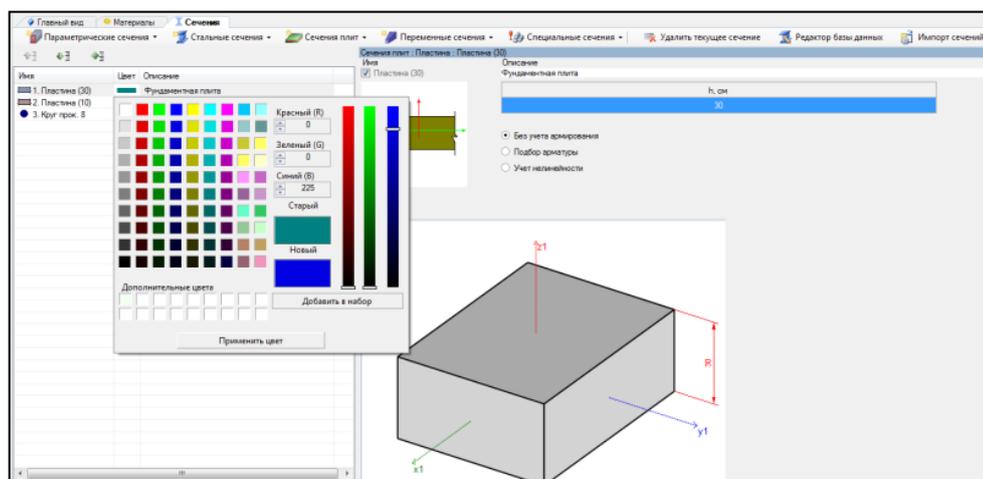


Рисунок 2.57 – Назначение цвета сечению

Для **задания сечения стенам балконов** необходимо выполнить последовательно действия:

1 Скопировать строку с сечением **2. Плита (10)** с помощью кнопки 

2 В панели активного редактора задать параметры сечения:

– в поле **Описание** вписать **Стены балконов**.

Остальные параметры по умолчанию.

3 Щелкнуть левой кнопкой мышки по столбцу **Цвет**. Выбрать необходимый цвет и нажать на кнопку **Применить цвет** (рисунок 2.58).

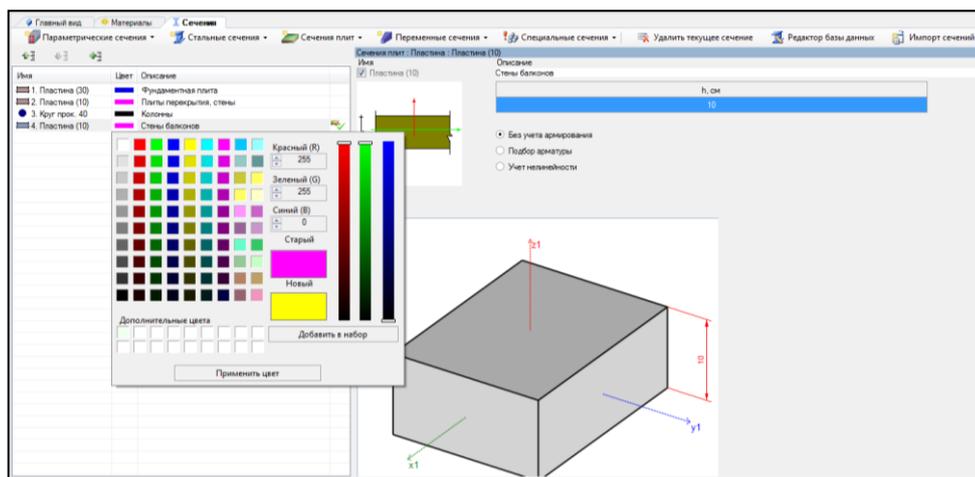


Рисунок 2.58 – Панель активного редактора «Редактор сечений/жесткостей»
(стены балконов)

Для задания сечения плитам балконов необходимо выполнить последовательно действия:

1 Скопировать строку с текущим сечением с помощью кнопки 

2 В панели активного редактора задать параметры сечения:

– в поле **Описание** вписать **Плиты балконов**.

Остальные параметры по умолчанию.

3 Щелкнуть левой кнопкой мышки по столбцу **Цвет**. Выбрать необходимый цвет и нажать на кнопку **Применить** цвет (рисунок 2.59).

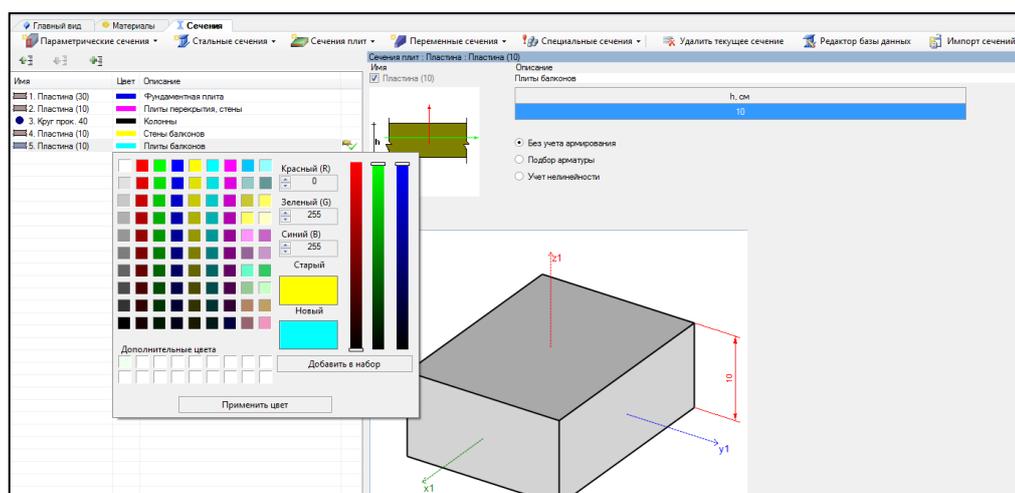


Рисунок 2.59 – Панель активного редактора «Редактор сечений/жесткостей»
(плиты балконов)

2.6 Назначение сечений, материалов и параметров конструирования элементам расчетной схемы

Для назначения сечений, материалов и параметров конструирования элементам расчетной схемы необходимо выполнить последовательно действия:

1 В контекстном меню выбрать **Конструирование** → **Назначить сечение, материал и параметры конструирования** (кнопка  на панели инструментов).

2 В панели активного режима **Назначить жесткость** в блоке **Параметры назначения** задать радио-кнопкой **Использовать сечение и материал**.

Для задания конструирования **фундаментной плите** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В поле **Доступные сечения** в выпадающем списке выбрать **1. Пластина (30). Фундаментная плита**.

2 В поле **Доступные материалы** в выпадающем списке выбрать **Бетон БД (В30)**.

1 В контекстном меню выбрать «**Выбор** → **Выбрать объекты**» (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки справа налево касанием выделить фундаментную плиту.

2 Щелкнуть по кнопке **Назначить** (рисунок 2.60).

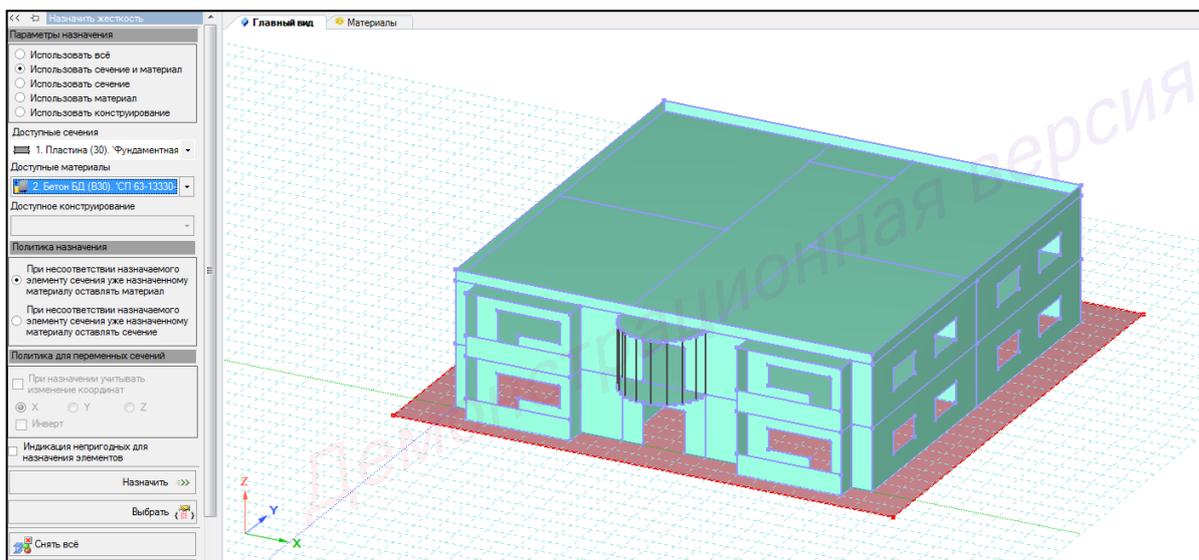


Рисунок 2.60 – Панель активного режима «Назначить жесткость»
(фундаментная плита)

Для задания конструирования **Плитам перекрытия и стенам** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В поле **Доступные сечения** в выпадающем списке выбрать **2. Пластина (10). Плиты, стены.**

2 В поле **Доступные материалы** в выпадающем списке выбрать **Бетон БД (В30).**

3 Правой кнопкой мышки вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и задать **Проекция на ХоУ** (рисунок 2.61).

4 В контекстном меню выбрать **Выбор → Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки справа налево касанием выделить фундаментную плиту, стены, плиты, колонны балконов (рисунок 2.62).

5 Правой кнопкой мышки вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и задать **Скрыть выделенное** (рисунок 2.63).

6 В контекстном меню выбрать **Выбор → Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить все элементы главного вида.

Также выделить все элементы можно одновременным нажатием клавиш (горячие клавиши) **Ctrl + A**.

7 Щелкнуть по кнопке **Назначить** (рисунок 2.64).

8 Правой кнопкой мышки вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и задать **Показать скрытое**.

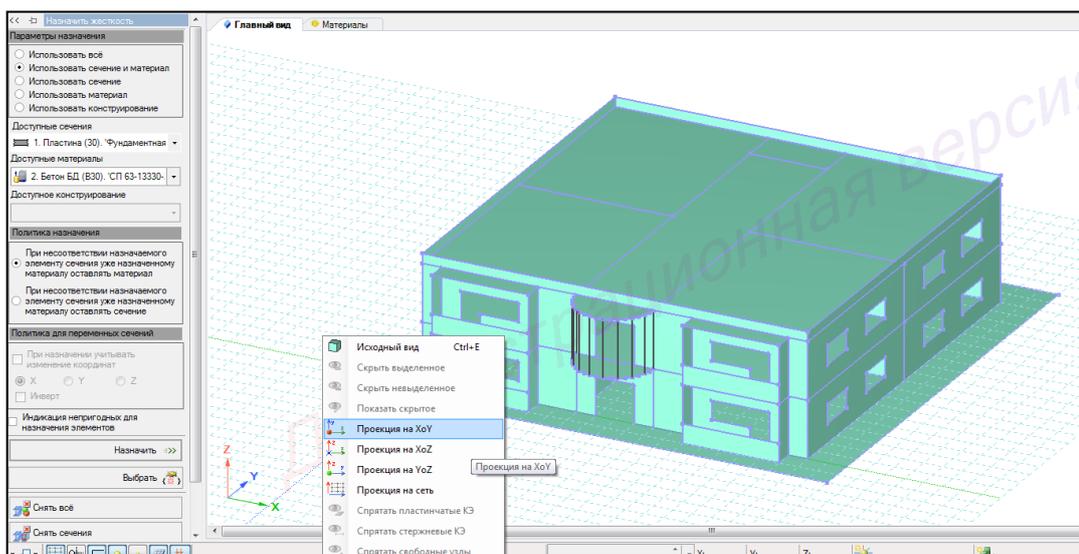


Рисунок 2.61 – Настройка проекции главного вида

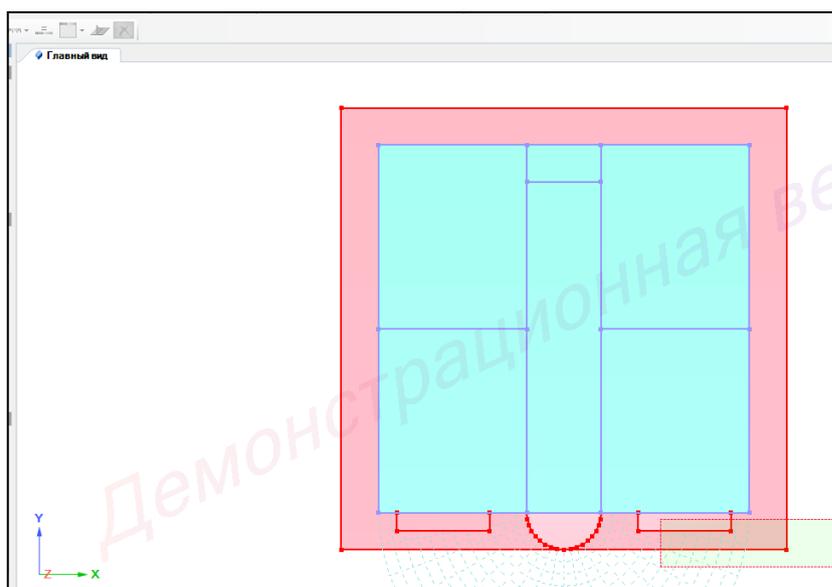


Рисунок 2.62 – Выделение фундаментной плиты, стен, плит, колонн балконов

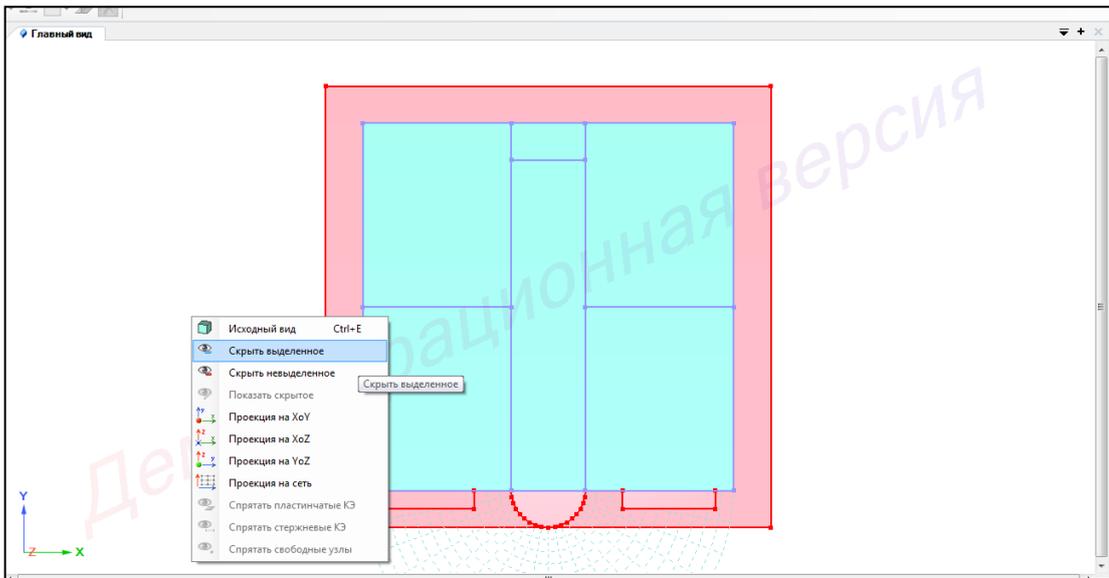


Рисунок 2.63 – Команда Скрыть выделенное

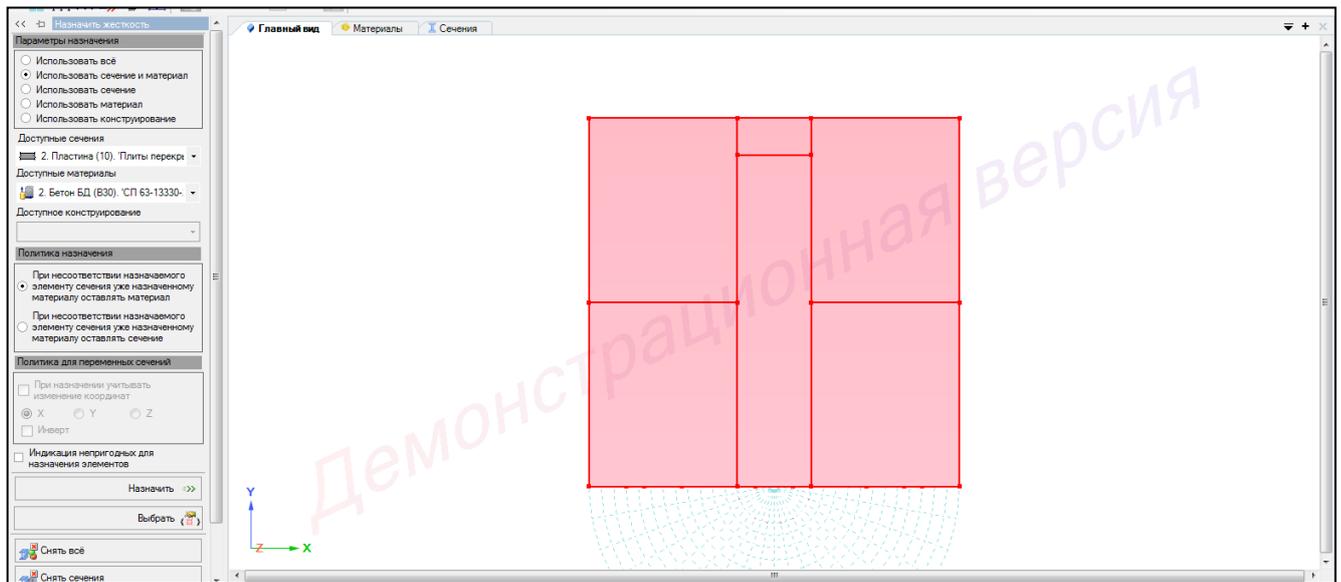


Рисунок 2.64 – Панель активного режима Назначить жесткость
(плиты перекрытия, стены)

Для задания конструирования **Плитам балконов** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В поле **Доступные сечения** в выпадающем списке выбрать **2. Пластина (10). Плиты балконов.**

2 В поле **Доступные материалы** в выпадающем списке выбрать **Бетон БД (В30).**

3 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки справа налево касанием выделить плиты балконов (рисунок 2.65).

