



ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Проектирование с использованием SCAD массивных монолитных железобетонных фундаментов под машины с динамическими и статическими воздействиями

Нуждин Леонид Викторович, к.т.н., профессор НГАСУ (Сибстрин),
г.Новосибирск, ПНИПУ, г. Пермь

Невидомская Ирина Геннадьевна,
инженер-конструктор ООО «АПБ «ДиаС», г. Томск,

Михайлов Виктор Сергеевич,
руководитель Новосибирского ЦТП SCAD

18 апреля
2018

Фундамент барабанной мельницы золотоизвлекательной фабрики

1. Габарит в плане 17,6x16м. Объем 1060 м³ из тяжёлого бетона В15;
2. Армирование вязанными каркасами с горизонтальной рабочей арматурой класса А400;
3. На естественном основании.

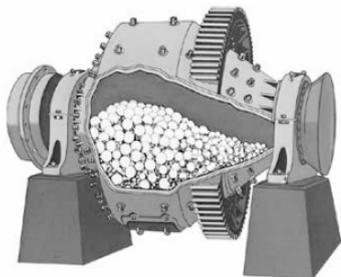


Рис. 2 - Схема барабанной мельницы



Рис.1 - Общий вид рассчитываемой размольной мельницы на фундаменте ФОМ3

Габариты фундамента

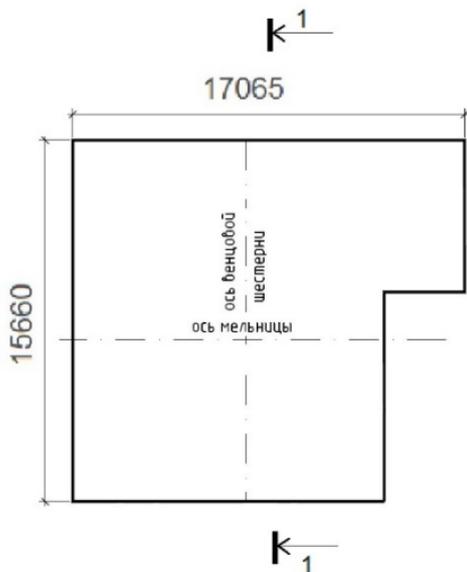


Рис. 3 – Габариты подошвы фундаментной плиты мельницы

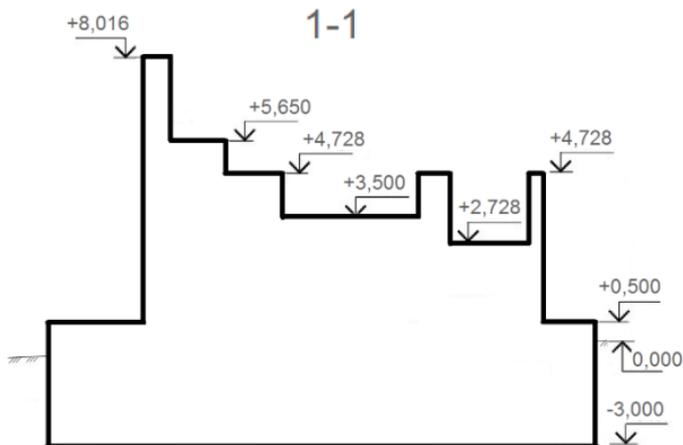


Рис. 4 – Разрез 1-1

Модель фундамента выполнялась из объёмных элементов на двухпараметрическом упругом основании Пастернака

