

Применение программного комплекса SCAD Office для расчета и армирования монолитной железобетонной плиты

Москва 2023, Сизов Д.К.

# Постановка задачи расчета плиты в SCAD

Железобетонные плоские перекрытия – наиболее распространенные конструкции в промышленных и гражданских зданиях и сооружениях. Их широкому применению в строительстве способствуют:

— простота изготовления и расход материалов на опалубку (плоская форма и минимальная площадь поверхности из-за отсутствия балок);

— площадь, подвергающаяся последующей отделке;

— возможность применения более жестких бетонов (экономит расход цемента и уменьшает усадку бетона);

— гладкий потолок;

— сравнительно малые габариты перекрытия, что дает экономию кубатуры здания и уменьшает расход на эксплуатацию здания и ограждающие конструкции. Некоторое время монолитные безбалочные, бескапительные перекрытия не имели

должного распространения из-за неясности в оценке действительной работы конструкции.

Это особенно актуально для плит перекрытия многоэтажных зданий, имеющих ряд особенностей: сложную конфигурацию в плане; хаотично расположенные отверстия, балки, опоры различного сечения (диафрагмы, пилоны, колонны); неравномерные осадки опор плиты, обусловленные в большей степени не нагрузкой на плиту рассматриваемого перекрытия, а неравномерным укорочением вертикальных элементов в общей схеме здания.

Одним из решений приведенных выше проблем является расчет методом конечных элементов (МКЭ) с применением вычислительного комплекса SCAD.

# Постановка задачи расчета плиты в SCAD (продолжение)

В рамках данного занятия предлагается выполнить сбор нагрузок, создать конечно-элементную модель, выполнить расчет и подбор арматуры для **плоской плиты перекрытия** монолитного железобетонного здания методом конечных элементов, реализованным в программновычислительном комплексе SCAD Office. В качестве расчетной схемы предлагается **обособленная монолитная плита перекрытия**, шарнирно опертая на нижележащие конструкции и воспринимающая только вертикальные нагрузки.

Данный тип схемы является наиболее распространенным среди начинающих специалистов за счет своей простоты. Но область ее применения сильно ограничена, так как не учитываются особенности действительной работы конструкции в целом. Применение такой расчетной схемы допустимо лишь в случае, когда горизонтальные нагрузки на здание и деформации основания не оказывают заметного влияния на напряженное состояние конструкций перекрытия. Это имеет место, если несущая система здания (сооружения) включает достаточно мощные ядра и диафрагмы жесткости, а осадки фундаментов удовлетворяют требованиям современных строительных норм и правил.

# Дискретизация области

Анализ методом конечных элементов начинается с дискретизации исследуемой области (области задачи) и делении ее на ячейки сетки. Такие ячейки называют *конечными элементами* 



Схематичное отображение сетки конечных элементов

Основное отличие МКЭ от классических алгоритмов вариационных принципов и методов невязок заключается в **выборе базисных функций**. Они берутся в виде кусочно-непрерывных функций, которые обращаются в нуль всюду, кроме ограниченных подобластей, являющихся конечными элементами. Это ведёт к ленточной разреженной структуре матрицы коэффициентов разрешающей системы уравнений.

# Функции формы конечных элементов

Сущность аппроксимации сплошной среды по МКЭ состоит в следующем: 1. Рассматриваемая область разбивается на определенное число КЭ, семейство элементов во всей области называется системой или сеткой конечных элементов;

2. Предполагается, что КЭ соединяются между собой в конечном числе точек – узлов, расположенных по контуру каждого из элементов;

3. Для каждого КЭ задается аппроксимирующий полином





Функция для линейного элемента

#### Функция для двухмерного элемента

Степень аппроксимирующего полинома определяет число узлов, которым должен обладать элемент, – оно должно равняться **числу неизвестных коэффициентов**, **входящих в полином**. **5** 

# Точность и устойчивость МКЭ

Искомые функции в пределах каждого КЭ (например, распределение перемещений, деформаций, напряжений и т. д.) с помощью *аппроксимирующих функций* выражаются через узловые значения, представляющие собой *основные неизвестные МКЭ*. Искомая аппроксимирующая функция:

$$u(\bar{x}) = \sum_{i=0}^{r} h_i(\bar{x}) q^i$$

h(x) - координатные/базисные функции, т.н. функция формы;

q - неизвестные коэффициенты(значения в узлах).