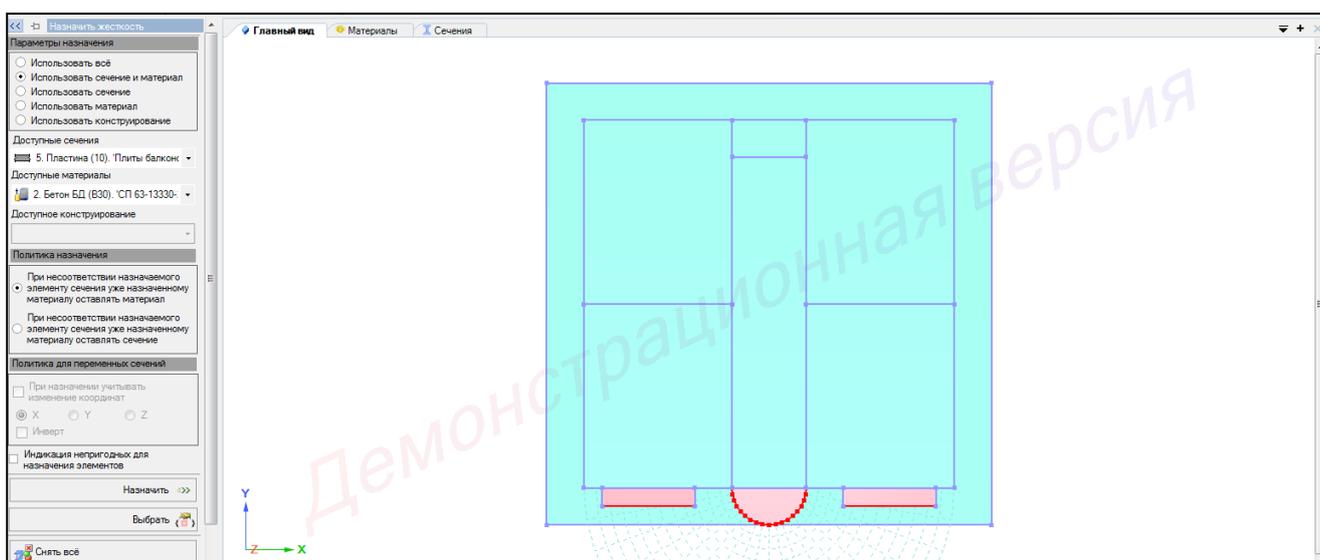


Рисунок 2.65 – Панель активного режима Назначить жесткость (плиты балконов)

Для задания конструирования **Стенам балконов** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В поле **Доступные сечения** в выпадающем списке выбрать **2. Пластина (10). Стены балконов.**

2 В поле **Доступные материалы** в выпадающем списке выбрать **Бетон БД (В30)**.

3 Правой кнопкой мышки вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и задать **Проекция на YoZ** (рисунок 2.66).

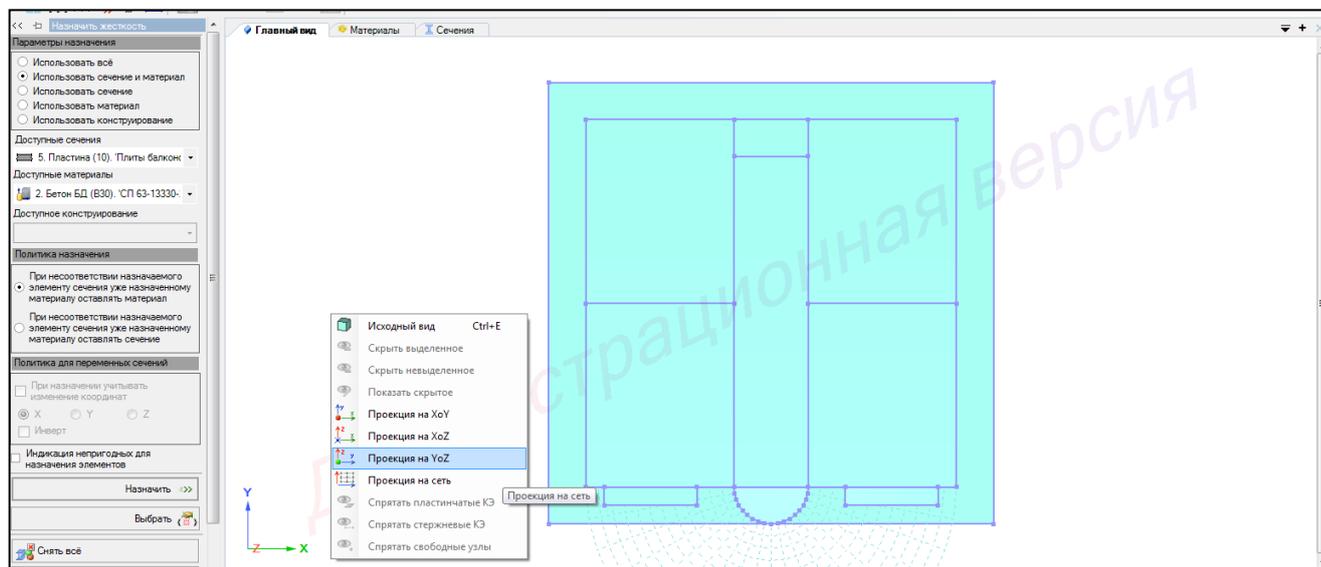


Рисунок 2.66 – Настройка проекции главного вида (проекция YoZ)

4 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки справа налево касанием выделить балконные стены, (рисунок 2.67).

5 Щелкнуть по кнопке **Назначить**.

6 Правой кнопкой мышки вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и задать **Исходный вид**.

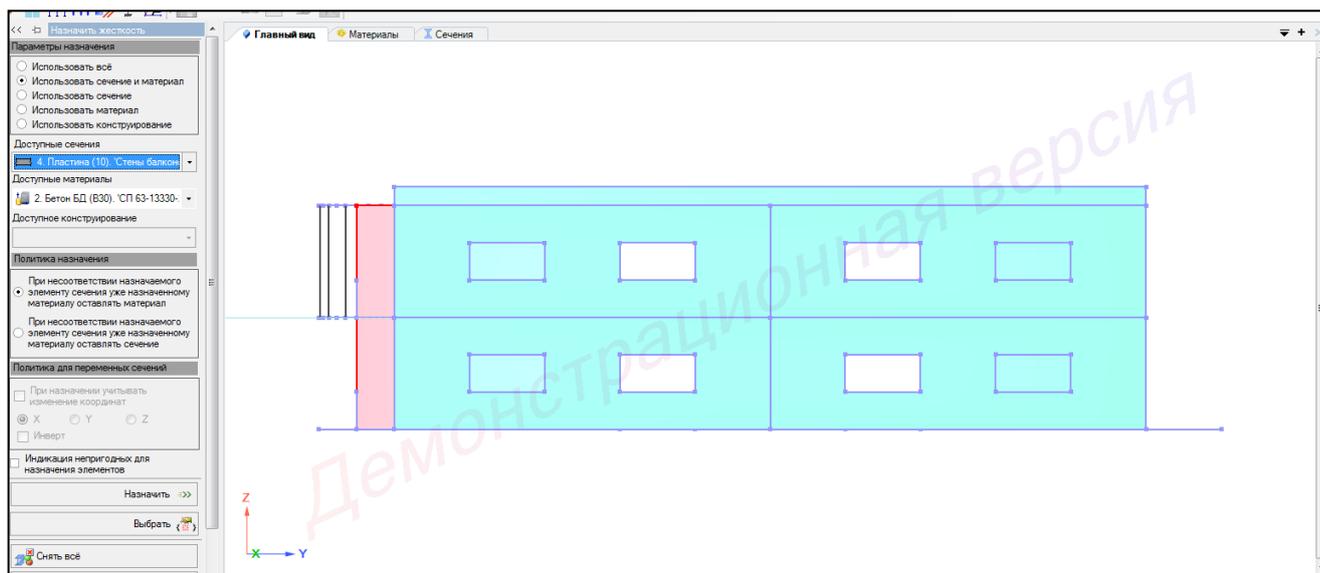


Рисунок 2.67 – Панель активного режима Назначить жесткость
(балконные стены)

Для задания конструирования **Колоннам** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В поле **Доступные сечения** в выпадающем списке выбрать **3. Круг прок. 40. Колонны**.

2 В поле **Доступные материалы** в выпадающем списке выбрать **Ст. пр. БД (С235). «СП 16.13330.2011»**.

3 Одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**. Снять отметку с **Пластинчатые, Объемные** (рисунок 2.68).

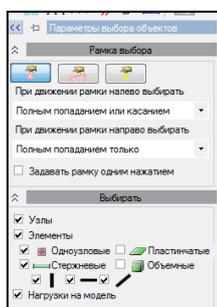


Рисунок 2.68 – Панель активного режима Параметры выбора объектов



4 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить колонны.

Также выделить все элементы можно одновременным нажатием клавиш (горячие клавиши) **Ctrl + A**.

5 Щелкнуть по кнопке **Назначить** (рисунок 2.69).

6 Правой кнопкой мышки вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и задать **Исходный вид** (рисунок 2.70).

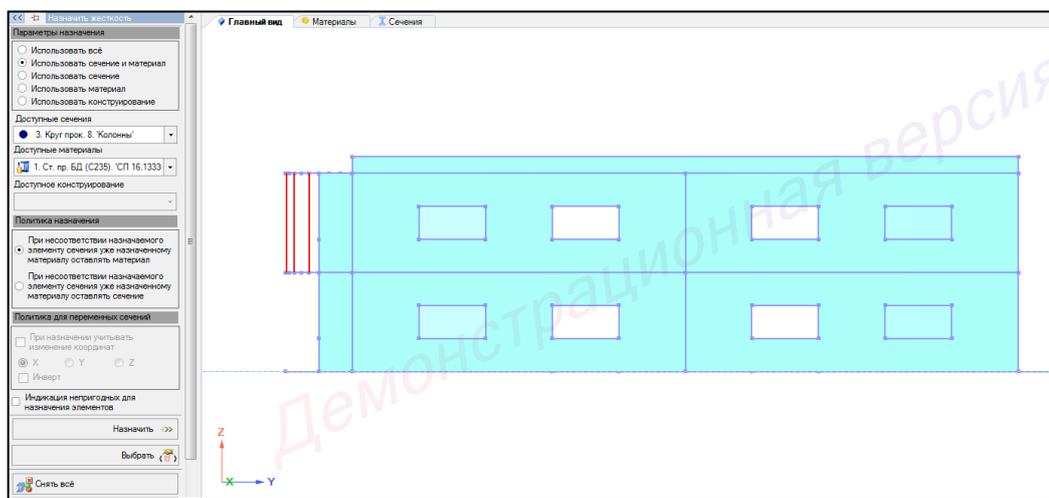


Рисунок 2.69 – Панель активного режима Назначить жесткость (колонны)

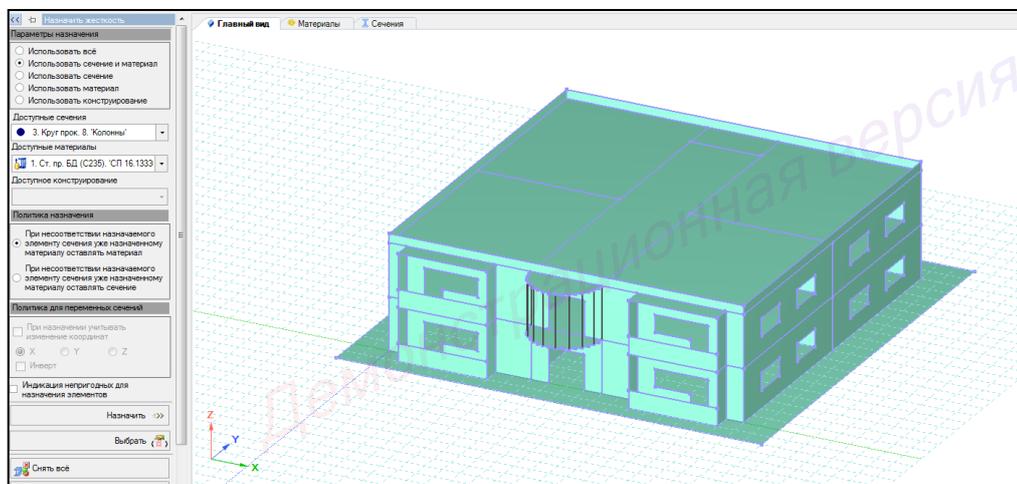


Рисунок 2.70 – Главный вид

Для отображения конструкции с учетом назначенного конструирования в контекстном меню выбрать **Вид → Изменить атрибуты представления схемы** (кнопка  на панели инструментов).

1 В панели активного режима **Атрибуты представления** в ветке **Элементы: вид** установить флажок **Отображение с учетом назначенных сечений**.

2 Щелкнуть по кнопке **Назначить**.

3 В окне активного редактора **Главный вид** отобразятся элементы конструкции с учетом назначенных сечений (рисунок 2.71).

4 В панели активного режима **Атрибуты представления** задать:

– в ветке **Элементы: вид** снять флажок **Отображение с учетом назначенных сечений**.

5 Щелкнуть по кнопке **Назначить**.

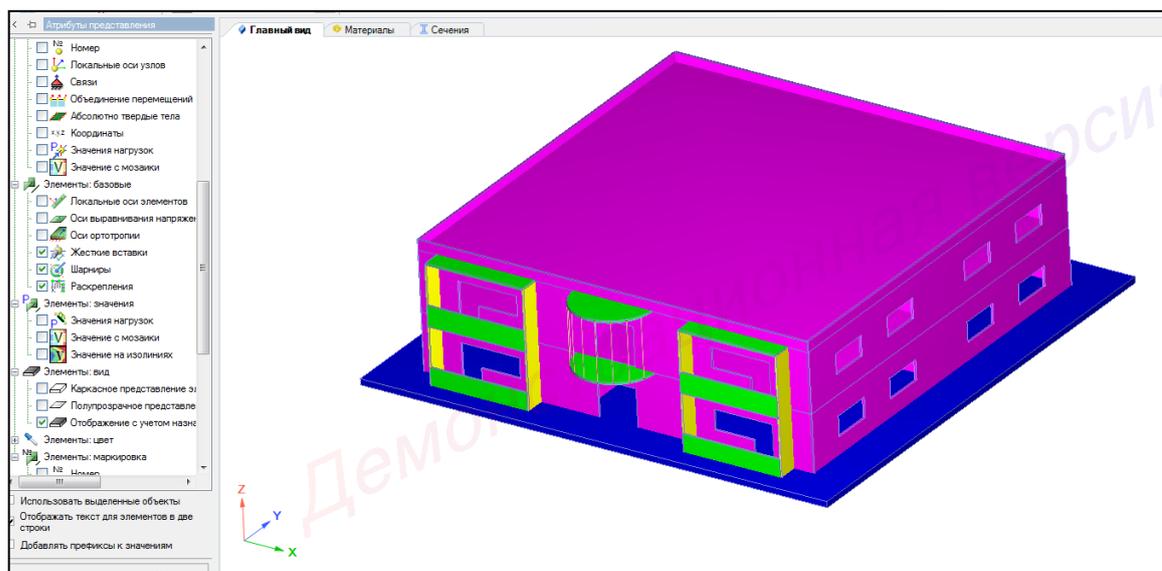


Рисунок 2.71 – Отображение элементов конструкции с учетом назначенных сечений

2.7 Триангуляция



1 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить все элементы.

Также выделить все элементы можно одновременным нажатием клавиш (горячие клавиши) **Ctrl + A**.

2 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Параметры триангуляции** задать:

- метод создания сетки конечных элементов – **ReGindQuad**;
- шаг триангуляции – **0.01 м**.