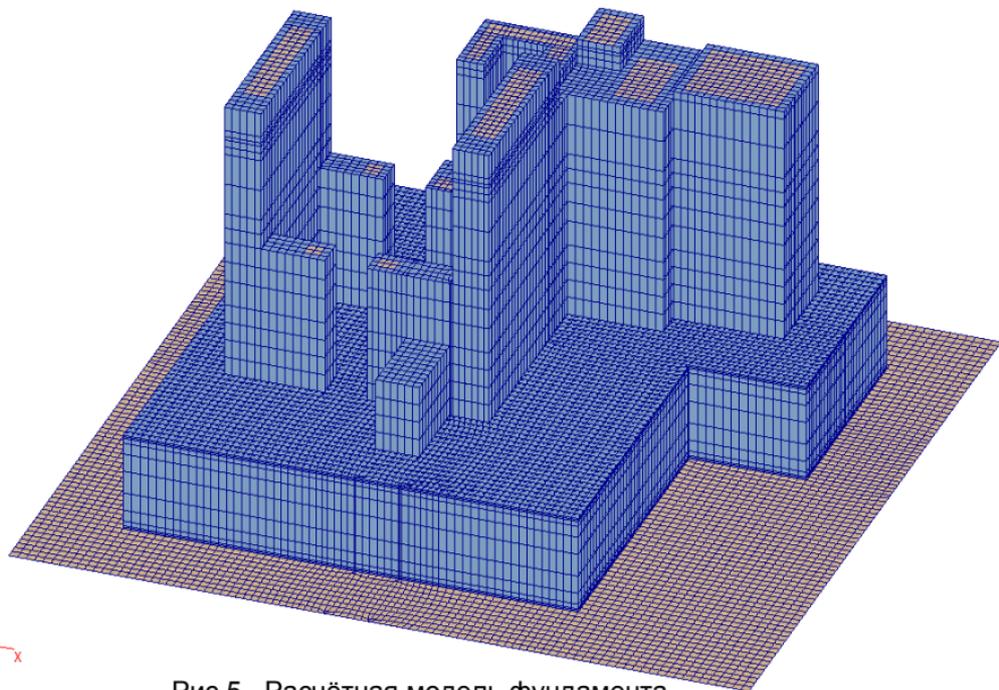


Рис.5 - Расчётная модель фундамента
барabanной мельницы

Этап 1

1. Построены все точки фундамента в уровне подошвы фундамента.
2. Точки соединены стержневыми элементами, которые образуют проекции плоскостей, соответствующих горизонтальным сечениям фундамента на каждой изменяющейся высотной отметке.

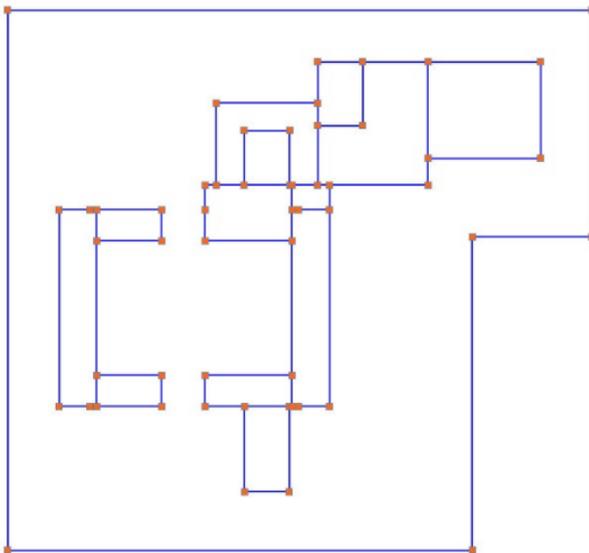
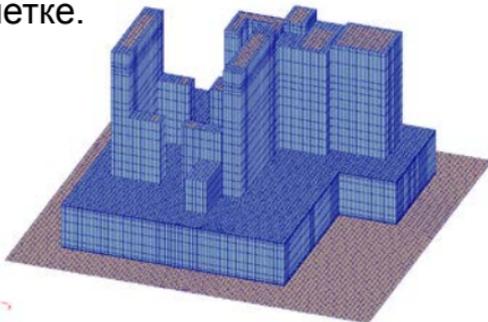


Рис.6 - 1 этап моделирования фундамента

Этап 2

1. Произведена генерация сетки.

Шаг разбиения 250мм
с объединением
3-х узловых элементов
в 4-х узловые.