В матричном виде:

$$\overline{U}(\overline{x}) = \overline{H}\overline{U}$$

Аппроксимация, как правило, дает приближенное, а не точное, описание действительного распределения искомых величин в элементе. Поэтому результаты расчета конструкции в общем случае также являются приближенными.

Под точностью понимается отклонение приближенного решения от точного или истинного решения. Устойчивость, прежде всего, определяется ростом ошибок при выполнении отдельных вычислительных операций.

Под сходимостью подразумевается постепенное приближение последовательных решений к предельному, по мере того, как уточняются параметры дискретной модели, такие как размеры элементов, степень аппроксимирующих функций и т. п. В этом смысле понятие сходимости аналогично тому значению, которое оно имеет в обычных итерационных процессах. Таким образом, в сходящейся процедуре различие между последующими решениями уменьшается, стремясь в пределе к нулю.

#### Зависимость решения от параметров

Перечисленные выше понятия иллюстрируются на следующем графике. Здесь абсцисса обозначает степень уточнения параметров дискретной модели, а ордината определяет полученное при этом уточнении приближенное решение. На графике показан монотонный тип сходимости, при котором точность решения повышается плавно.



Наилучшим в этом смысле являются КЭ в виде правильных многоугольников (квадрат, равносторонний треугольник, куб, правильный тетраэдр); приемлемыми являются элементы с отношением сторон до - примерно 1:4 и углами от 25° до 155° Ошибки наиболее существенны, если конечные элементы сильно вытянуты или имеют углы, величина которых близка к 0° или 180°. В этом случае расчет напряженно-деформированного состояния элемента становится плохо обусловленным (часть вблизи очень острого угла "не чувствует", что происходит в остальном элементе). С целью не допустить здесь больших ошибок разработчики пакетов КЭ обычно ограничивают отношение сторон элемента и величины углов; в пакеты вводятся специальные средства проверки элементов, рекомендующие пользователю - если необходимо - перестроить сетку или делающие это автоматически.

## Задание граничных условий и материалов

Аппроксимировав область задачи набором дискретных конечных элементов, мы должны задать **характеристики материала и граничные условия** для каждого элемента. Указав различные характеристики для различных элементов, мы можем анализировать поведение объекта, состоящего из различных материалов. Граничные или краевые условия для данных дифференциальных уравнений делятся на два основных типа: *существенные и естественные*. Обычно, существенные условия накладываются на искомую функцию, а естественные – на ее производные по

пространственным координатам.

С позиции метода конечных элементов **существенные** граничные условия – это такие, которые непосредственно влияют на степени свободы модели и накладываются на компоненты глобального вектора неизвестных **U** (перемещения, кинематические условия). Наоборот, **естественные** граничные условия – это такие, которые опосредованно влияют на степени свободы через глобальную систему конечноэлементных уравнений и накладываются на правую часть системы – вектор **F** (действующие силы).

К естественным граничным условиям в механических приложениях МКЭ относят условия, наложенные на различные внешние силовые факторы.

Кроме граничных условий, для разрешения уравнений необходимо задать **характеристики материала** для каждого КЭ, из которого изготавливается объект исследования. К примеру, в исследовании напряженно деформированного состояния параметры определяют связь напряжения и деформации

#### Создание нового проекта для расчета плиты

# Создадим новый проект со схемой общего вида:

	оект		utada 🗮
Наименован	ие Плита1		🗸 ОК
Организация	a [		🗙 Отмена
Объект		- T	🧼 Справка
Отандарт Вариация Монтаж	моделей	Единицы измерен	ния
Форум	н	ормы проектиров	ания
ответственно	сти	1	•
ответственно Точность оце	нки совпадающ	1 их узлов 0.01	• M
ответственно Точность оце Тип схемы	юти нки совпадающ 5 - Система общ	1 их узлов 0.01 его вида	т м
ответственно Точность оце Тип схемы Положение в простравств е	нки совпадающ 5 - Система обш Перемещенн узле по направлення общей систе:	1 их узлов 0.01 его вида я в ям мы	• М Характеристики конструкций

Кнопками Единицы измерения и Нормы проектирования вызываются диалоговые окна, в которых производятся настройки соответствующих параметров. По умолчанию силы задаются в тоннах, размеры расчетной схемы в метрах, размеры сечений в сантиметрах. Из списков норм проектирования необходимо выбрать актуализированные редакции сводов правил (СП) действующих на территории Российской Федерации.