3 Нажать кнопку **Назначить** (рисунок 2.72)

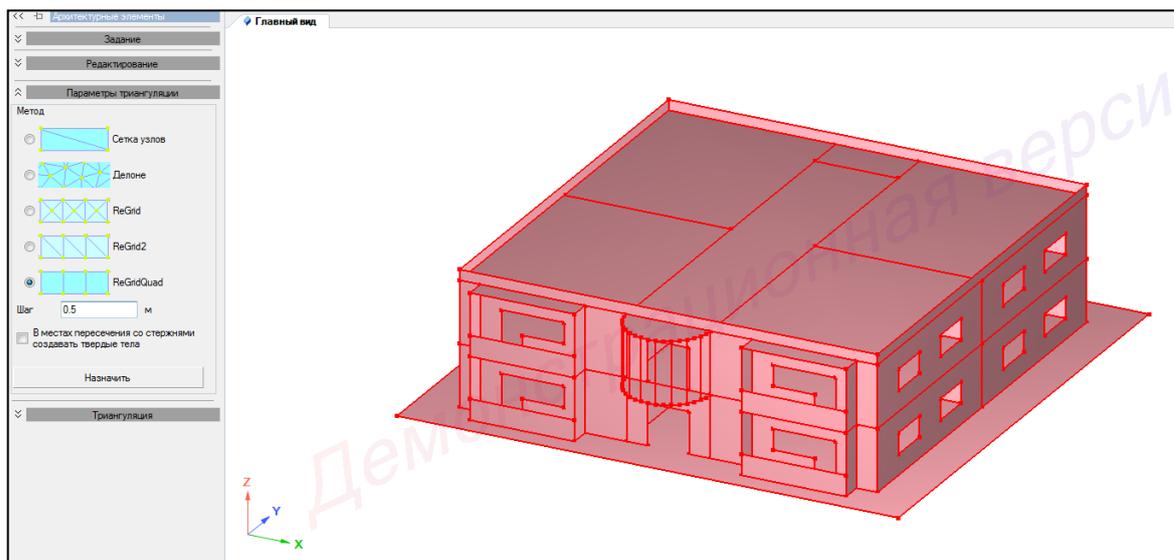


Рисунок 2.72 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (вкладка **Параметры триангуляции**)



4 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить колонны.

Также выделить все элементы можно одновременным нажатием клавиш (горячие клавиши) **Ctrl + A**.

5 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Триангуляция** нажать кнопку **Триангулировать** (остальные параметры активны по умолчанию) (рисунок 2.73).

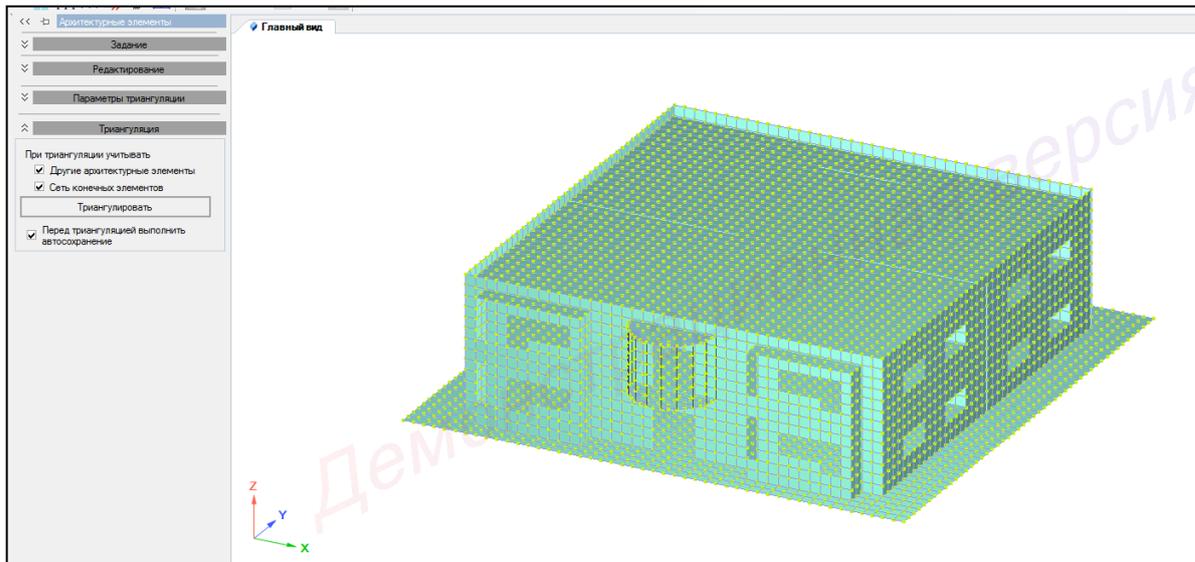


Рисунок 2.73 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (вкладка **Триангуляция**)

3 Моделирование фланца с помощью архитектурных элементов

3.1 Постановка задачи

Модель создаваемой конструкции представлена на рисунке 3.1.

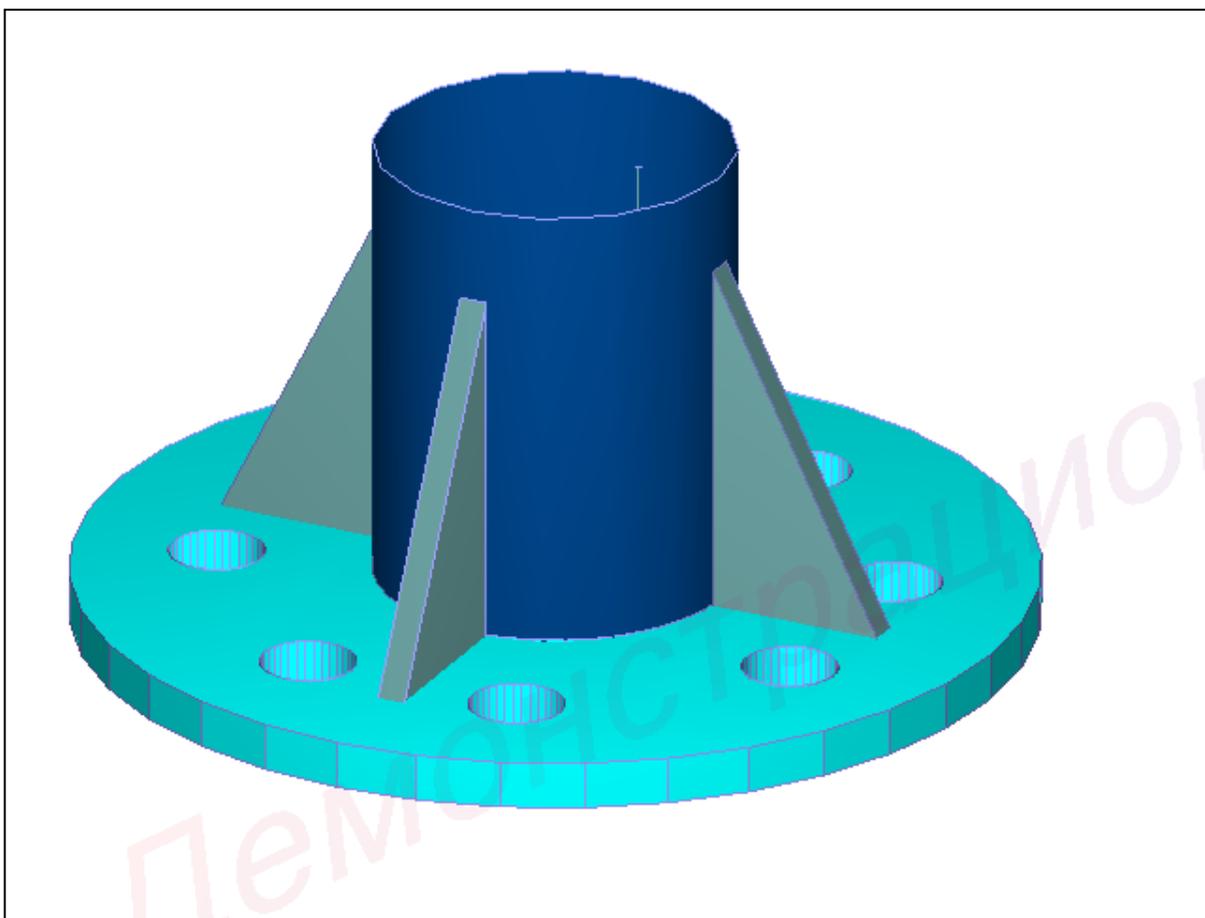


Рисунок 3.1 – Схема конструкции

Сечения:

- фланец – пластина (радиус 0.5 м), толщина $h=5$ см; 8 отверстий радиусом 0.05 м;
- труба – труба прокатная, ГОСТ 10704-76 Трубы стальные электросварные прямошовные, профиль 377x9;
- ребра жесткости – треугольная (с прямым углом) пластина с размером в плане 0.4x0.2; толщина $h=3$ см.

3.2 Создание задачи

Для того чтобы начать работу с программным комплексом ЛИРА 10.6, выполните команду Windows **Пуск** → **Все программы** → **Lira Soft** → **Lira 10.6** → **Lira 10.6x64 (Lira 10.6x86)**.

После запуска программы открывается **редактор начальной загрузки**. Далее необходимо выполнить следующие действия и рекомендации:

1 Для создания новой задачи в раскрывающемся окне нажать **Создать новый проект**.

2 В блоке редактора начальной загрузки **Параметры проекта** задать (рисунок 3.2):

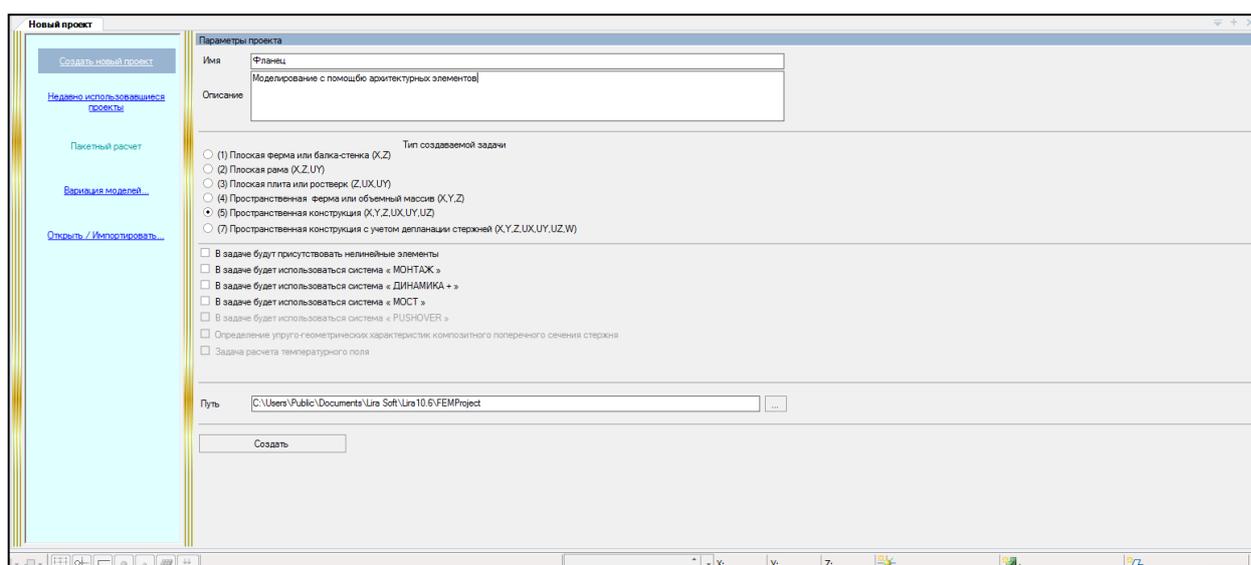


Рисунок 3.2 – Редактор начальной загрузки

– в поле **Имя** вписать – **Фланец**;

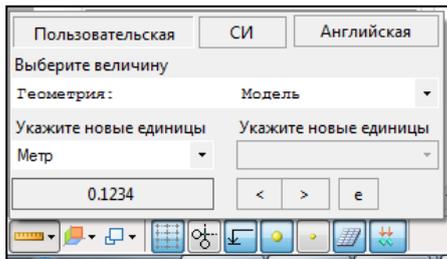
– в поле **Описание** вписать – **Моделирование с помощью архитектурных элементов**;

– в поле **Тип создаваемой задачи** задать радио-кнопкой **(5) Пространственная конструкция**.

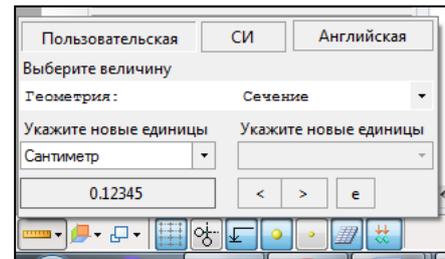
3 Щелкнуть по кнопке **Создать**.

4 Путь к папке, в которую будет сохранена задача (по умолчанию папка FEMProject), выбирается из **Сервис** → **Настройки среды** → **Расположение** → **Каталоги** → **Рабочий**.

5 Настроить единицы измерения величин (система пользовательская; геометрия модели – м; геометрия сечения – см) (рисунок 3.3).



а) геометрия модели



б) геометрия сечения

Рисунок 3.3 – Настройка единиц измерения

3.3 Создание геометрии расчетной схемы

Для построения фланца необходимо выполнить последовательно действия:

1 Настроить координационную сеть (рисунок 3.4):

- сеть построения – **полярная**;
- радиус – **0.5 м**;
- по радиусу – **1**;
- по дуге – **36**;
- плоскость – **ХОУ**.

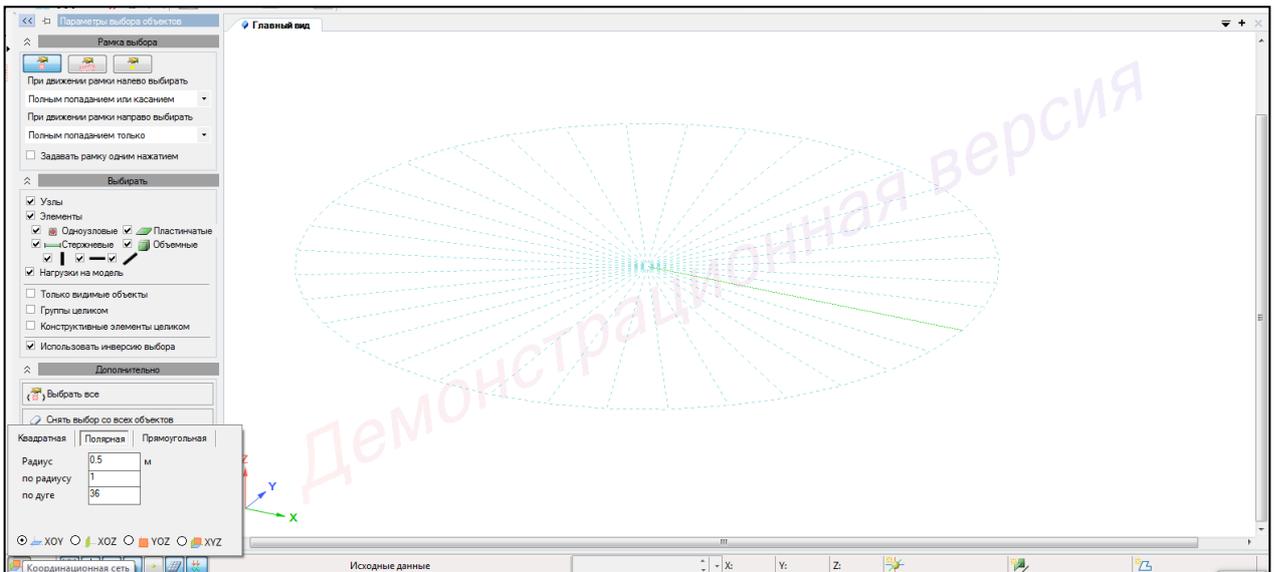


Рисунок 3.4 – Настройка координационной сети

2 Правой кнопкой мышки вызвать контекстное меню путем нажатия по любой пустой рабочей области окна и задать **Проекция на YoZ** (рисунок 3.5).