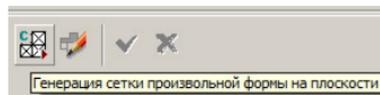


Рис. 7 – Кнопка «Генерация сетки»

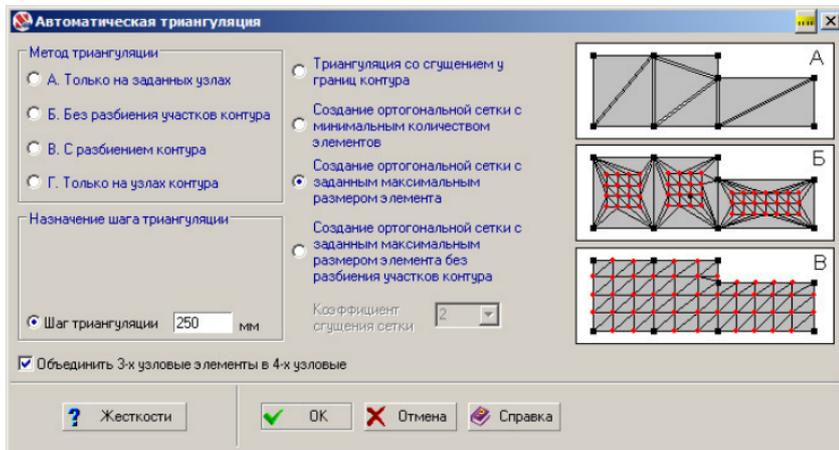


Рис. 8 – Окно автоматической триангуляции

Этап 2

2. Произведено улучшение качества триангуляции с целью уменьшения погрешностей расчета в сильно деформированных элементах.

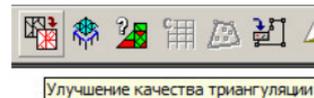


Рис. 9 – Кнопка «Улучшение качества триангуляции»

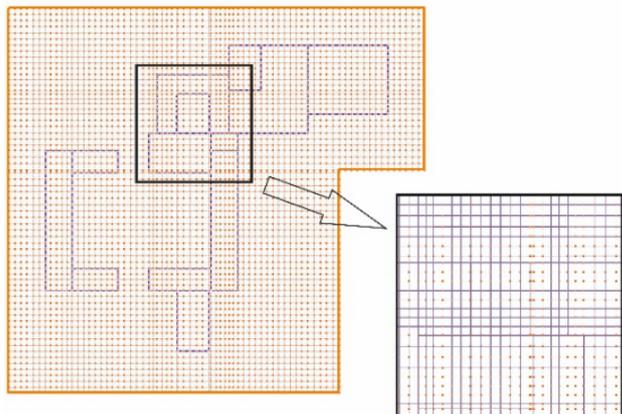


Рис. 10 – Сетка до улучшения

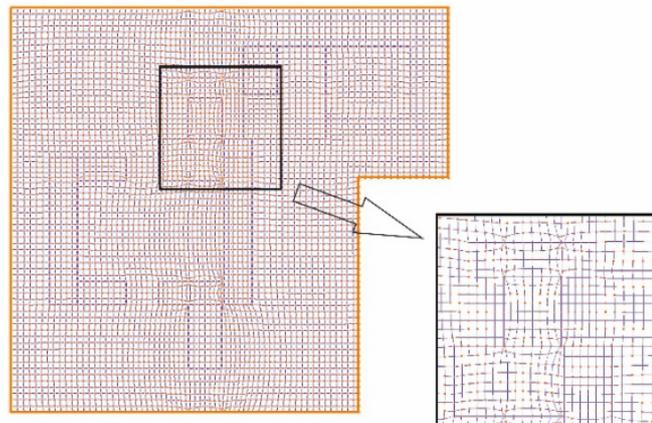


Рис. 11 – Сетка после улучшения

Этап 3

1. Конечные элементы соответствующих сечений скопированы на свою высоту и разнесены в отдельные группы.
2. Каждая плоскость преобразована в объёмные элементы, путём предварительной фрагментации и копирования видимой части групп конечных элементов каждого сечения (сверху вниз) с шагом соответствующему соотношению высоты и ширины объёмного конечного элемента 2 к 1.