#### Расчет плиты. Создание сетки осей

Коэффициент надежности по ответственности принимаем равным 1,0 для сооружений класса КС-2 нормального уровня ответственности. После создания файла проекта управление передается **Дереву проекта**, а после открытия раздела **Расчетная схема** - графическому препроцессору, в котором формируется расчетная схема. Рассмотрим план типового этажа здания



#### Создание сетки осей

Сетку осей создадим с использованием инструмента 

«Co	оздание се <sup>.</sup>	тки разби	зочных осей»		Управление Схо	ема Назначения Уз.	пы и Элементы <u> </u> Загру
Задание	сетки разбивки		×	Задание сетки разбивки		x	J
<b>F</b>		210		Параметры сетки	Πο	одольная разбивка	
-	Поперечная разбивка	a Doo	Отметки уровня	Поперечная разби	18ка	Отметки уровня	
	Шаг по направлению> м 1 5.25 2 6.88 3 6.91 4 6.88 5 5.26	Количество шагов	1.2.3 Имена осей, определяемые пользователем	Шаг по направлени м 1 7.46 2 9.090 3 7.550	но Y Количество шагов 1 1 1 1	А,Б,В ▼ Имена осей, определяемые пользователем	
	т дооавить	• Эдалить	🗙 Отмена 🔗 Справка	+ Добавить	<u>Х</u> Удалить	🗙 Отмена 🧼 Справка	
				1			

Задание продольных осей

Задание поперечныхх осей

Sa CA +

GR GR CA

# Задание сетки осей (продолжение)

Активируем кнопку фильтров отображения 👫 и, далее, нажав на ней правой кнопкой

Зададим режим отображение осей, координатных линий



Создадим узлы на пересечении осей

Для этого зайдем в раздел «Узлы и элементы» и выберем кнопку «генерация узлов на пересечени осей»



В следующем диалоговом окне поставим соответствующие галочки

		В проде	ольном на	апра	вле	нии		B none	речном н	anpa	влении	6 I)		
Участвует в пересечении	Название	Весь интервал	От			До	В ИНТ	Весь тервал	От		До			
		K	1	-	7	6	-	1	A	-	Г <u>.</u>	-		
									Не созд	abatt	узлы 1	там гд	е они ес	ть

#### Сетка осей с нанесенными узлами

На следующем рискунке представлена сетка осей с нанесенными узлами (при выборе фильтра «Отобразить узлы»



Создание узлов плиты вне точек пересечения осей Введение в схему дополнительных узлов, позволяющих описать действительную геометрию осуществим с использоваанием кнопки «Ввод узлов на заданном расстоянии отмеченных»



15

Создание узлов плиты вне точек пересечения осей Введение в схему дополнительных узлов, позволяющих описать действительную геометрию осуществим с использоваанием кнопки «Ввод узлов на заданном расстоянии отмеченных»



16

#### Произведем закрепление узлов модели

Для последующего выбора стен и колонн в пределах сгенерированной сетки конечных элементов плиты произведем закрепление всех узлов модели (все узлы закрепляются по оси Z и только несколько по осям X и Y и Uz



#### Создание контура плиты на основе узлов

Обведем внешний и внутренний контуры инструментом «Генерация сетки произвольной формы на плоскости»



#### Генерация сетки конечных элементов

Для генерации сетки конечных элементов нажмем на кнопку:



#### Задать шаг 0,4 м

Метод триангуляции <ul> <li>А. Только на заданных узлах</li> <li>Б. Без разбиения участков контура</li> <li>В. С разбиением контура</li> <li>Г. Только на узлах контура</li> <li>Назначение шага триангуляции</li> </ul>	<ul> <li>Триангуляция со сгущением у границ контура</li> <li>Создание ортогональной сетки с минимальным количеством элементов</li> <li>Создание ортогональной сетки с заданным максимальным размером и емента</li> <li>Создание ортогональной сетки.</li> <li>заданным максимальным размером и емента без разбиения участков контура</li> </ul>	A B	
<ul> <li>Шаг триангуляции</li> <li>0.4 м</li> <li>Объединить 3-х узловые элементы в 4</li> </ul>	коэффициент огущения сетки		Отметить
З Жесткости	ОК 🗙 Отмена 🥔 Справка		