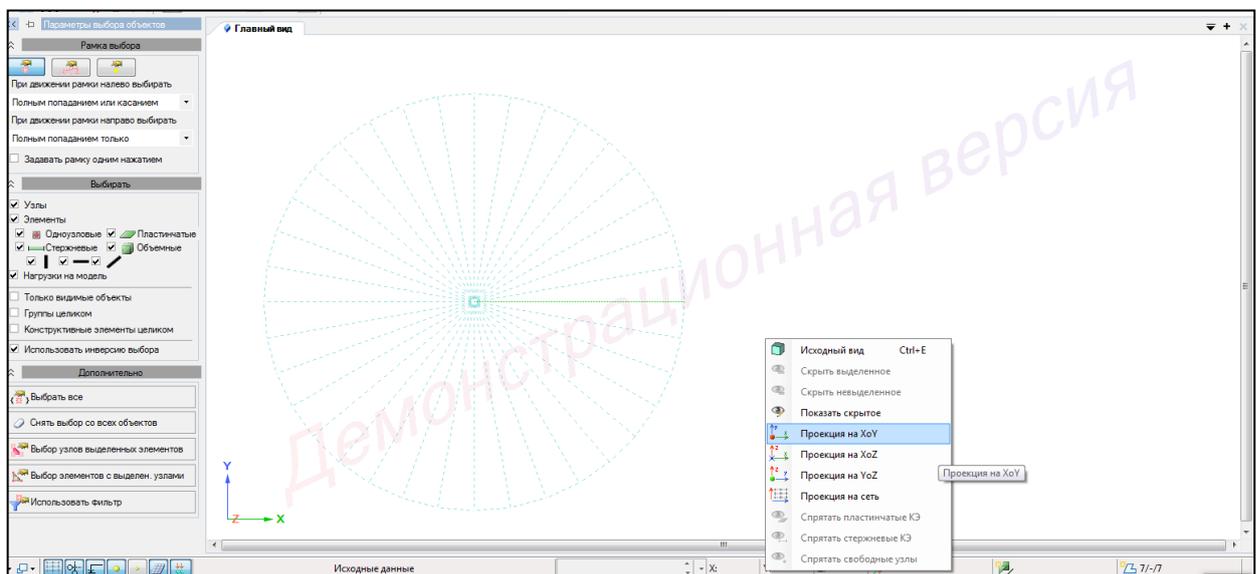


Рисунок 3.5 – Изменение проекции главного вида

3 В контекстном меню выбрать **Схема** → **Архитектурные элементы** (кнопка



на панели инструментов) (рисунок 3.5)

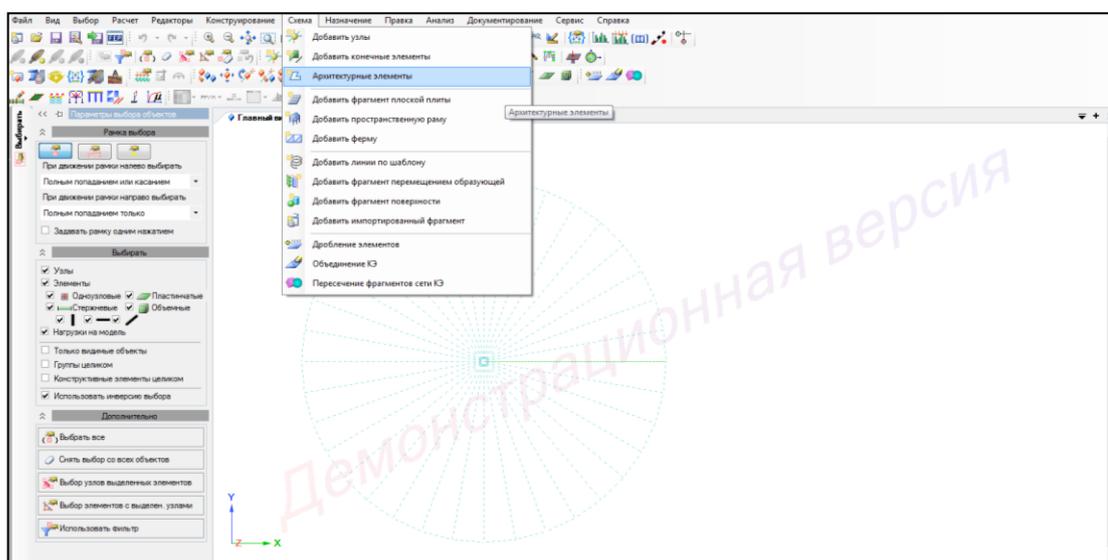


Рисунок 3.5 – Панель активного режима **Архитектурные элементы**

4 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки контура пластины, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 3.6).

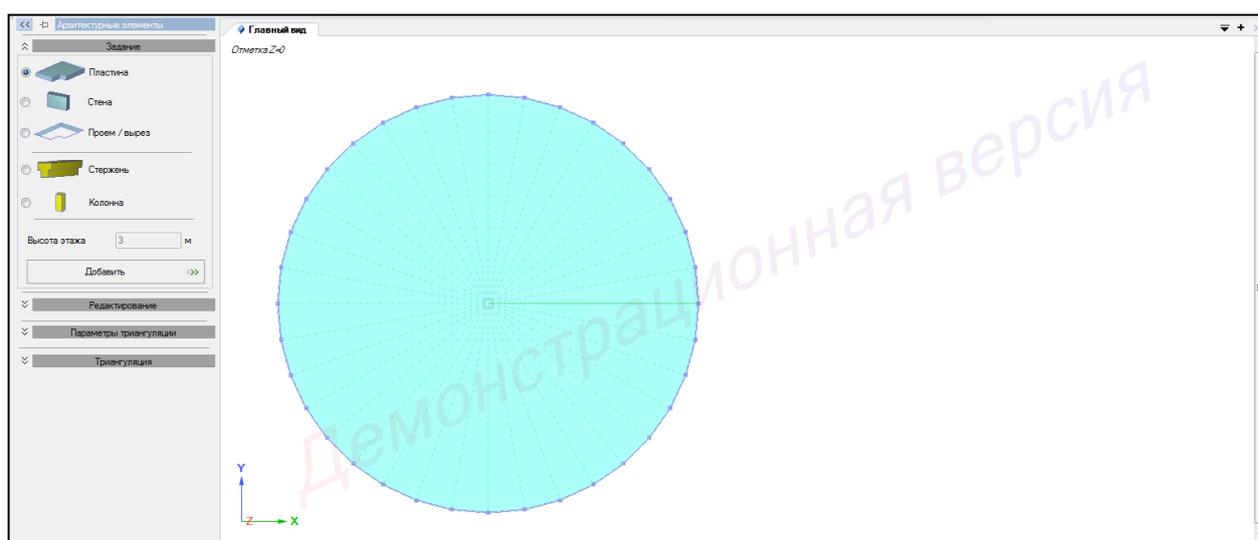


Рисунок 3.6 – Активный режим **Архитектурные элементы**
(моделирование пластины – фланца)

5 Настроить координационную сеть (рисунок 3.7):

– сеть построения – **полярная**;

– радиус – **0.1885 м**;

– по радиусу – **1**;

– по дуге – **36**;

– плоскость – **XOY**.

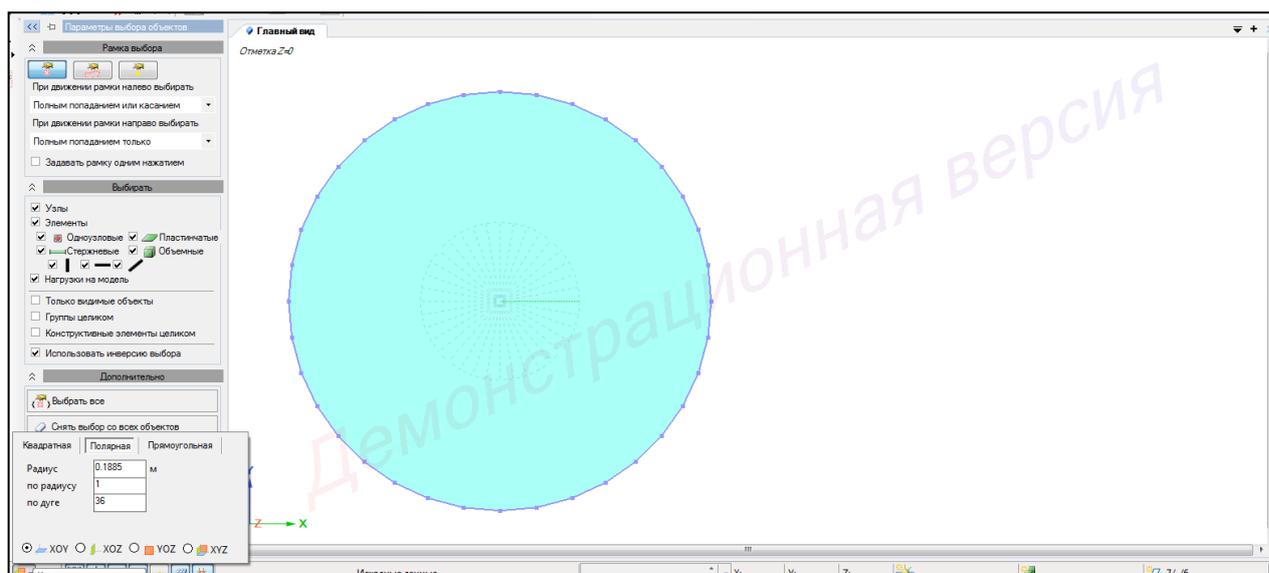


Рисунок 3.7 – Настройка координационной сети

6 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Проем/Вырез** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки контура пластины, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 3.8).

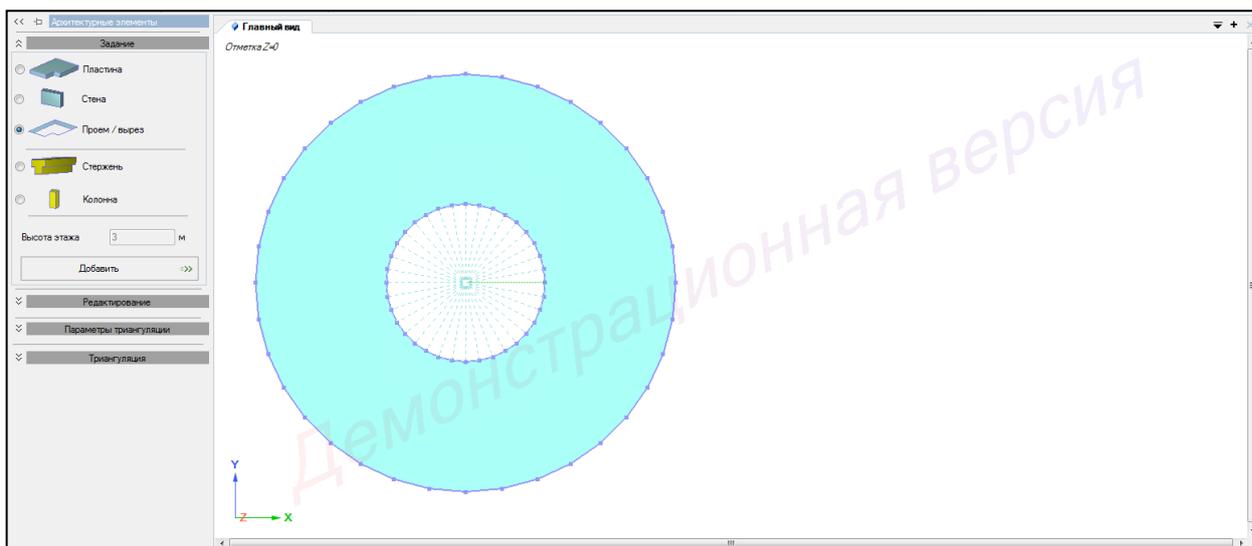


Рисунок 3.8 – Панель активного режима Архитектурные элементы
(моделирование выреза)

7 Настроить координационную сеть (рисунок 3.9):

- сеть построения – **полярная**;
- радиус – **1 м**;
- по радиусу – **20**;
- по дуге – **36**;
- плоскость – **XOY**.

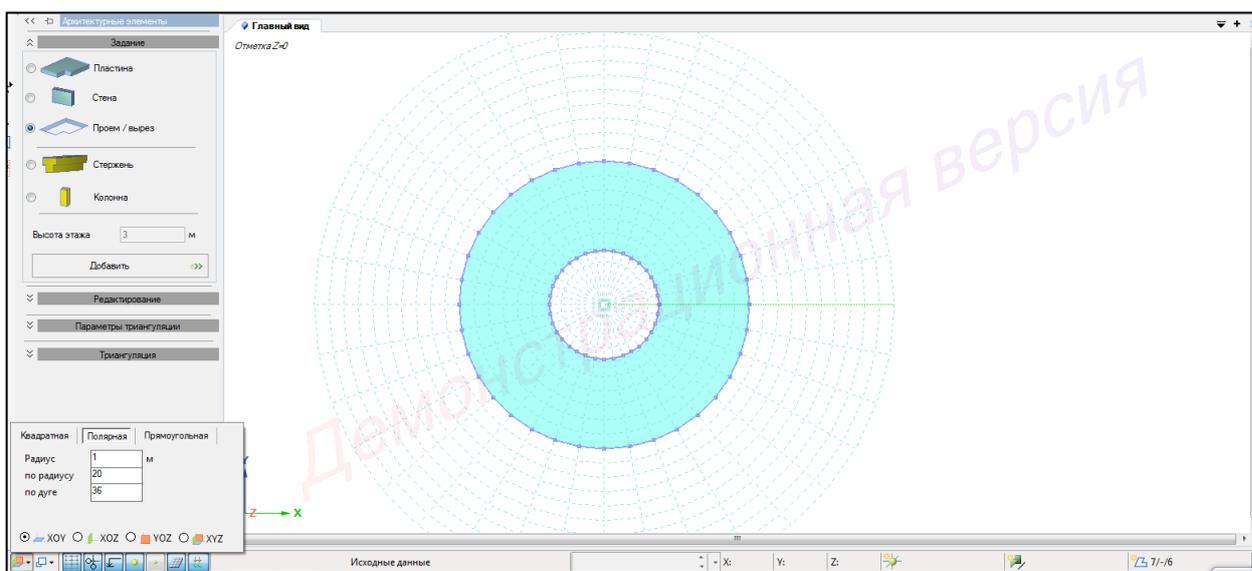


Рисунок 3.9 – Настройка координационной сети

8 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** (радиусом 0.05 м) и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки контура пластины, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 3.10).

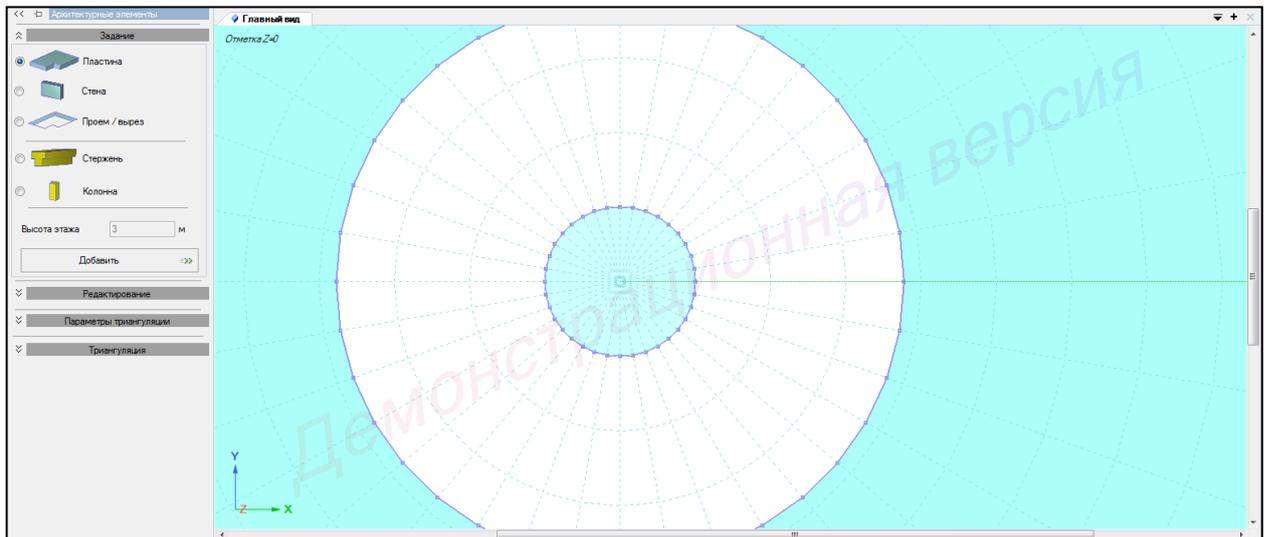


Рисунок 3.10 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование пластины)

9 В контекстном меню выбрать **Правка** → **Копировать выделенное** (кнопка  на панели инструментов) (рисунок 3.11).

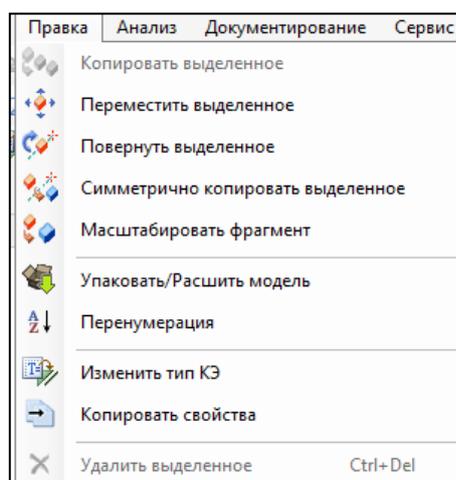


Рисунок 3.11 – Активный режим **Правка** (копировать выделенное)

10 В панели активного режима **«Копировать выделенное»** раскрыть блок **«Использовать точки вставки»**.

11 В окне активного редактора **«Главный вид»** курсор мышки подвести к центру модели на сети построений и подтвердить щелчком левой кнопки мышки **Установить точку 1** (рисунок 3.12).