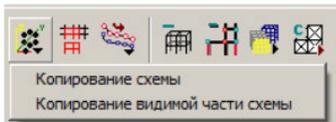


Рис. 13 – Кнопка
«Копирования схемы»

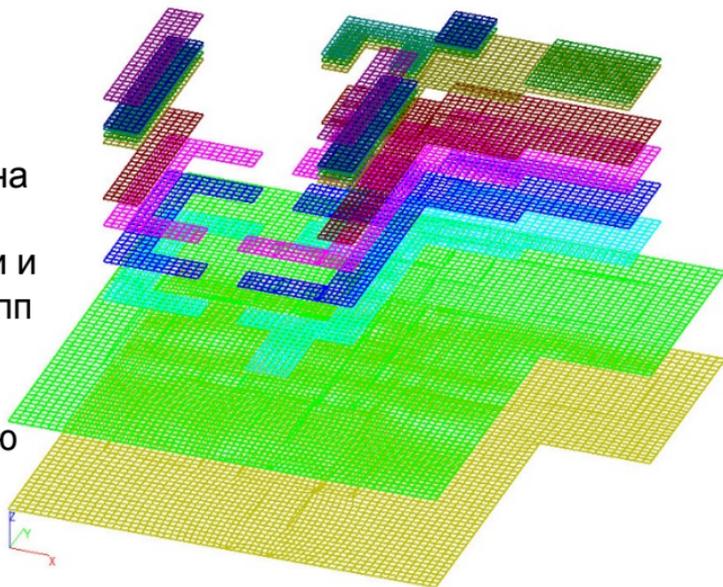


Рис. 12 – Результат копирования элементов на соотв.отм. сечений с цветовым отображением групп

Этап 4

1. Построены распределительные закладные детали из пластинчатых элементов на верхних отметках фундамента.
2. По нижним узлам фундамента с некоторой законтурной областью построена мнимая плита малой толщины с параметрами нижерасположенного грунта и назначены жесткостные свойства основания по модели Пастернака.
3. Приложены нагрузки и созданы комбинации в соответствии с техническим заданием от поставщика оборудования.

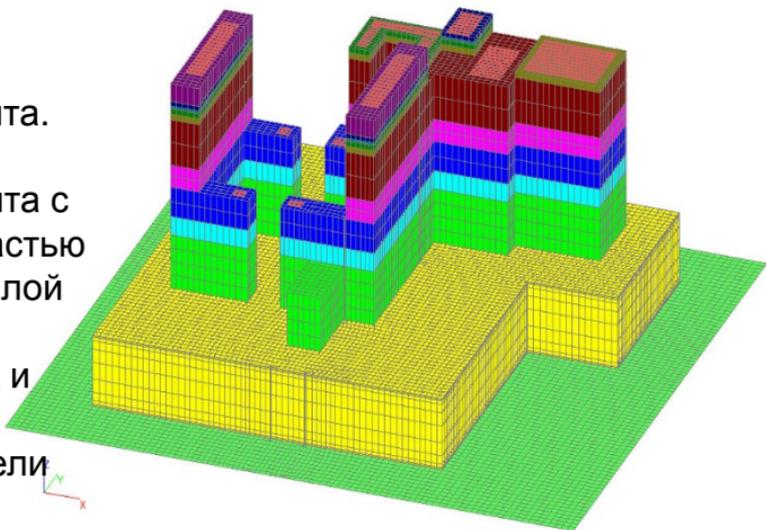


Рис. 14 – Результат построения фундамента из объёмных элементов

Деформации фундамента

Перемещения			
Z			
	MM	MM	
<input checked="" type="checkbox"/>	-1.99	-1.81	143
<input checked="" type="checkbox"/>	-1.81	-1.63	761
<input checked="" type="checkbox"/>	-1.63	-1.45	1430
<input checked="" type="checkbox"/>	-1.45	-1.27	5240
<input checked="" type="checkbox"/>	-1.27	-1.09	16827
<input checked="" type="checkbox"/>	-1.09	-0.91	16288
<input checked="" type="checkbox"/>	-0.91	-0.73	15969
<input checked="" type="checkbox"/>	-0.73	-0.55	10482
<input checked="" type="checkbox"/>	-0.55	-0.37	6478
<input checked="" type="checkbox"/>	-0.37	-0.19	2869