Для обеспечения точности объединять 3-х узловые элементы в 4-х узловые 19

#### Генерация сетки конечных элементов (1 вариант)

В этом случае получим «неправильную сетку» конечных элементов, для которой узлы сетки, которые должны были бы располагаться вдоль осей стен не будут совпадать с осями стен:



Отклонение от «средней линии стены», можно вручную подправить, подвинув узлы 20

Генерация сетки конечных элементов (2 вариант)



# Результат генерация сетки конечных элементов (2 вариант)



Области сгущения сетки в местах расположения оси стен

#### Сгущение сетки в местах прохождения стен

Области сгущения сетки в местах расположения оси стен



Закрепления промежуточных узлов стен



# Плита с закреплениями в местах установки стен и колонн (по Z и в нескольких местах по X.Y, Uz)



На завершающем этапе генерации сети её нужно установить в расчетную схему с помощью соотвествующей кнопки

#### Оценка качества триангуляции

Теоретически с точки зрения конечно-элементного анализа оптимальным является разбиение изучаемой модели на конечные элементы, имеющие форму простейших равносторонних фигур (квадрат, равносторонний треугольник, равносторонний тетраэдр, куб).

В программе SCAD Office оценка качества полученной сетки конечных элементов производится с помощью кнопки:-

i ma	строик	и ви	д Окно Сервис	Справка										
<u>م</u> +	C.P	Ħ,	# 8 7 %		🎍 🕸 • 😫 🗽	: # 🖏	<b>m</b> 111	, 🔛 🏓	$\sim$	×				
nen	e Cxe	sua	Назначения Узг	пы и Эпе	иенты Загружения	- milli	Монтаж							
	-													
	22. Set		21 Il 12		1 2 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日	14 🔤	寒歌る			*				
	3	Узл	ы ]Элементы]											
i d	9	暫												
S Ø	9	Cont		ma										
7		Nº.	→ max	mi										
ŕ	7	Nº	Имя	-	🕵 Качество триан	×								
	9	12			С:\SDATA\Плита2	5.SPR*					0.550			
	₽	15							φ	5 25	ę	6.88	ා	6.91
5		16						T	_	0.20				
	2	20	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		Четырехугол	ьники - к		0	102060	<u>0.0204 11040 0.0</u>	970 <u>5621 0105</u>	<u>0509, 10070402000, 0</u>	103050 <u>9, 1107040</u>	<u>2011 - 11: 01020508 , 12080</u> :
1 2	9	31												
. 2	9	33			1.4 1.30				111111	****	111111	*****		
	\$	36								<u>DDDDDDD</u>			0000000000	<u>9999999999999</u>
2 💡		37									04900			
1 7		38			📼 Шкала 📖			55	• • • •					
Ť ė	-	39			🗵 фрагмента 🤷	<u></u>		7					<u> <u> </u></u>	<u>ġġġġġġġġġġġ</u> ġ
1		42			Закрыты	M			111		144 17			
E) d		43												000000000000000000000000000000000000000
<b>b</b>	1	44												

25

## Удаление введенных ранее линейных

#### элементов

Для удаления используемых ранее балочных элементов, используемыъх для задания центральной оси «внутренних для контура плиты стен» произведем выбор стержневых элементов и их последующее удаление

Для выделения только стержней можно использовать меню:





Вспомогательные балки

#### Сбор и назначение нагрузок

Собственный вес является постоянной нагрузкой. Нормативное значение веса конструкции в ПК «SCAD Office» вычисляется автоматически как произведение объёмного веса материала на толщину пластины. Операция выполняется только тогда, когда задан объемный вес всех элементов.