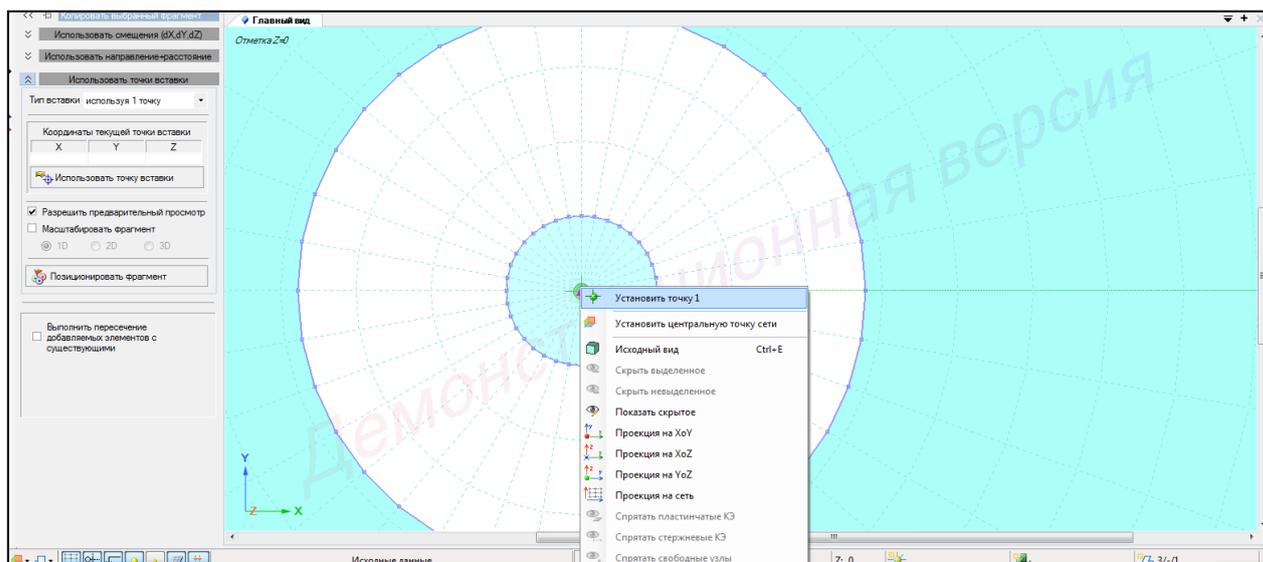


Рисунок 3.12 – Установление точки вставки

12 В контекстном меню выбрать **Выбор → Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить созданный элемент (круглую пластину радиусом 0.05 м).

13 Курсор мышки подвести к точкам центров отверстий и подтвердить щелчком левой кнопки мышки точку вставки фрагмента схемы (рисунок 3.13).

14 В контекстном меню выбрать **Правка → Удалить выделенное** или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Del** (рисунок 3.14).

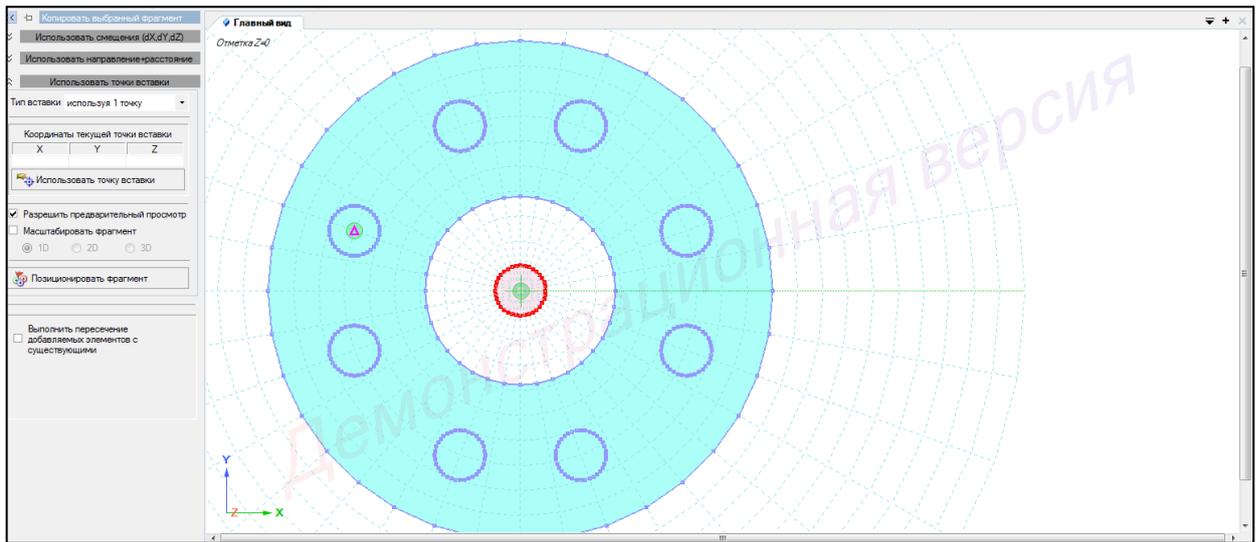


Рисунок 3.13 – Установление точки вставки

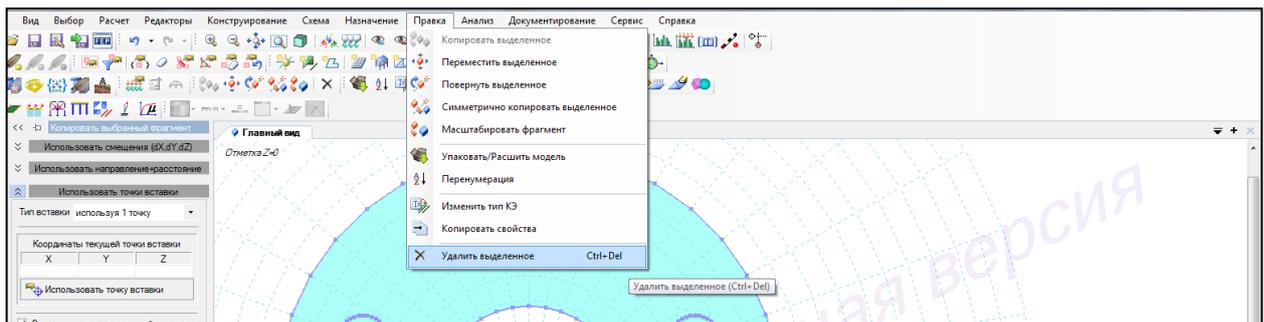


Рисунок 3.14 – Активный режим Правка (удалить выделенное)

15 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить все элементы.

Также можно выделить все элементы одновременным нажатием клавиш (горячие клавиши) **Ctrl + A**.

16 В панели активного режима **Архитектурные элементы** выбрать вкладку **Редактирование**.

Во вкладке **Редактирование** нажать **Разность**. В результате данной команды моделируется отверстие (рисунок 3.15).

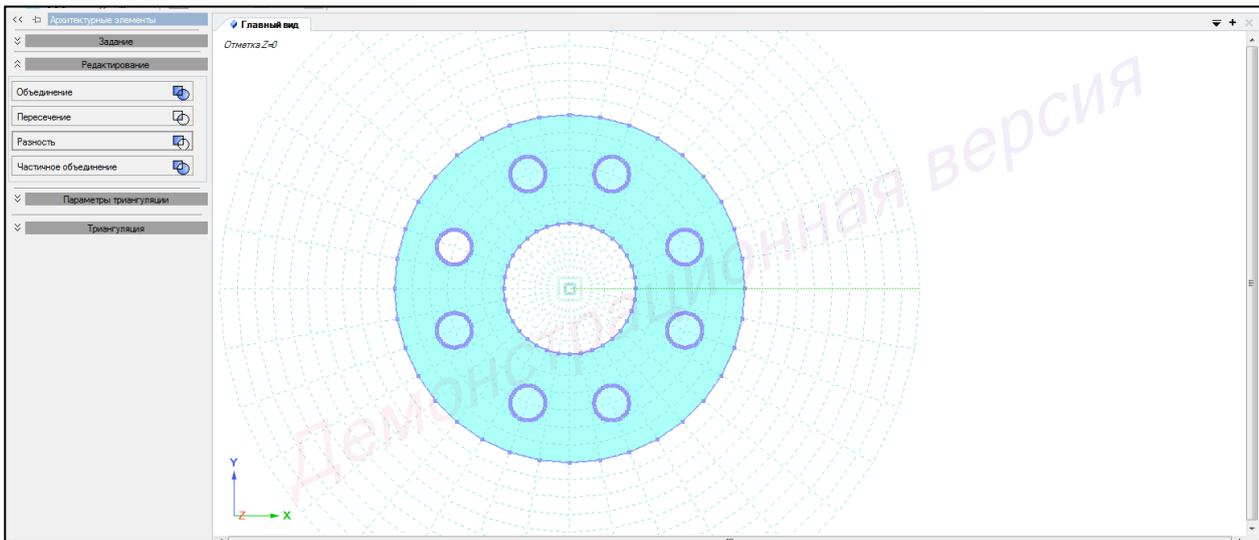


Рисунок 3.15 – Панель активного режима Архитектурные элементы (вкладка Редактирование)

17 Аналогичным образом смоделировать другие отверстия (рисунок 3.16).

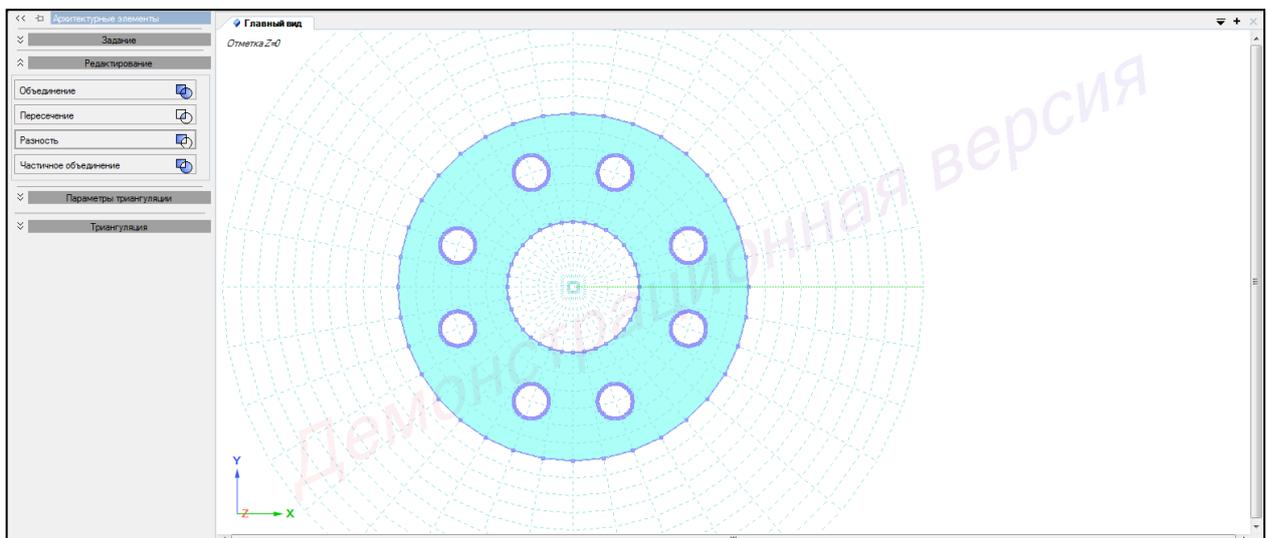


Рисунок 3.16 – Моделирование отверстий

18 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Колонна**, высота – **0.5 м** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки контура пластины, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 3.17).

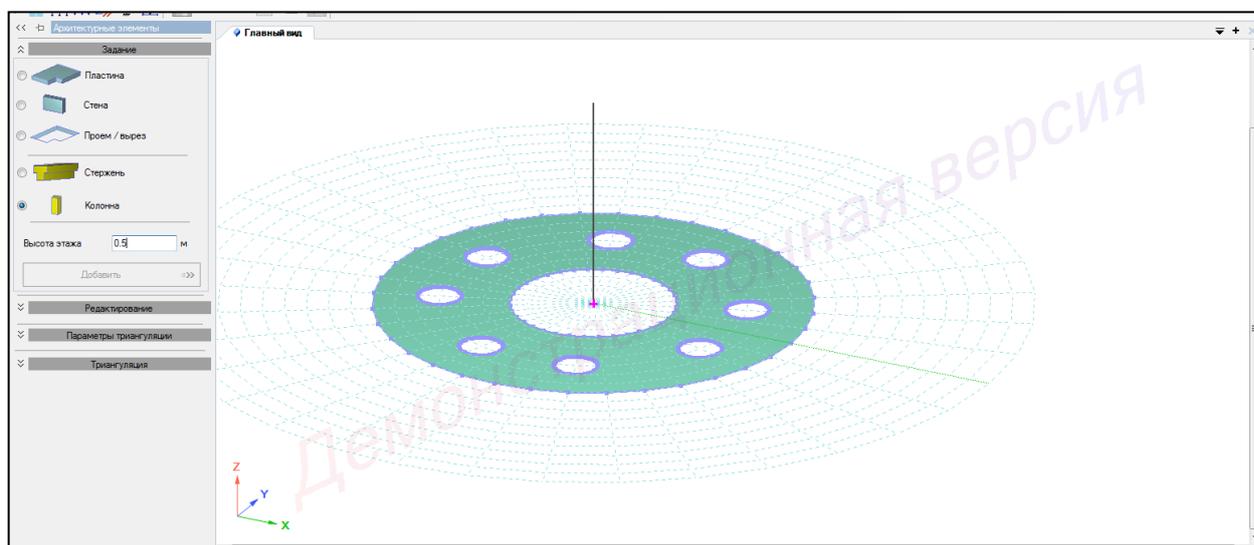


Рисунок 3.17 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (моделирование колонны)

19 Настроить координационную сеть (рисунок 3.18):

- сеть построения – **квадратная**;
- шаг – **0.1 м**;
- количество – **5**;
- угол – **0**;
- плоскость – **XOZ**.

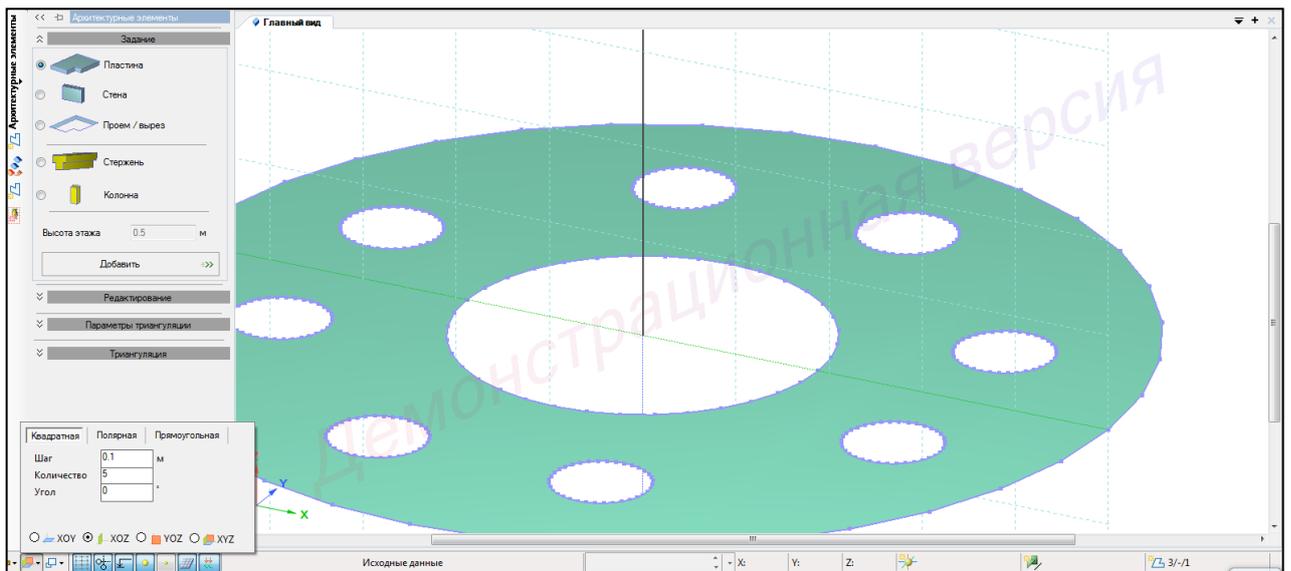


Рисунок 3.19 – Настройка координационной сети

20 Навести курсор на точку контура выреза и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 3.20).