Шкала фрагмента

Закреть

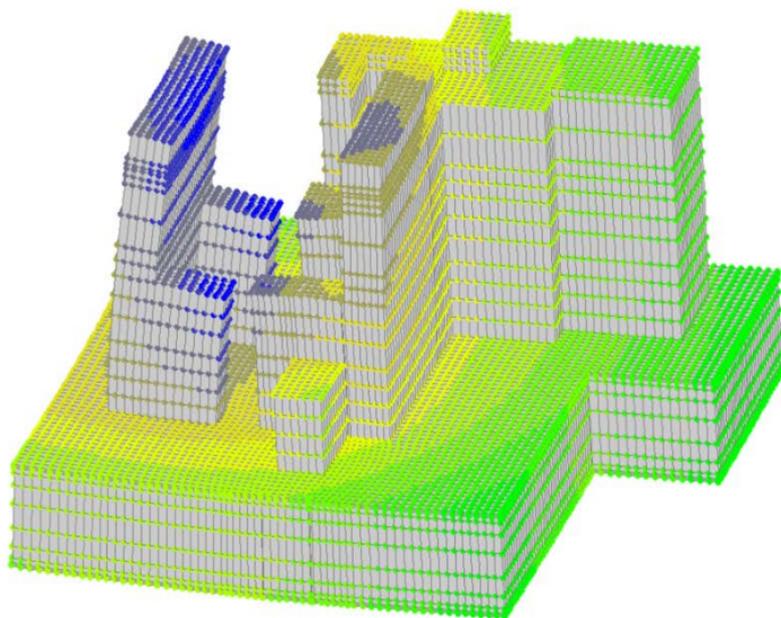
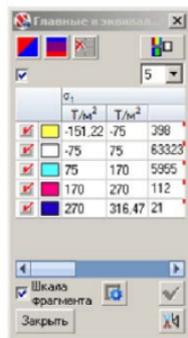


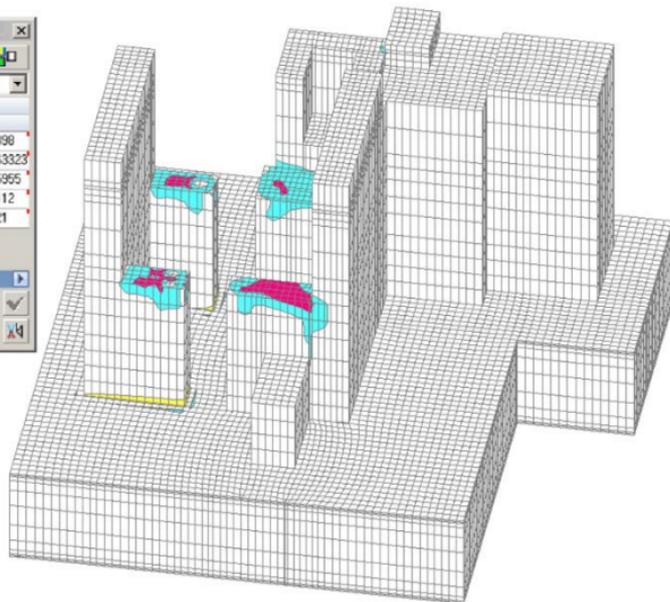
Рис. 15 – Цветовая индикация величин суммарных перемещений в узлах от одной из комбинаций

Напряжения в бетоне

Значения главных напряжений полученных в результате расчёта сравнивались с расчётным сопротивлением бетона класса В15.