Конструкции сооружений и вид грунтов	Коэффициент надежности по нагрузке у/
Конструкции Металлические, за исключением случаев, указанных в 7.3 Бетонные (со средней плотностью свыше 1600 кг/м <sup>3</sup> ), железобетонные, каменные, армокаменные, деревянные Бетонные (со средней плотностью 1600 кг/м <sup>3</sup> и менее), изоляционные, выравнивающие и отделочные слои (плиты, материалы в рулонах, засып- ки, стяжки и т.п.), выполняемые: в заводских условиях	1,05 1,1 1,2
на строительной площадке	1,3
Грунты В природном залегании На строительной плошалке	1,1
Примечание – При определении нагрузок от грунта следует учитывать на в, передаваемые на груит.	грузки от складируемых мате-
Сооственный вес Козффициент включения собственного веса 1.1	окно задания собственного
Производить замену ранее назначенной нагрузки           •         ОК         Справка	27

## Задание собственного веса

Для назначения расчетной нагрузки от собственного веса плиты выбираем вкладку Загружения → Собственный вес

После активации операции появляется диалоговое окно Собственный вес (рис. 3.1.), в котором назначаются коэффициент включения собственного веса (коэффициент надежности по нагрузке) и правила моделирования нагрузки.

Нагрузки от собственного веса задаются как распределенные силы, приложенные на элементы по направлению оси Z общей системы координат. Для отображения распределенных нагрузок на схеме используется кнопка фильтров **Распределенные** нагрузки, для отображения значения интенсивности нагрузки - кнопка фильтров **Значения** нагрузок. Также

для отображения нагрузок на пластины удобно использовать кнопку Построение карты распределенных нагрузок на панели фильтров.

После завершения ввода нагрузок текущее загружение необходимо сохранить, выбрав команду Сохранить/Добавить загружение вкладки Загружения. После активации этой операции появляется диалоговое окно Сохранение загружения



## Запись загружения – собственный вес

Запись загружения производится с использованием кнопки:

Коэффициент надежности по нагрузке будет назначен автоматически при правильном выборе Длительности, типа нагрузки: вес ж/б конструкций и.т.д





Далее надо хаписать загружение и нажать Ок

### Сбор нагрузок на плиту

Вес покрытия так же, как и собственный вес, является постоянной нагрузкой, так как действует на всем протяжении эксплуатации здания. Предполагаемый состав пола показан на рисунке

паркетная доска	20 MM
твердая плита ДВП	5 MM
цементно-песчаная стяжка	40 MM
экструдированный пенополистирол	30 MM
ж.б.плита перекрытия	200 MM

5000	00000	000000	000000	00000	00000	0000
1	17	K. 9	77	11	1/1	7
T/	:1	V/	11	11	11)	//
Y/	11	1//	111	11	11	1

	Нормативное зна-		Расчетное значе-
Нагрузка	чение нагрузки	$\gamma_{\rm f}$	ние нагрузки g <sub>p</sub> ,
	g <sub>n</sub> , т/м <sup>2</sup>		т/м <sup>2</sup>
Звукоизоляционный слой из экструдиро- ванного пенополистирола плотностью ρ=35 кг/м <sup>3</sup> и толщиной t=0,03 м	35*0,03/1000= 0.015	1,3	0,020
Цементно-песчаная стяжка р=1800 кг/м <sup>3</sup> , t=0,04 м	1800*0,04/1000= 0,072	1,3	0,094
Плиты ДВП р=800 кг/м <sup>3</sup> , t=0,005 м	800*0,005/1000 = 0,004	1,2	0,005
Паркетная доска р=600 кг/м <sup>3</sup> , t=0,02 м	600*0,02/1000= 0,012	1,3	0,016
Итого:			0,135