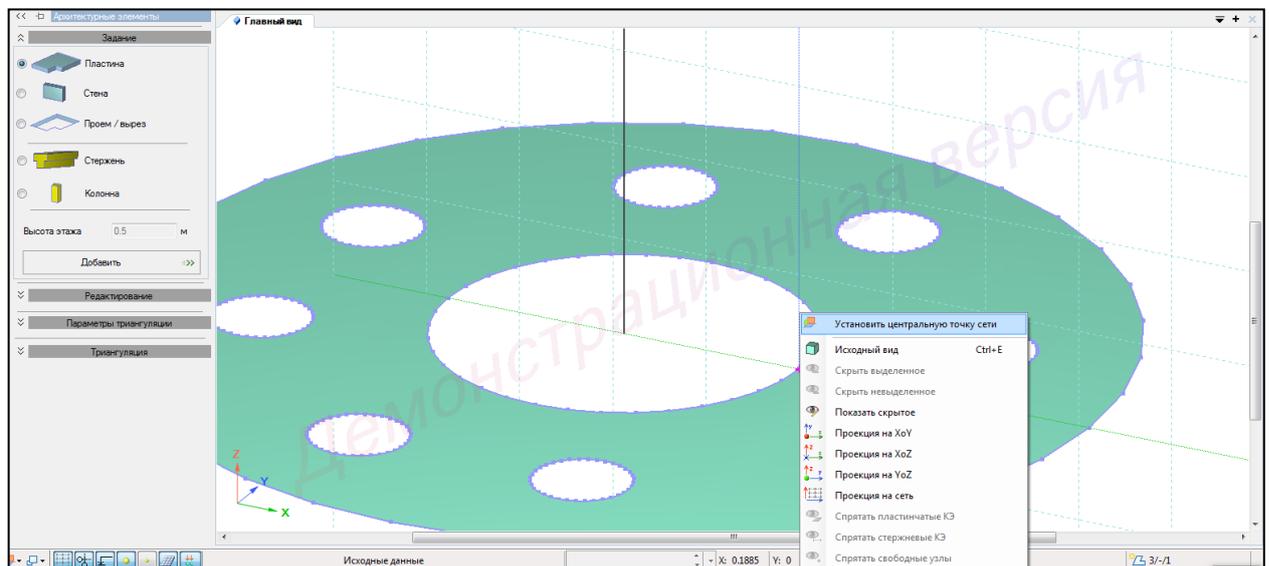


Рисунок 3.20 – Установление центральной точки сети

21 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки

контура пластины, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 3.21).

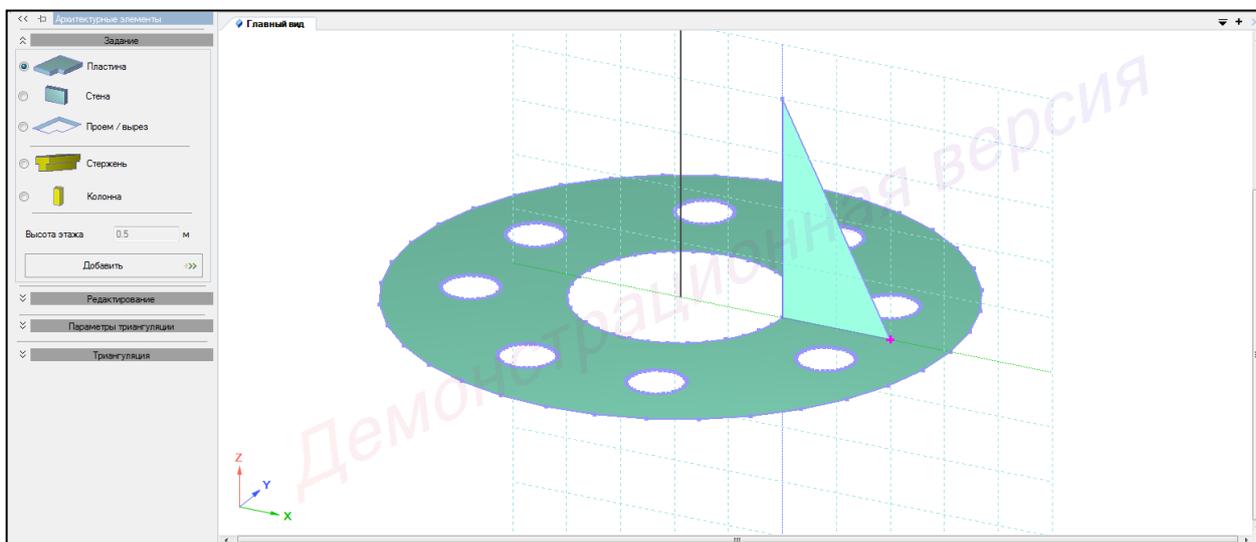


Рисунок 3.21 – Панель активного режима Архитектурные элементы (моделирование пластины – ребро жесткости)

22 Навести курсор на точку контура выреза и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 3.22).

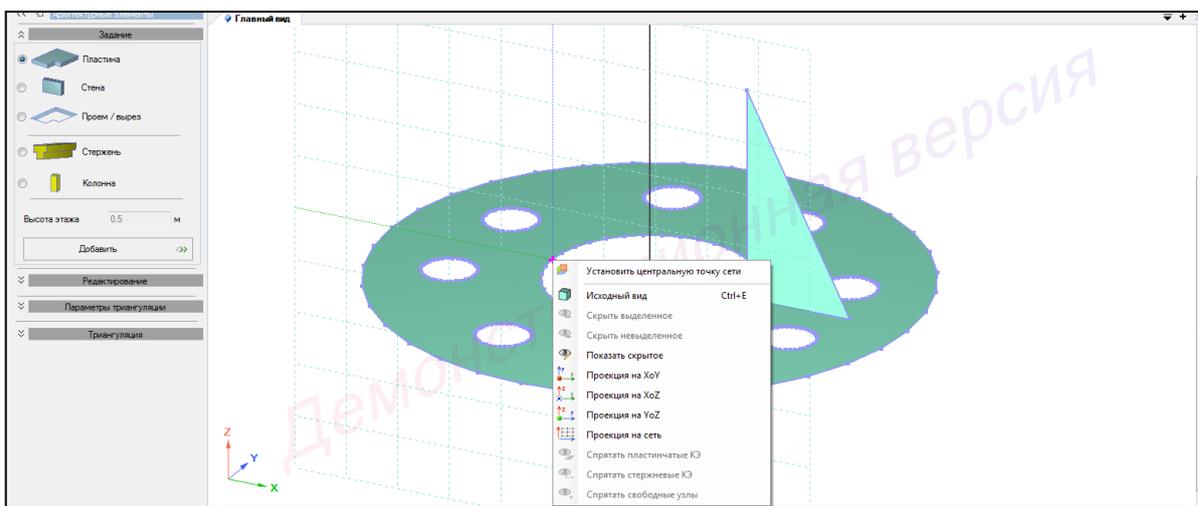


Рисунок 3.22 – Установление центральной точки сети

23 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки

контура пластины, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 3.23).

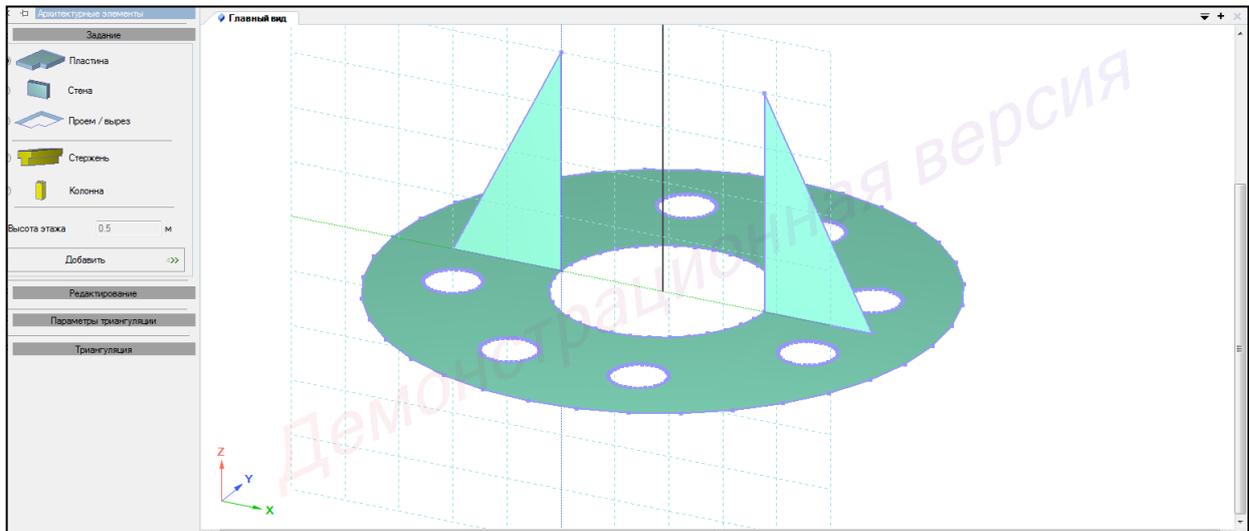


Рисунок 3.23 – Моделирование пластины (ребра жесткости)

24 Навести курсор на центр модели и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 3.24).

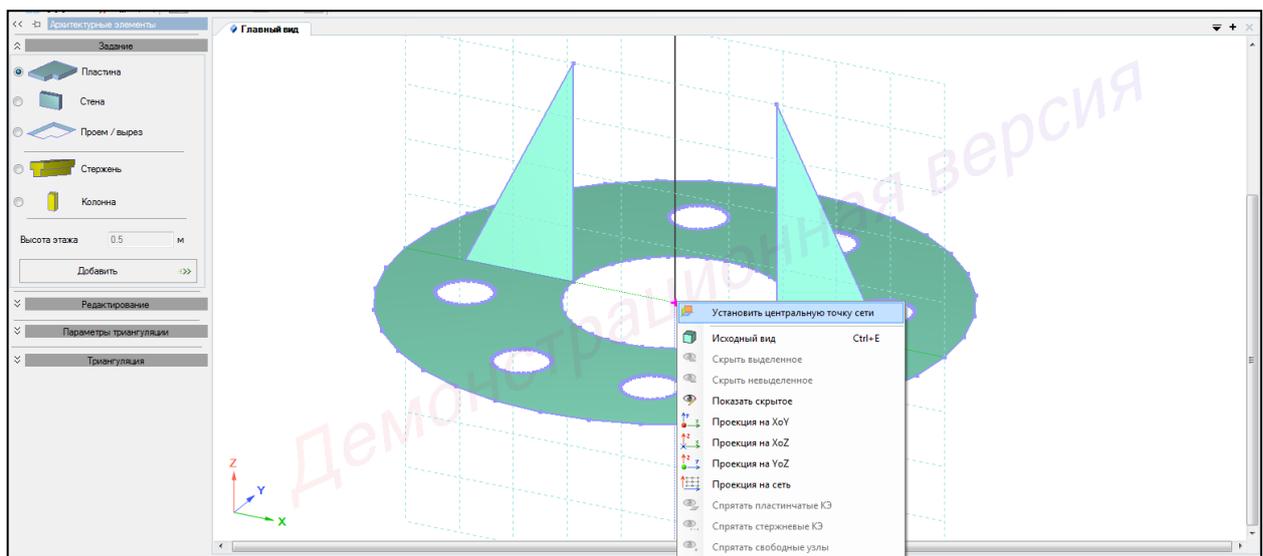


Рисунок 3.24 – Установление центральной точки сети

25 Настроить координационную сеть (рисунок 3.25):

– сеть построения – **квадратная**;

- шаг – **0.1 м**;
- количество – **5**;
- угол – **0**;
- плоскость – **YOZ**.

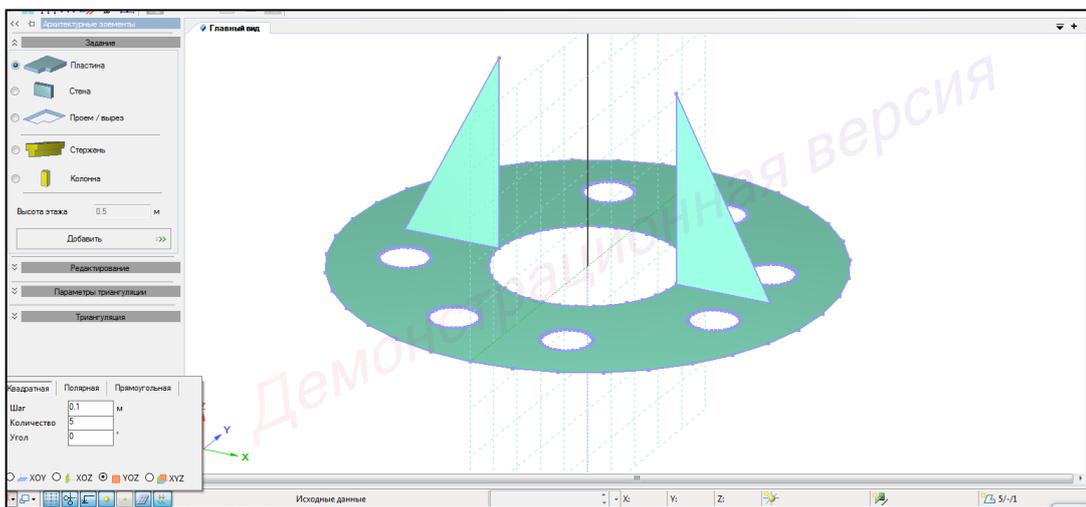


Рисунок 3.25 – Настройка координационной сети

26 Навести курсор на точку контура выреза и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 3.26).

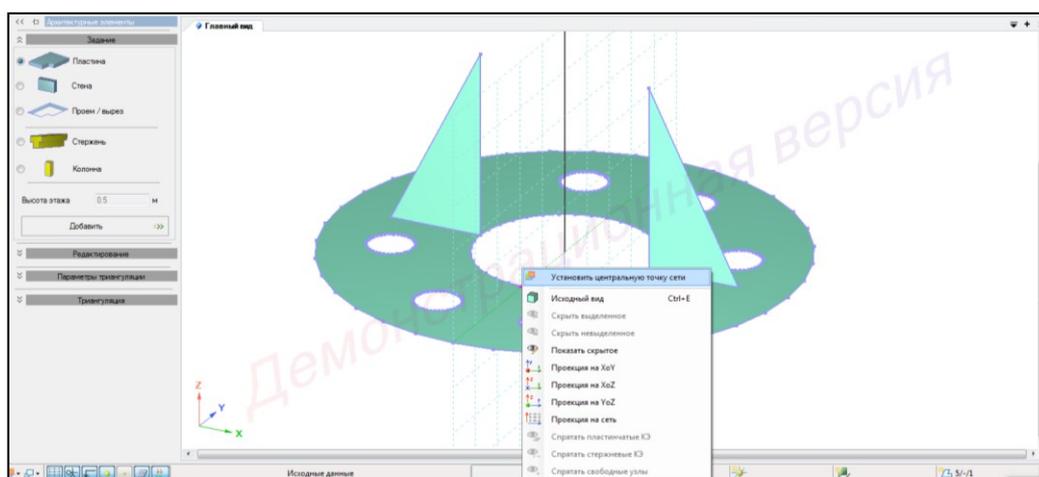


Рисунок 3.26 – Установление центральной точки сети

27 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки

контура пластины, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 3.27).

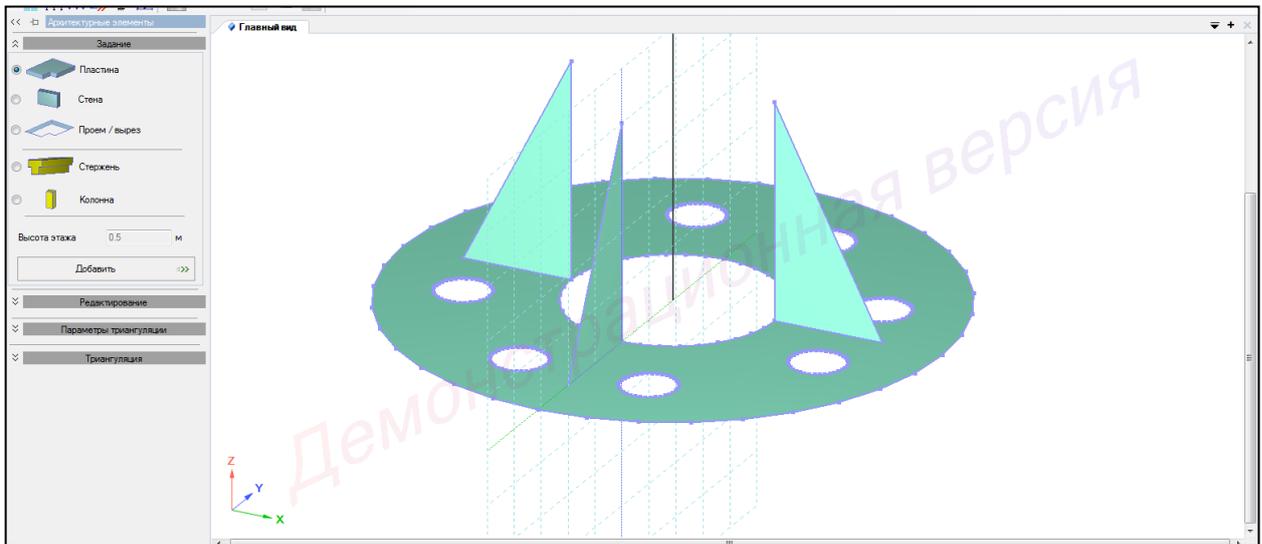


Рисунок 3.27 – Моделирование пластины (ребра жесткости)

28 Навести курсор на точку контура выреза и правым щелчком мыши вызвать диалоговое окно и **Установить центральную точку сети** (рисунок 3.28).