σ ₁			
	Т/М ²	Т/М ²	
	-151.22	75	398
	-75	75	63323
	75	170	5965
	170	270	112
	270	316.47	21

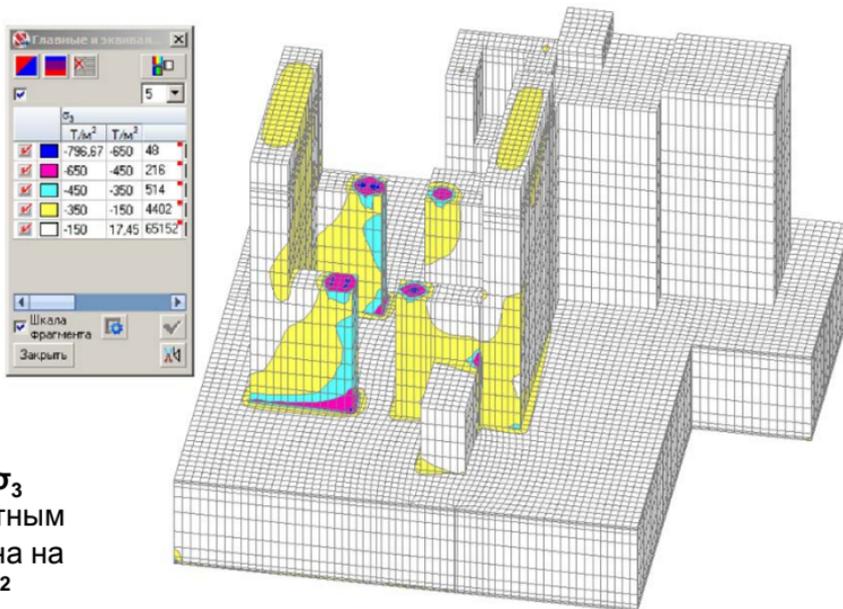


Главные напряжения σ_1 сравнивались с расчётным сопротивлением бетона на сжатие $R_b=860\text{т/м}^2$

Рис. 16 – Цветовое изображение изополей напряжений в бетоне σ_1 , т/м²

Напряжения в бетоне

Значения главных напряжений полученных в результате расчёта сравнивались с расчётным сопротивлением бетона класса В15.



Главные напряжения σ_3 сравнивались с расчётным сопротивлением бетона на растяжение $R_{bt} = 76 \text{ т/м}^2$

Рис. 17 – Цветовое изображение изополей напряжений в бетоне σ_3 , т/м^2

Провёлся сравнительный анализ фундаментных плит толщиной 0,5м, 1м, 1,5м, 2м.

Плиты моделировались разными способами:

Плита №1 – из оболочек 144 типа (4-х угольный КЭ оболочки с учётом сдвигов);

Плита №2 – из объёмных элементов, со встроенным слоем из оболочки 144 типа на грунтовой мембране;

Плита №3 – из объёмных элементов, со смещённым слоем из оболочки 144 типа, без грунтовой мембраны;

Плита №4 – из объёмных элементов, со встроенным слоем из оболочки 144 типа без грунтовой мембраны;

Плита №5 – из объёмных элементов, со смещённым слоем из оболочки 144 типа на грунтовой мембране.