#### Приложение расчетной нагрузки от веса покрытия

Для приложения нагрузки отвеса покрытия перейдем на вкладку Загружения

	다. 마. 카는 뉴 카 Управление Схема Н	4 🎶 🛃 🗳 🐼 + 😹 Назначения <mark>Нагрузки на плас</mark>	<u>з і і с</u> е <sub>гины</sub> Загр		Выберем з нагрузки н	задание а пластины
<ul> <li>Задание нагрузок на пластинчать</li> <li>Система координат нагрузки</li> <li>Общая система координат</li> <li>Местная система координат</li> <li>Вид нагрузки</li> <li>Сосредоточенная</li> <li>Сосредоточенная</li> <li>По линии</li> <li>Трапециевидная</li> <li>По линии</li> </ul>	е элементы Оболочки (плиты) Балки-стенки	Тип системы координат : Все Тип нагрузок : Все Все Вид Система Направле 1 ↔ Координат е 1 ↔ Состема Система нагрузки координат е 1 ↔ Система Система награвле	ни Р1 0.14			
<ul> <li>Собственный вес</li> <li>На группу элементов</li> </ul>	Значение нагрузки Р 014 Т/м <sup>2</sup>	Сохранение загружения           №         Имя :           2         Покрытие	Тип загружения : Ви Постоянные ▼ Ве Козффициент и э	а нагрузки: вс бетоннь 🔹 🔲 Норматив	ная нагрузка	• Записать как новое
🖌 ОК 🗶 Отмена 🝭 Справ	κa	№ Загружения	надежности по 11.2 нагрузке Тип загружения	Доля длительности Вид Коэффициент надежности длит	Доля ельности Нормативное загружение	Заменить м Отменить запись
Введем расче значение Зададим но	вое	1         Собственный вес           2         Покрытие	Постоянные нагрузк Постоянные нагрузк	на нагрузке Вес бетоннь 1.1 1 Вес бетоннь 1.2 1		<ul> <li>✓ ОК</li> <li>Х Отмена</li> <li></li></ul>
загружение						31

### Полезная нагрузка

# Полезная нагрузка (нагрузка от людей) в соответствии с [3] относится к равномерно распределенным кратковременным нагрузкам.

№ m.	Помещения зданий и сооружений	Нормативные значения рав- номерно распределенных нагрузок <i>P<sub>t</sub></i> , кПа, не менее	№ пп.	Помещения зданий и сооружений	Нормативные значения рав- номерно распределенных нагрузок <i>P<sub>i</sub></i> , кПа, не менее
1	Квартиры жилых зданий; спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; палаты больниц и санаториев; террасы	1,5	10	Балконы (лоджии) с учетом нагрузки: а) полосовой равномерной на участке шириной 0,8 м вдоль огражде- ния балкона (лоджии) б) сплошной равномерной на площади балкона (лоджии), воздей- ствие которой не благоприятнее, чем определяемое по 10, <i>а</i>	4,0 2,0
	Служебные помещения административного, инженерно-технического,	2,0	11	Участки обслуживания и ремонта оборудования в производственных помещениях	1,5
2	научного персонала организаций и учреждений; офисы, классные по- мещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и обще-		12	Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним прохо- дами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях: а) 1, 2 и 3 б) 4, 5, 6 и 11	3,0 4,0
	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории учреждений просвещения, науки; помещения электронно- вычислительных машин; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ате- лье и т.п.); технические этажи жилых и общественных зданий высотой менее 75 м; подвальные помещения	2,0	13 14	<ul> <li>в) 7</li> <li>Перроны вокзалов</li> <li>Помещения для скота:</li> <li>а) мелкого</li> </ul>	5,0 4,0 2,0
	<ul> <li>Залы: <ul> <li>а) читальные</li> <li>б) обеденные (в кафе, ресторанах, столовых и т.п.)</li> <li>в) собраний и совещаний, ожидания, зрительные и концертные, спортивные, фитнес-центры, бильярдные</li> <li>г) торговые, выставочные и экспозиционные</li> <li>Книгохранилища; архивы</li> <li>Сцены зрелищных предприятий</li> <li>Трибуны:</li> <li>а) с закрепленными сиденьями</li> <li>б) для стоящих зрителей</li> </ul></li></ul>	2,0 3,0 4,0 5,0 5,0 4,0 5,0	и и и и и и и и и и и и и и и и и и и	О) крупного П р и м с ч а н и я Нагрузки, указанные в поз. 8, следует учитывать на площади, не занятой оборудо Рагрузки, указанные в поз. 9, не следует учитывать одновременно со снеговой ни В Нагрузки, указанные в поз. 10, следует учитывать при расчете несущих констр тков стен в местах защемления этих конструкций. При расчете нижележащих уч рваний нагрузки на балконы (лоджии) следует принимать равными нагрузкам при ий зданий и снижать их с учетом 8.2.4 и 8.2.5.	5,0 ванием и материалами. прузкой. зукции балконов (лоджий) и настков стен, фундаментов и имыкающих основных поме- х 3, 42, 5, 6, 11 и 14 спелует
9	Чердачные помещения Покрытия на участках: a) с возможным скоплением людей (выходящих из производственных помещений, залов, аудиторий и т.п.) б) используемых для отдыха в) прочих	0,7 4,0 1,5 0,7	прин	имать по заданию на проектирование на основании технологических решений.	32