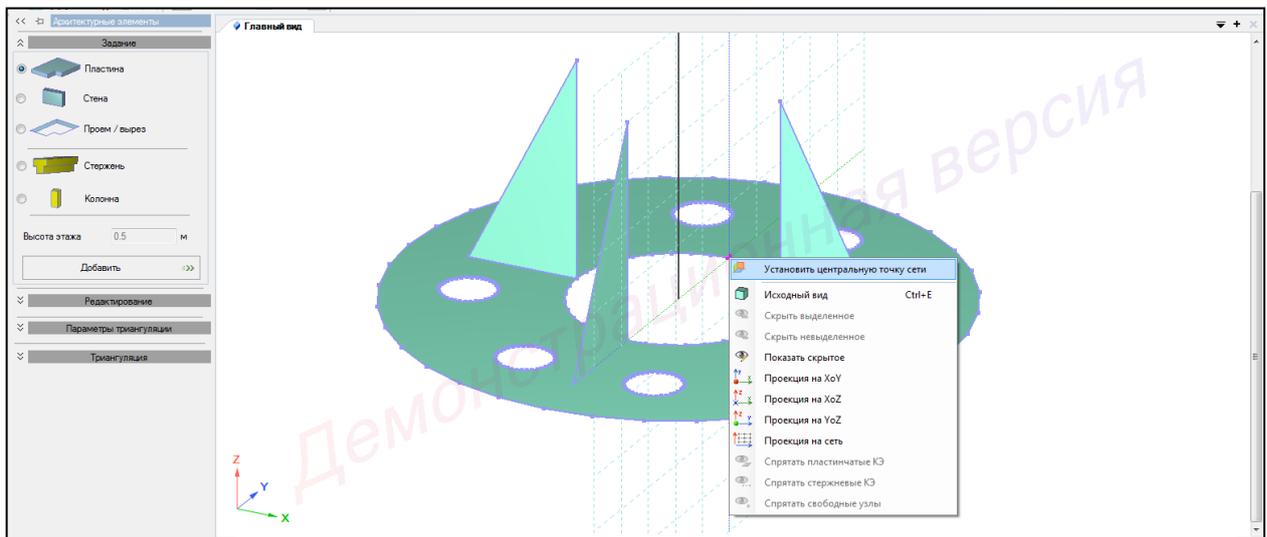


Рисунок 3.28 – Установление центральной точки сети

29 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Задания** выбрать **Пластина** и, наведя курсор мыши, щелчком мыши указать точки

контура пластины, при этом на последней точке выполнить двойной щелчок, тем самым завершив построение (рисунок 3.29).

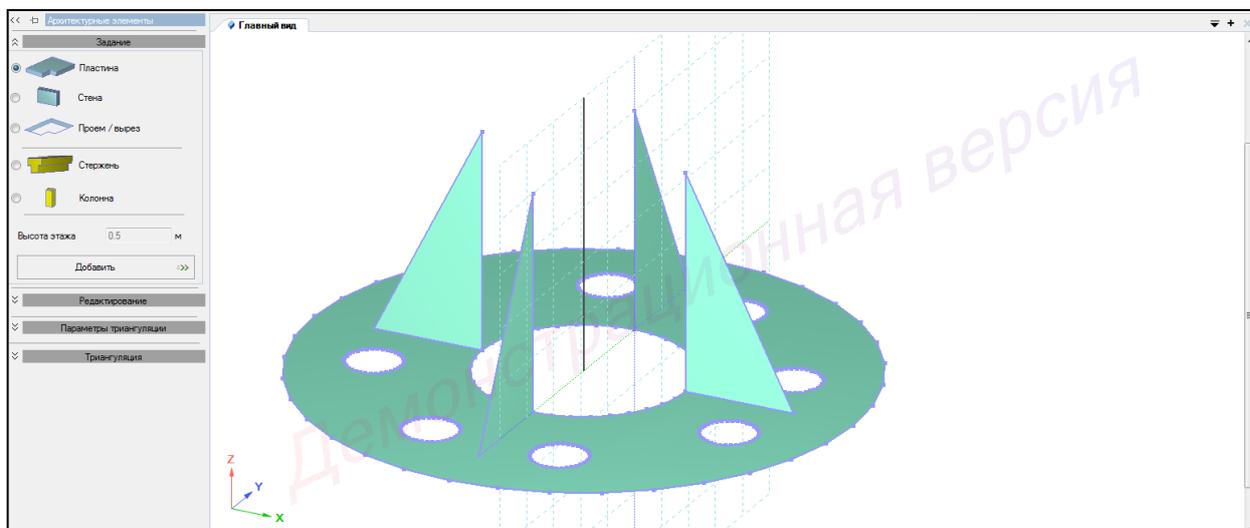


Рисунок 3.29 – Моделирование пластины (ребра жесткости)

3.4 Задание сечений

Для задания сечений необходимо в контекстном меню выбрать **Редактор** → **Редактор сечений/жесткостей** (кнопка  на панели инструментов).

Для задания сечений **колонне (труба)** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В панели активного режима **Редактор сечений/жесткостей** из категории сечений **Стальные сечения** выбрать **Прокатные сечения** → **Труба прокатная** (рисунок 3.30).

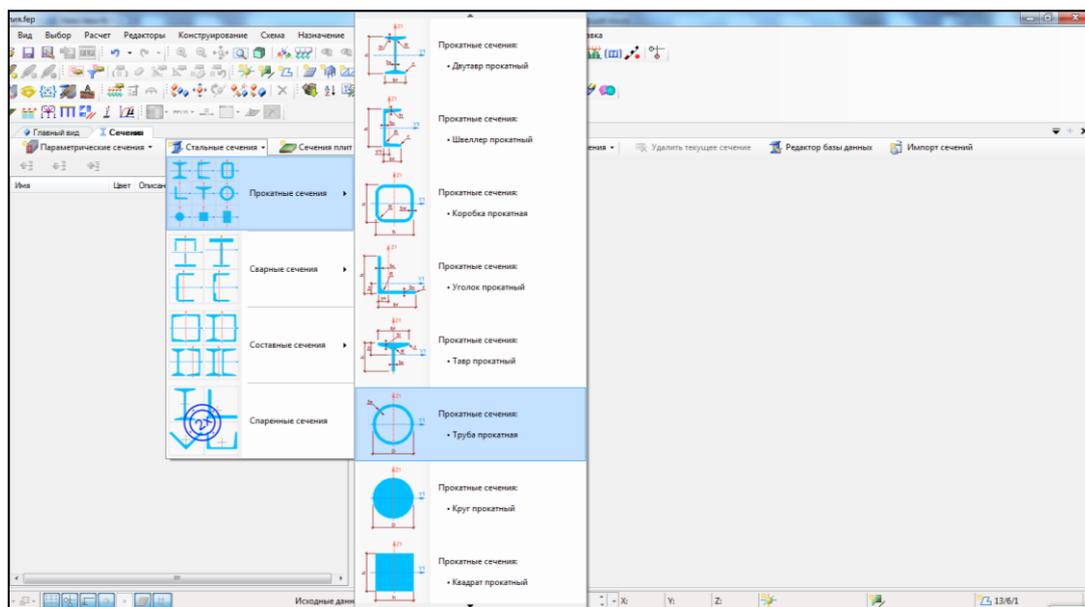


Рисунок 3.30 – Панель активного редактора Редактор сечений/жесткостей (стальные сечения)

2 В панели активного редактора задать параметры сечения:

– в поле **Описание** вписать **Труба**;

– в поле **Таблица сортамента** в выпадающем списке выбрать **ГОСТ 10704-76**

Трубы стальные электросварные прямошовные;

– в поле **Профиль** в выпадающем списке выбрать **377х9** (рисунок 3.31).

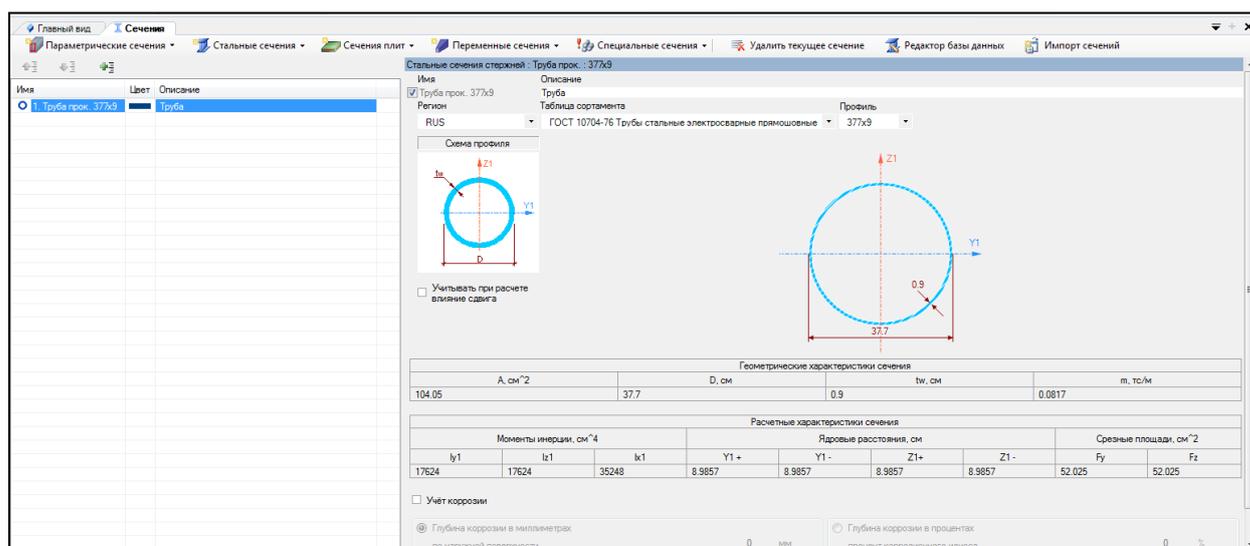


Рисунок 3.31 – Панель активного редактора Редактор сечений/жесткостей (труба)

Для задания сечения пластине (фланец) необходимо выполнить последовательно действия:

1 В панели активного режима **Редактор сечений/жесткостей** из категории сечений **Сечения плит** выбрать **Пластина**.

2 В панели активного редактора задать параметры сечения:

- в поле **Описание** вписать **Фланец**;
- задать толщину плиты $h=5$ см
- радио-кнопкой указать **Без учета армирования** (рисунок 3.32).

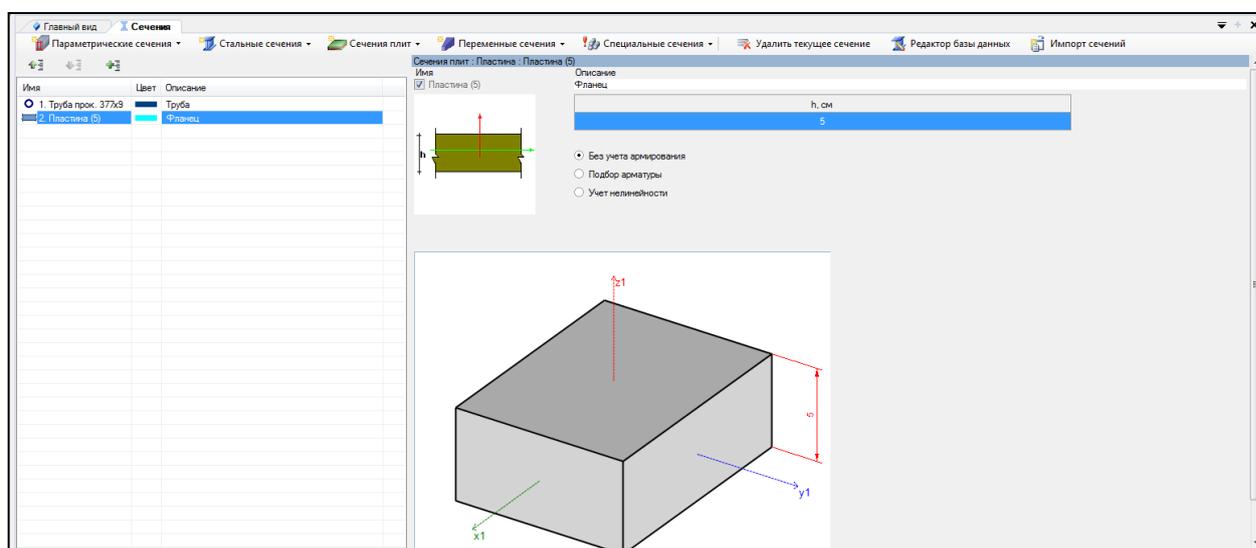


Рисунок 3.32 – Панель активного редактора Редактор сечений/жесткостей (фланец)

Для задания сечения пластине (ребра жесткости) необходимо выполнить последовательно действия:

1 Скопировать текущую строку с сечением **2. Плита (5)** с помощью кнопки



2 В панели активного редактора задать параметры сечения:

- в поле **Описание** вписать **Ребра жесткости**.

Остальные параметры по умолчанию (рисунок 3.33).

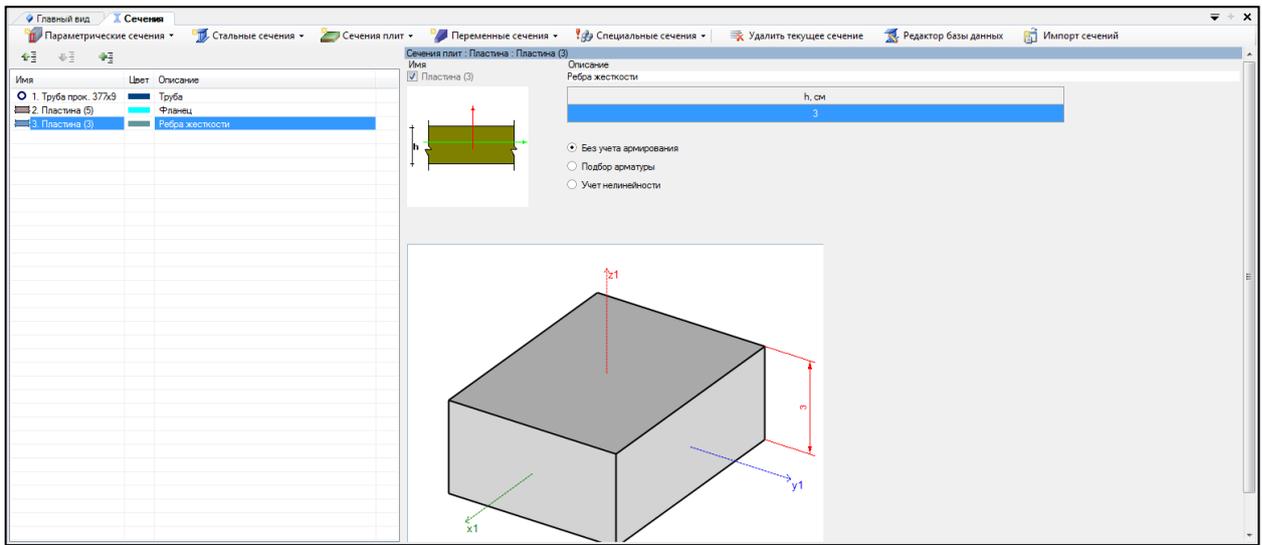


Рисунок 3.32 – Панель активного редактора Редактор сечений/жесткостей (ребра жесткости)

Для **изменения цвета** сечений необходимо выполнить последовательно действия:

- 1 Сделать его активным в списке сечений и щелкнуть левой кнопкой мышки по столбцу **Цвет**.
- 2 Выбрать необходимый цвет и нажать на кнопку **Применить цвет** (рисунок 3.34).

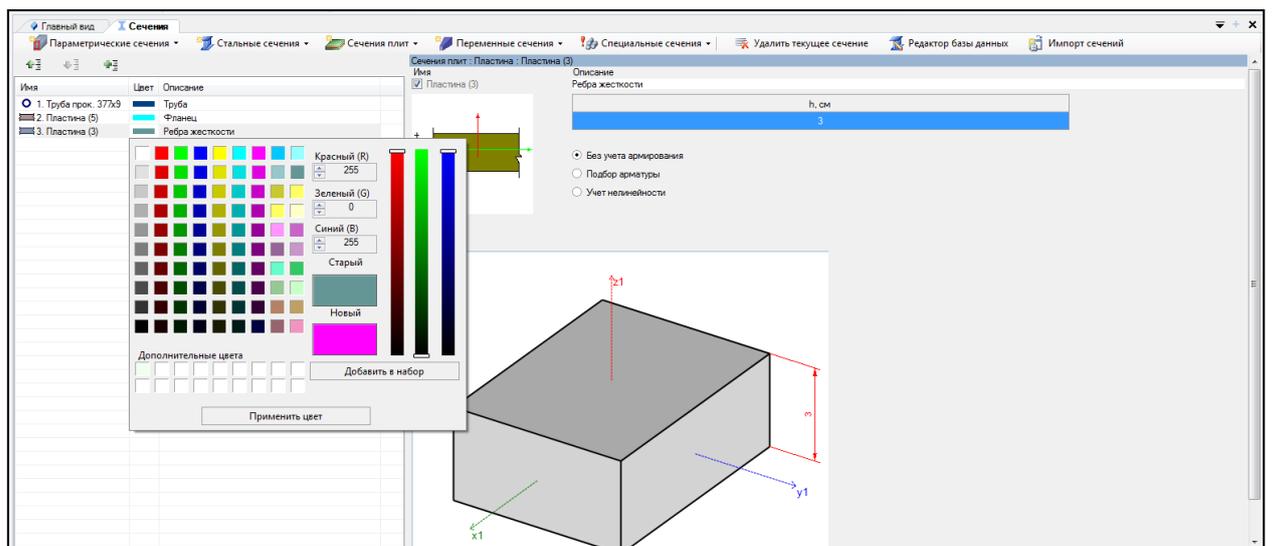


Рисунок 3.34 – Изменение цвета сечения элемента

3.5 Назначение сечений, материалов и параметров конструирования элементам расчетной схемы

Для назначения сечений, материалов и параметров конструирования элементам расчетной схемы необходимо выполнить последовательно действия:

1 В контекстном меню выбрать **Конструирование** → **Назначить сечение, материал и параметры конструирования** (кнопка  на панели инструментов).