Расчётные модели фундаментных плит

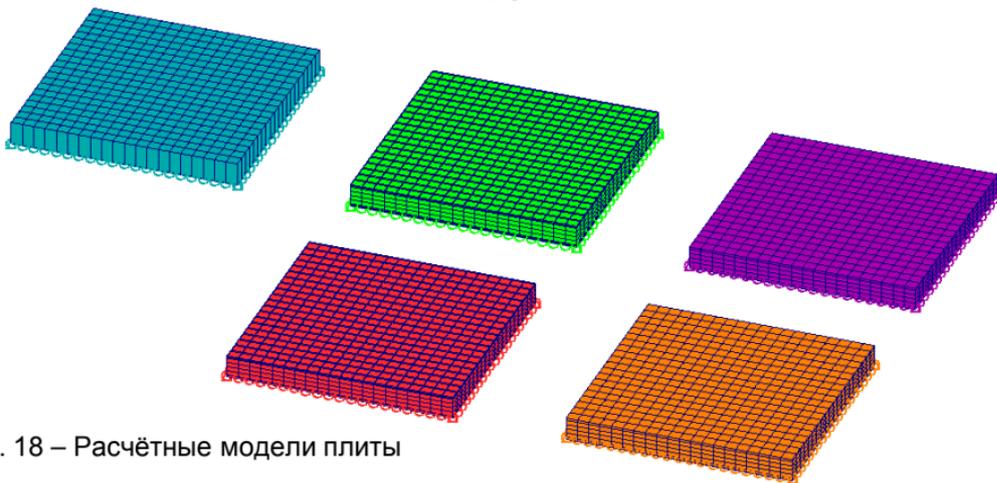


Рис. 18 – Расчётные модели плиты

Плита 1 – стандартная оболочка 144 типа;

Плита 2 -со встроенным слоем из оболочки 144 типа на грунтовой мембране;

Плита 3 - со смещённым слоем из оболочки 144 типа без грунтовой мембраны;

Плита 4 - со встроенным слоем из оболочки 144 типа без грунтовой мембраны;