### Расчет плиты (продолжение)

Помимо нагрузки от людей, необходимо учесть нагрузки от перегородок. Поскольку здание современное со свободной планировкой и заранее не известно расположение перегородок (нам известно лишь то, что они будут кирпичными с толщиной 120 мм при высоте этажа 3,3 м), по опыту проектирования аналогичных зданий принимаем эквивалентную равномерно распределенную нагрузку с нормативным значением 0,2 т/м2. Коэффициент надежности по нагрузке принимается по табл. со слайда 27. Далее будем считать, что в осях В-Г 1-2 и В-Г 6-7 будет действовать нагрузка равная 0,25 т/м2, а на остальных участках 0,4 т/м2

Перед началом задания полезной нагрузки рекомендуется активировать отображение нагрузок на пластины с помощью кнопки Построение карты распределенных нагрузок на панели фильтров. Далее, не закрывая появившееся диалоговое окно Карта нагрузок на

элементы можно переходить к загружению участков плиты.

Операция **Построение карты распределенных нагрузок** позволяет своевременно проверять правильность задания нагрузки на конечные элементы плиты перекрытия. При её активации элементы расчетной схемы окрашиваются в различные цвета в зависимости от значения действующей на них нагрузки. А в диалоговом окне **Построение карты распределенных нагрузок** отображаются значения нагрузок на элементы соответствующих цветов.



#### Формирование РСУ

Определить расчетные сочетания — значит найти такие сочетания отдельных загружений, которые являются наиболее опасными для каждого проверяемого элемента, то есть

для каждого сечения стержневого элемента и каждого узла двухмерного или трехмерного

конечного элемента. При этом найденный набор комбинаций может не совпадать для различных элементов. Кроме того, каждому элементу соответствует не одно РСУ, а несколько.

Таким образом, для системы в целом мы получаем сочетания загружений, которые физически не действуют одновременно, поэтому нельзя построить «эпюру РСУ» или «изополя

РСУ».4 Поэтому, если есть необходимость увидеть результат одновременного действия нескольких загружений, необходимо воспользоваться режимом **Комбинации загружений**.

Операция подготовки данных РСУ вызывается из Дерева проекта в разделе Специальные данные, подраздел Расчетные сочетания усилий.

## Формирование РСУ (продолжение)

Формирование РСУ осуществим из дерева проекта:

					Загружени	19						
	Активное загружение	Активное загружение в РСП	Наименование	Тип загружения	Вид нагрузки	Знакопе ременны е	Участв Объедин ения	уют в групп Ззаимоис «лючени	овых опера Сопутств	ациях на вия	Коэф. адежно сти	Доля длител ности
1	V	V	Собственный вес	Постоянные на	вес бетонных ( 👻		E	E	<u> </u>	1.	.1	1
2	×	1	Покрытие	Постоянные на	вес бетонных к 👻		11	<u> </u>	<u> </u>	LI 1.	.3	1
3	V	1	Полезная	Кратковременн	Полные нагруз					1.	.2	0
Деа	активировать	, д	ерево РСУ	Загружения	не могут входить в	сочетания	а без загр	ужений		-	Удал	пение Р(
Деа	активировать агружение аметры	. д	ерево РСУ	Загружения Шаг ориентации г Связи загружений	не могут входить в площадок при анали	сочетания зе пласти	а без загр н 15 Типа	ужений град      сооружен	ий (при учет	те сейсми	Удал ГСС ики)	пение Р( Отчет
Деа 3 Пара Спи	активировать агружение аметры коок элементо	• Д в Унис	ерево РСУ 3	Загружения Шаг ориентации г Связи загружений Объединение	не могут входить в площадок при анали Сопутстви	сочетания зе пластин 1е	а без загр н 15 Тип ©	ужений град о сооружен Гражданскі Транспортн	ий (при учет ие и промыш ыые	те сейсми	Удал Г ики)	пение Р( Отчет 2016