2 В панели активного режима **Назначить жесткость** в блоке **Параметры назначения** задать радио-кнопкой **Использовать сечение**.

Для задания конструирования **Трубе** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В поле **Доступные сечения** в выпадающем списке выбрать **1. Труба прок. 377х9. Труба**.

2 В контекстном меню выбрать **«Выбор → Выбрать объекты»** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки справа налево касанием выделить колонну (трубу).

3 Щелкнуть по кнопке **Назначить** (рисунок 3.35).

Для задания конструирования **Фланцу** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В поле **Доступные сечения** в выпадающем списке выбрать **2. Пластина (5). Фланец**.

2 В контекстном меню выбрать **«Выбор → Выбрать объекты»** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки справа налево касанием выделить пластину (фланец).

3 Щелкнуть по кнопке **Назначить** (рисунок 3.36).

Для задания конструирования **Ребрам жесткости** необходимо выполнить последовательно действия:

1 В поле **Доступные сечения** в выпадающем списке выбрать **3. Пластина (3). Ребра жесткости**.

2 В контекстном меню выбрать «**Выбор** → **Выбрать объекты**» (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки справа налево касанием выделить пластины (ребра жесткости).

3 Щелкнуть по кнопке **Назначить** (рисунок 3.37).

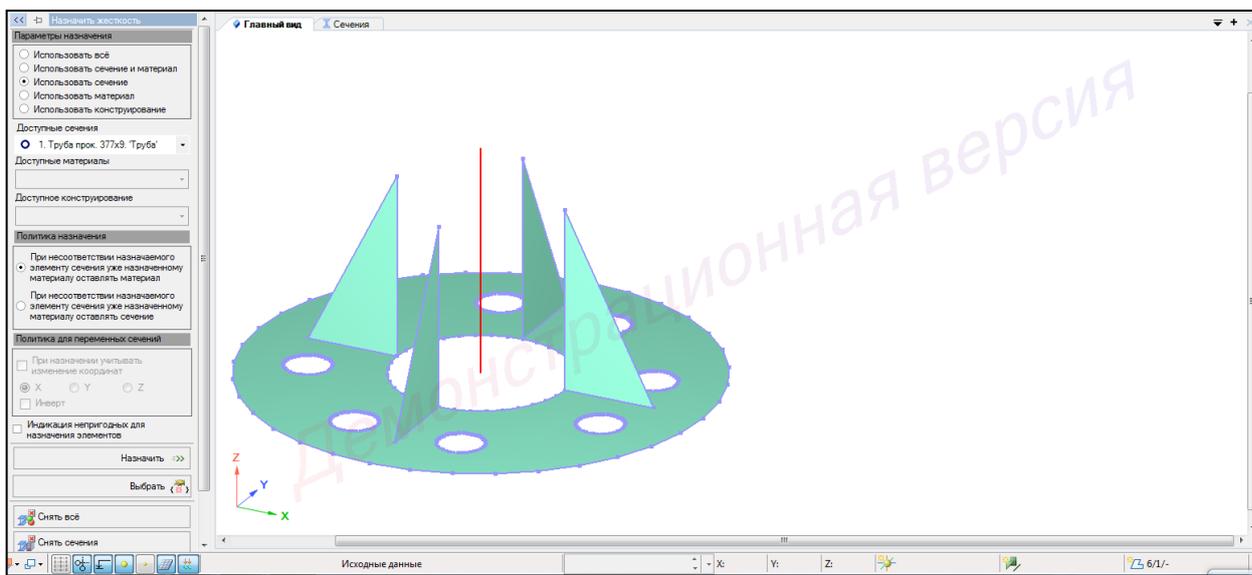


Рисунок 3.35 – Панель активного режима Назначить жесткость
(колонна – труба)

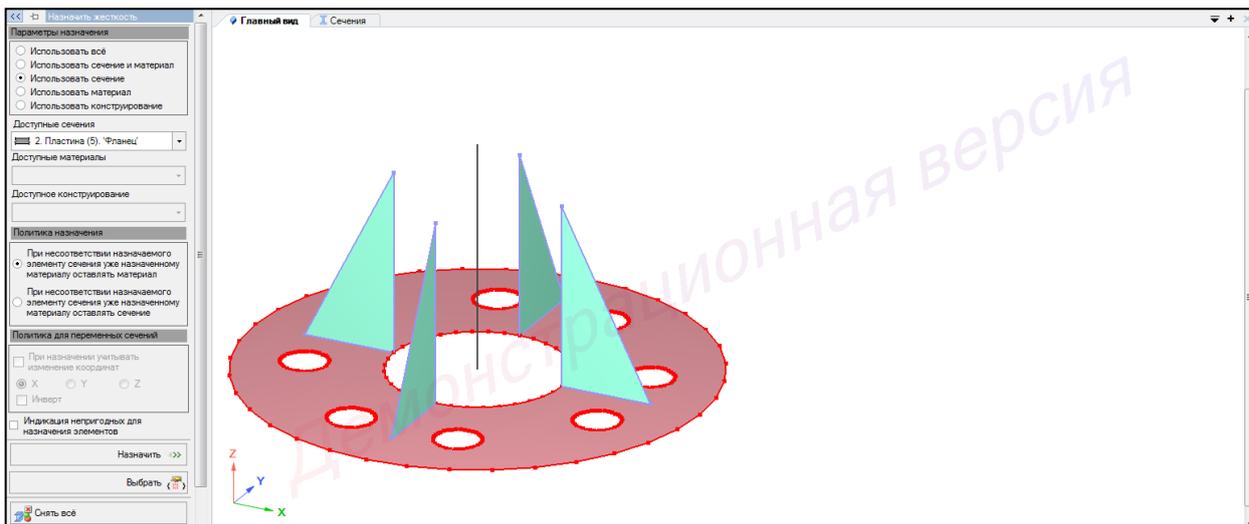


Рисунок 3.36 – Панель активного режима Назначить жесткость
(пластина – фланец)

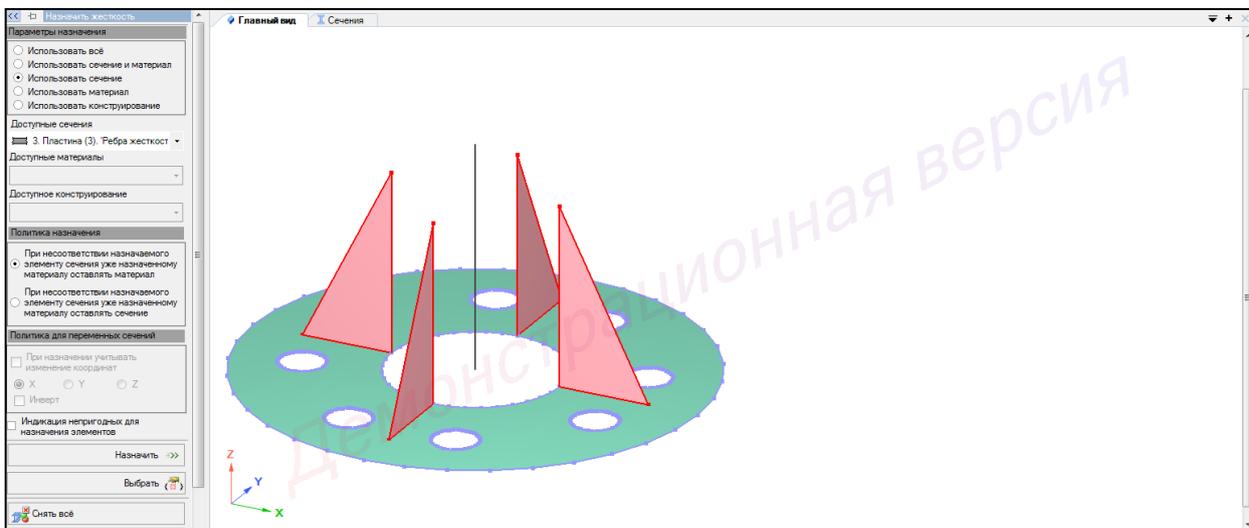


Рисунок 3.37 – Панель активного режима Назначить жесткость
(пластины – ребра жесткости)

Для отображения конструкции с учетом назначенного конструирования в контекстном меню выбрать **Вид** → **Изменить атрибуты представления схемы** (кнопка  на панели инструментов).

1 В панели активного режима **Атрибуты представления** в ветке **Элементы: вид** установить флажок **Отображение с учетом назначенных сечений**.

2 Щелкнуть по кнопке **Назначить**.

3 В окне активного редактора **Главный вид** отобразятся элементы конструкции с учетом назначенных сечений (рисунок 3.38).

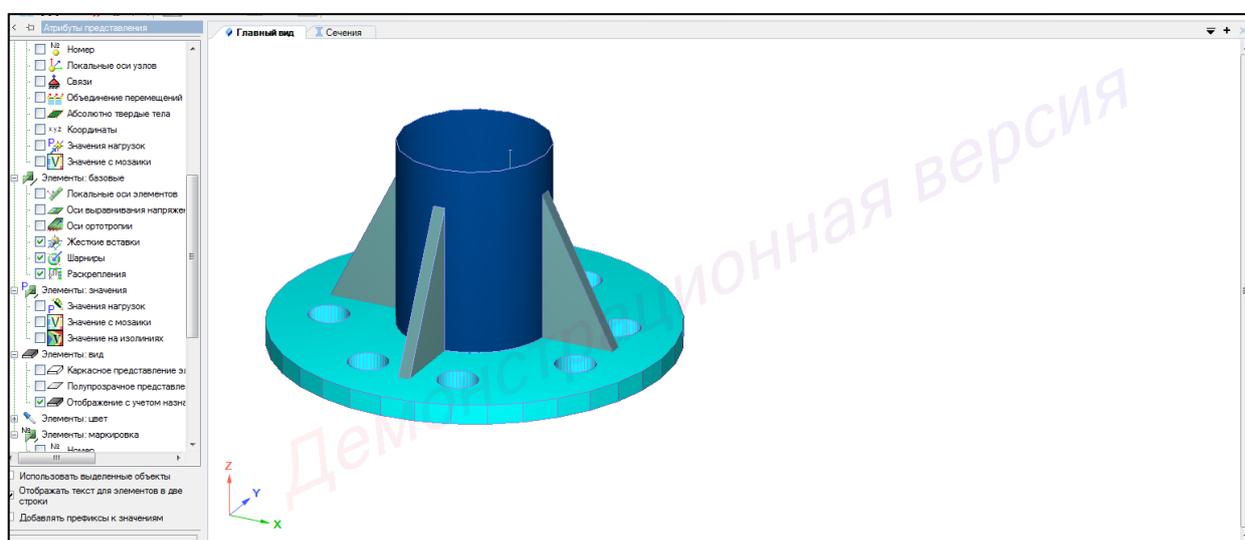


Рисунок 3.38 – Отображение элементов конструкции с учетом назначенных сечений

2.5 Триангуляция

1 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить все элементы.

Также выделить все элементы можно одновременным нажатием клавиш (горячие клавиши) **Ctrl + A**.

2 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Параметры триангуляции** задать:

- метод создания сетки конечных элементов – **ReGindQuad**;
- шаг триангуляции – **6 м**.

3 Нажать кнопку **Назначить** (рисунок 3.39)

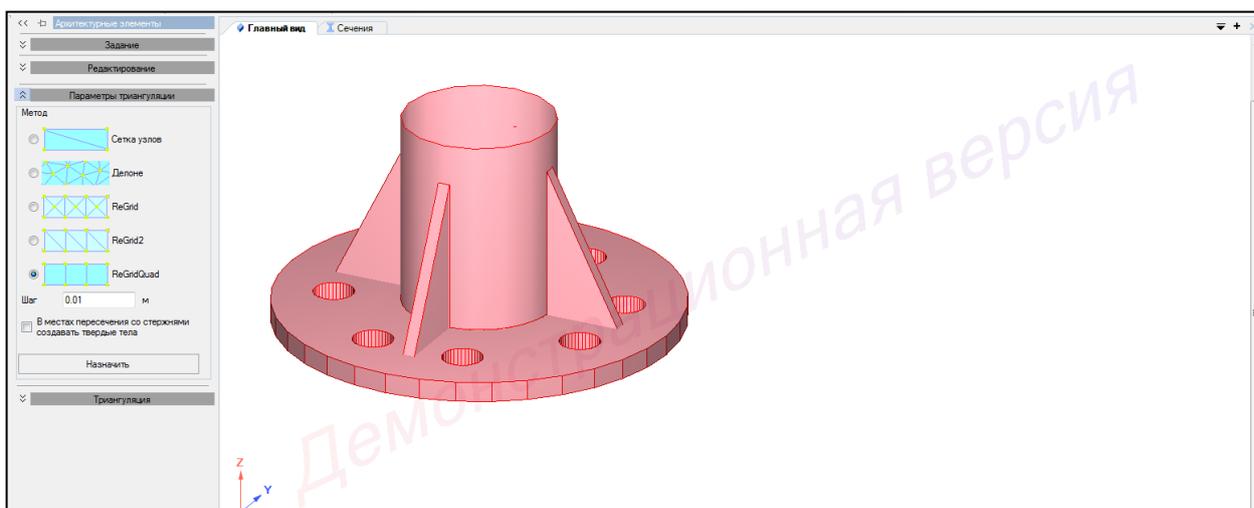


Рисунок 3.39 – Панель активного режима **Архитектурные элементы** (параметры триангуляции)

4 В контекстном меню выбрать **Выбор** → **Выбрать объекты** (кнопка  на панели инструментов) или одновременно нажать клавиши **Ctrl + Shift**.

При движении рамки слева направо полным попаданием выделить колонны.

Также выделить все элементы можно одновременным нажатием клавиш (горячие клавиши) **Ctrl + A**.

5 В панели активного режима **Архитектурные элементы** во вкладке **Триангуляция** нажать кнопку **Триангулировать** (остальные параметры активны по умолчанию) (рисунок 3.40).

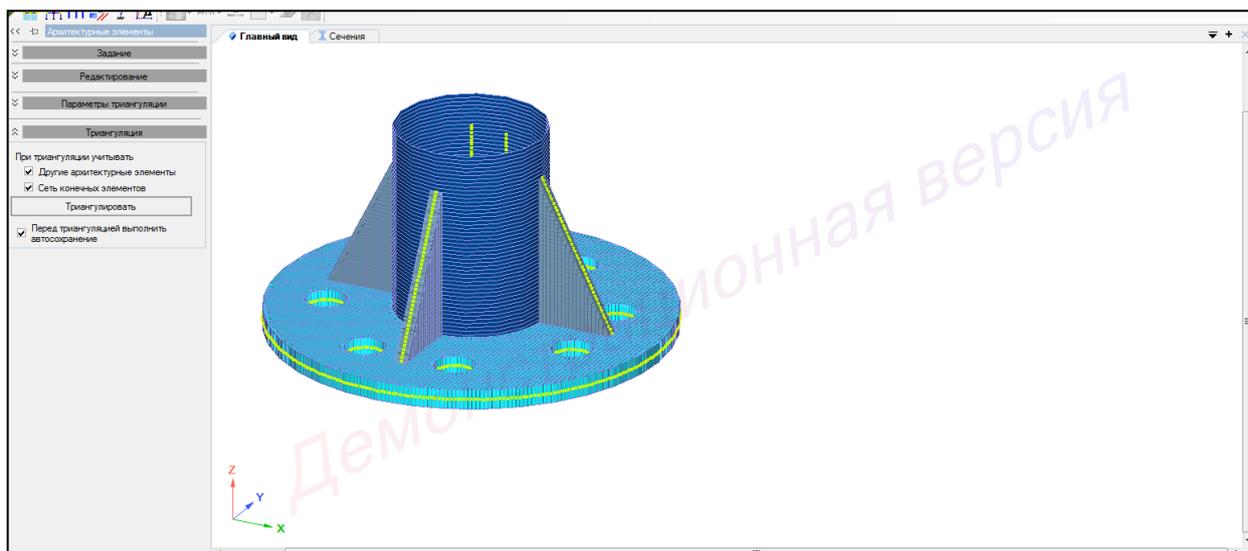


Рисунок 3.40 – Панель активного режима Архитектурные элементы (триангуляция)

Список использованных источников

- 1 Сайт компании «ЛИРА софт» (Москва), являющейся правообладателем программного комплекса ЛИРА 10. – Режим доступа: <https://lira-soft.com>.
- 2 Варданян, Г.С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности / Г.С. Варданян [и др.]. – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 568 с.
- 3 Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов / Пер. с англ. А. С. Алексеева и др.; Под ред. А. Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат, 1982. – 448 с., ил. – Перевод изд.: Numerical methods in finite element analysis /К.-J. Bathe, E.L. Wilson (1976).
- 4 Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – Киев.: издательство «Факт», 2005. – 344 с.
- 5 Шимановский, А. О. Применение метода конечных элементов в решении задач прикладной механики: учеб. – метод. пособие для студентов технических специальностей / А. О. Шимановский, А. В. Пуцято; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2008. – 61 с.