

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРИМЫКАНИЯ ПРИ ВВОДЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ РАСЧЕТЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

### MODELING OF JUNCTION AN INPUT TO THE CALCULATION OF BUILDING STRUCTURES USING FINITE ELEMENT

*Макалада чектелген элементтер ыкмасында эсептөө үчүн курулуш конструкциялардын туташуу шарттарынын баштапкы маалыматтарды даярдоо маселелеринин чечилишинин жаңы ыкмасы келтирилген. Бул ыкма конструкциялардын туташуусунун реалдык шарттарын өтө так аныктайт.*

**Ачык сөздөр:** конструкция, туташуу, эсеп-кысап, чектелген элементтер.

*В статье приводится новая методика решения задач условий примыкания конструкций при подготовке исходных данных для расчета строительных конструкций методом конечных элементов. Эта методика позволяет с большой точностью описать реальные условия примыкания конструкций.*

**Ключевые слова:** конструкция, примыкание, расчет, конечные элементы.

*The article provides a new method for solving the conditions of contiguity of structures in the preparation of initial data for calculation of building structures by finite element method. This technique allows to describe accurately the real conditions of junction structures.*

**Keywords:** structure, joint, calculation, finite elements

**Введение.** В настоящее время существует множество программ для расчета прочности несущих элементов зданий и сооружений. В нашем регионе в основном пользуются двумя украинскими программно-вычислительными комплексами, это «Лира» и «SCAD».

ПВК SCAD (Лира) реализована как интегрированная система прочностного анализа и проектирования конструкций [2] на основе метода конечных элементов (МКЭ) и позволяет определить напряженно-деформированное состояние конструкций от статических и динамических воздействий, а также выполнить ряд функций проектирования элементов конструкций. В основу комплекса положена система функциональных модулей, связанных между собой единой информационной средой. Эта среда называется проектом и содержит полную информацию о расчетной схеме, представленную во внутренних форматах комплекса. В процессе формирования расчетной схемы проект наполняется информацией и сохраняется на диске в файле [1].

Использование именно этих программ связано с тем, что они наиболее приспособлены к строительным нормативным документам и стандартам СССР и постсоветских государств. Как мы указывали в предыдущих статьях [3, 4], кроме преимуществ есть и ряд недостатков, одна из которых описывается в данной статье. Основа этих программ одна, поэтому и проблемы тоже часто идентичны.

**Цель исследования.** На стадии моделирования при расчете несущих элементов зданий и сооружений возникает ряд проблем, связанных с перенесением реальных объектов в расчетную модель. Одна из проблем – это задание условий примыкания (соединения, опирания и пр.) несущих элементов.

Наиболее просто производится моделирование жестких соединений, будь то стержневых или двумерных конечных элементов. К примеру, жесткое соединение колонн к ригелю или монолитной плиты перекрытия к ригелю либо к монолитной стене, главное, чтобы узлы соединяемых конечных элементов попарно совпадали.

Также существуют примыкания стержней (и только стержней) к узлам расчетной схемы: освобождения угловых связей (шарнир) или освобождение линейных связей (ползунок). В пространственной схеме всего 6 степеней свободы: линейные и угловые вдоль трех осей координат [1]. Если освобождается одна из угловых связей, то это означает, что стержень имеет цилиндрический шарнир.

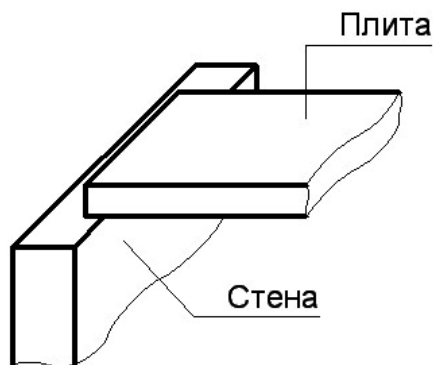


Рис 1, а

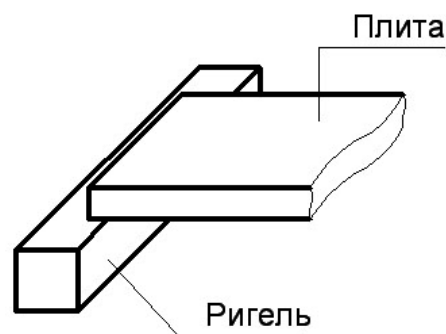


Рис 1, б

Рис.1. а) Опираение сборной железобетонной плиты на несущую стену. б) опириание сборной железобетонной плиты на ригель.

**Методика исследования.** Рассмотрим проблемы, возникающие при моделировании шарнирного примыкания (освобождение угловых связей) между плитами-оболочками друг с другом и плитами-оболочками со стержневыми конечными элементами. Примерами таких примыканий в реальных объектах могут быть опириание сборной железобетонной плиты на несущую стену (две плиты-оболочки, Рис. 1.а) и опириание сборной железобетонной плиты на железобетонный ригель (плита-оболочка со стержнем, Рис. 1. б).

Эти проблемы связаны с тем, что в существующих программно-вычислительных комплексах (ПВК) шарниры могут содержаться лишь в стержневых конечных элементах.

Конечно, в ПВК существуют некоторые методики, позволяющие обойти эту проблему. В библиотеке конечных элементов есть абсолютно жесткие вставки (АЖВ) – тип конечных элементов с бесконечной (с большой) жесткостью, превышающей жесткости обычных строительных материалов на несколько порядков. АЖВ служит как бы мостиком между соединяемыми конечными элементами, а так как это стержень, то есть возможность приделать к нему шарнирную вставку.