## Расчет плиты (продолжение)

#### Результаты статического расчета





Mx



My

# Расчет плиты (подбор арматуры)

В режиме **Армирование сечений железобетонных элементов** выполняется подбор арматуры и экспертиза заданного армирования в элементах железобетонных конструкций по предельным состояниям первой и второй групп. Экспертиза и подбор арматуры в стержневых элементах выполняется в соответствии с методикой, предложенной Н.И. Карпенко Управление операциями ввода исходных данных для анализа несущей способности и подбора арматуры в элементах железобетонных конструкций выполняется в выполняется в о вкладке инструментальной панели **Железобетон** 





## Задание параметров армирования

появившемся диалоговом окне **Армирование пластин** задать имя группы, ввести или выбрать из списков необходимые данные в том числе, значение коэффициента надежности по ответственности, класс арматуры, коэффициенты условий работы и максимально допустимые диаметры продольной и поперечной арматуры, класс бетона и другие;

— нажать кнопку Добавить;

- ВЫЙТИ ИЗ ДИАЛОГОВОГО ОКНА, С ПОМОШЬЮ КНОПКИ ВЫХОВ

	💸 Армирование пластин
🕵 Армирование пластин	Общие параметры Бетон Прогибы и перемещения
Общие параметры Бетон. Прогибы и перемещения Конструктивное решение Коффициент надежности по ответственности 1 • Арматура Класс Козффициент условий работы Продольная А400 • 1 • • Поперечная А240 • 1 • •	Вид бетона Тяжелый • Класс бетона В40 •
Тип элемента Плита 🗾 Учитывать минимальное армирование	Влажность воздуха окружающей среды 40-75% 💌
	Козффициенты условий работы бетона
Расстояние до ц.т. арматуры	7 <sub>b1</sub> учет нагрузок длительного действия 0.9 💌
a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>3</sub> a <sub>4</sub>	У <sub>b2</sub> учет характера разрушения
MM MM MM	7 <sub>63</sub> учет вертикального положения при бетонировании 1
	7 <sub>65</sub> учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур 1
Расчет по трешиностойкости	
Учитывать требования норм по минимальному проценту армирования Максимальный процент 10 Дополнительные козфициенты условий в <u>53</u>	
Нормальных сечений при сейсмі 0	
Наклонных сечений при сейсмик ()	
Козффициент снижения граничні 0.85	
Бетона при особых (не сейсмиче 1	
Арматуры при особых (не сейсии 1.1 Козффициент понижающий расч 1	Козфициент условий твердения 1
Конструктивная группа Конструктивная группа	
т доовнть Удалит	Конструктивная группа Конструктивная группа + Добавить 🗙 Ударить
Список конечных элементов 1.5487 🔹 🔍 🧳 Справк.	
Список групп 🚽 👔 Копирова	ль Список конечных элементов 1-5487 🗸 🍭 Справка
🔲 Дополнительная группа 🧹 Поммениль. 🖌 🖌 Выхол	Список групп 👘 👘 Копировать
	Дополнительная группа
	Грименить Колод

39

# Подбор арматуры(продолжение)

Подбор арматуры происходит в автоматическом режиме, его результаты приведены ниже:



Нижняя по Х



Нижняя по Ү

Верхняя по Х



Верхняя по Ү

# Литература

- Карпиловский В.С., Крискунов Э.З., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А., Трофимчук А.Н. SCAD для пользователя. – Киев.: ВВП «Компас», 2000. – 332 с.
- Семенов А.,А., Габитов А.И. Проектно-вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе. Часть 1. Статический расчет : Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2005. 152 с.
- 3. Шапошников Н.Н., Кристалинский Р.Е., Дарков А.В. Строительная механика. М.2012. 703 с. Доступ из ЭБС «Лань».
- 4. Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Электронный ресурс]/ Перельмутер А.В., Сливкер В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: ДМК Пресс, 2009.— 456 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/7880.— ЭБС «IPRbooks».
- 5. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD.:[учеб.пособие по направлению 653500 «Стр-во» /В.С. Карпиловский и др.] М.: Изд-во Ассоц. Строит. Вузов, 2008