Но при использовании АЖВ возникают другие проблемы, связанные именно с бесконечной жесткостью самого АЖВ. Когда конечные элементы с большой разницей в жесткости соединены или располагаются рядом, то при расчете матрицы жесткости возникают большие вычислительные погрешности. Известно, что числа в компьютере представляются в виде мантиссы и показателя. Таким образом, когда число с большим показателем (в нашем случае жесткость АЖВ) вступает в математическую операцию с числом с малым показателем (жесткость обычного строительного материала), то значение малого числа не влияет на итог математической операции. Это естественно приводит к определенным ошибкам, как при вычислении, так и в конечных результатах.

Так как экспериментальные расчеты реальных объектов тоже показали, что введение АЖВ дает погрешности, и оказывает влияние на конечные результаты, то мы решили отказаться от абсолютно жестких вставок и ввели вместо них стержневые вставки,

размеры и жесткость которых соответствуют жесткостям соединяемых конечных элементов и наиболее близко описывают реальные схемы примыкания конструктивных элементов. На Рис.2.а) показан пример опирания сборной железобетонной плиты перекрытия на кирпичную стену, а на Рис. 2.б) расчетная схема этого же примера.

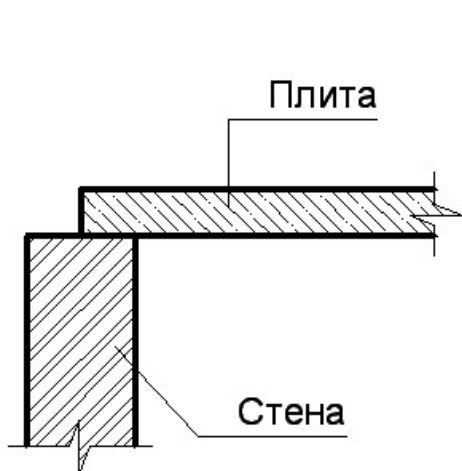


Рис 2, а

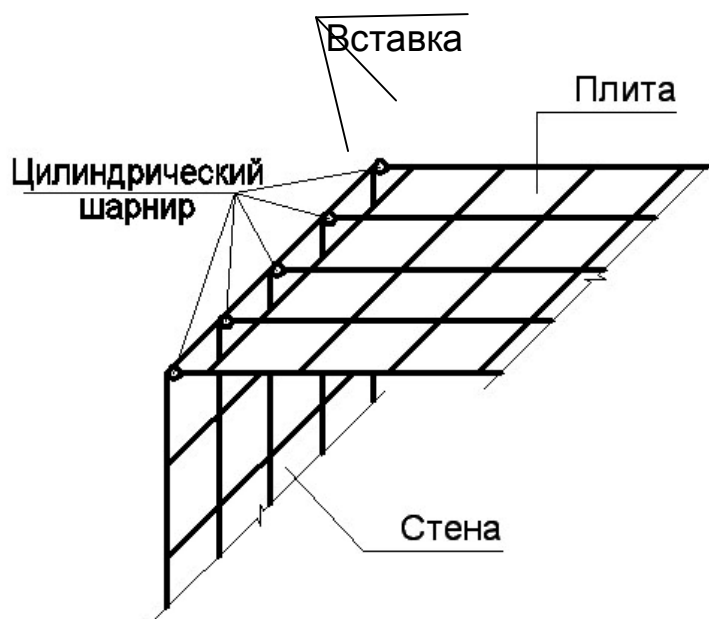


Рис 2, б

Рис.2.а) Опирание сборной железобетонной плиты перекрытия на кирпичную стену; б) расчетная схема этого же примера.

Стержневые вставки служат продолжением плиты перекрытия для того, чтобы в конце вставить цилиндрический шарнир – освобождение угловой связи по локальной оси  $Y_1$ , а с конечными элементами плиты вставки соединяются жестко. При этом значение изгибающего момента в опорной точке плиты перекрытия должен быть нулевым.

При задании характеристик нашей вставки необходимо предварительно рассчитать его жесткость таким образом, чтобы она соответствовала жесткости плиты перекрытия. Например, если толщина железобетонной плиты перекрытия равна 200мм, а ширина ее конечных элементов 400мм (шаг вставок), то высота стержней будет тоже 200мм, а ширина 400мм.

Длина конечного элемента вставки должна равняться длине опорной части плиты перекрытия на несущий элемент (обычно 90-140мм), в этом случае результаты наиболее точно передает характеристику условий примыкания.

**Выводы.** Многочисленные расчеты реальных зданий и сооружений показали, что данная методика замены АЖВ на стержневые вставки обычной жесткости с введением шарниров точнее передает реальные условия опирания, что естественным образом влияет на конечные результаты расчетов. А эти результаты влияют на конструирование и в итоге на качество строительства, безопасность сооружений и экономию строительных материалов в целом.

#### Список литературы

1. Карпиловский В.С. Вычислительный комплекс SCAD [Текст] / В.С. Карпиловский, Э.З.Крискунов, А.А. Маляренко и др. - М.: Издательство АСВ, 2004. – 592с.
2. СНиП 2.01.03-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» [Текст]. - с.24
3. Маруфий А. Т. Эргономичная методика и программный комплекс по подготовке исходных данных для расчетов строительных конструкций с применением метода

конечных элементов, нормативных форм и процедур [Текст] / А.Т.Маруфий, Ч.А.Капаров // Известия ОшТУ. – 2010. - №1. - с.34-37.

4. Капаров Ч. А. Ввод исходных данных при расчете двухэтажного коттеджа методом конечных элементов с использованием новых методик [Текст] / Ч.А.Капаров // Известия ОшТУ. – 2010. - №1. - с.26-29.