Плита 5 –со смещённым слоем из оболочки 144 типа на грунтовой мембране,

Сравнительный анализ деформаций в плите толщиной 1м

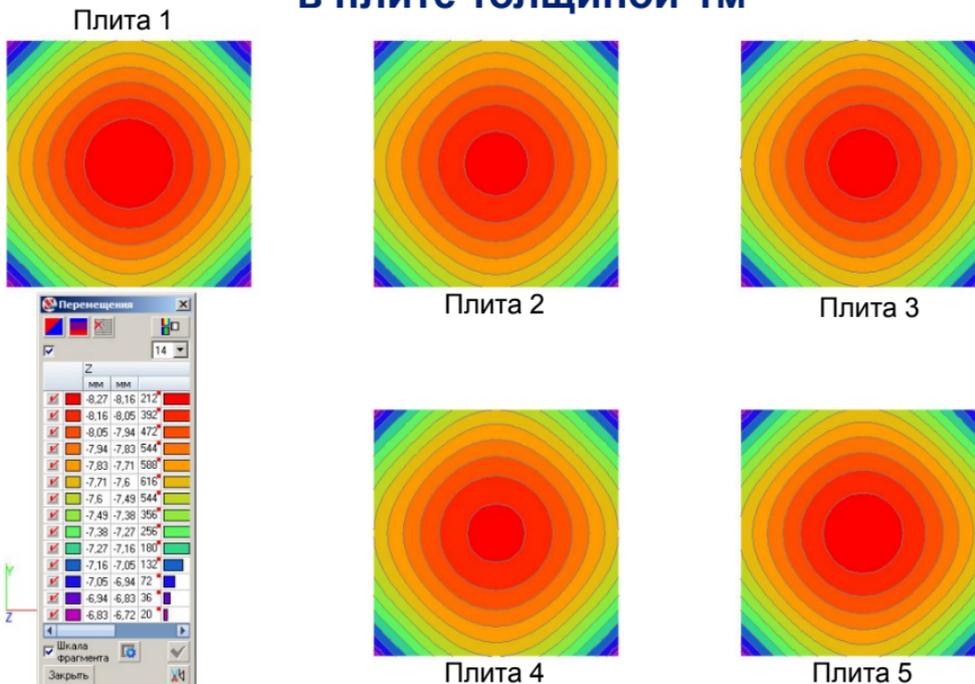


Рис. 19 – Цветовое изображение изополей перемещений

Сравнительный анализ напряжений в бетоне в плите толщиной 1м

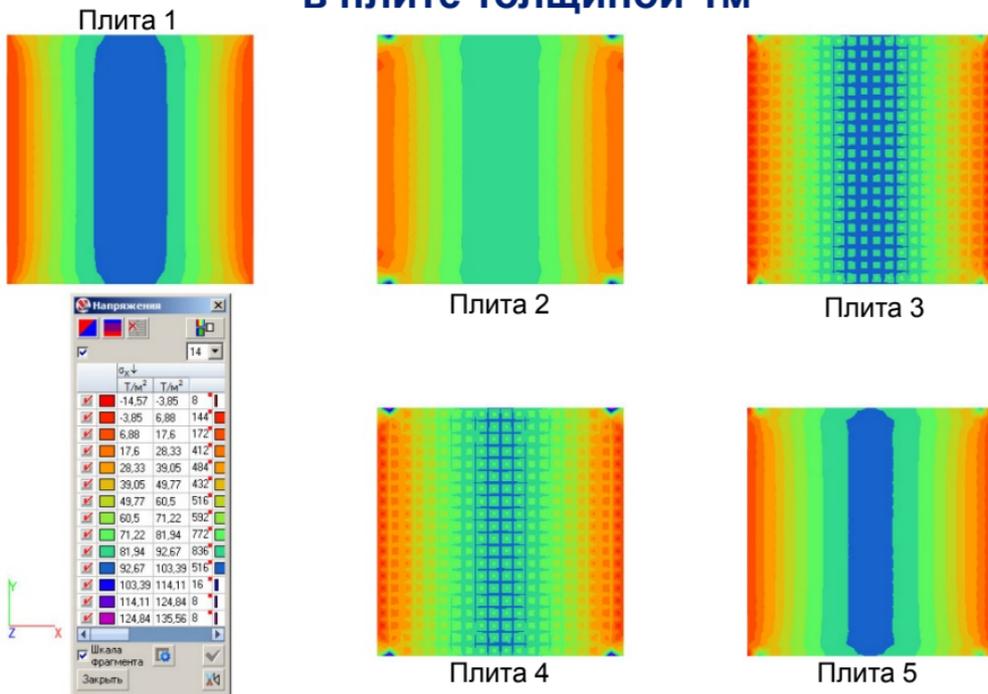


Рис. 20 – Цветовое изображение изополей напряжений

Сравнительный анализ результатов подбора армирования в плите толщиной 1м

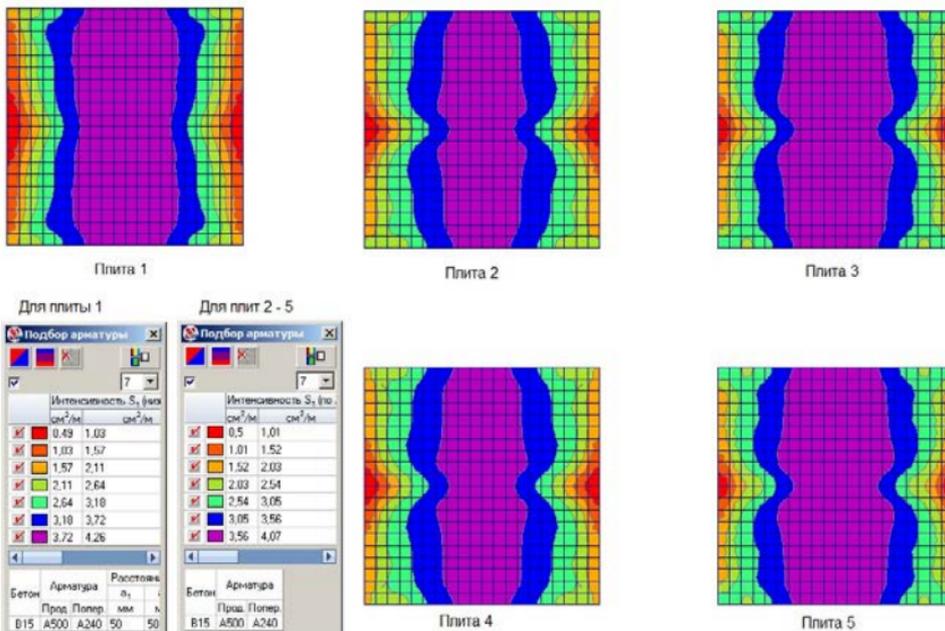


Рис. 21 – Цветовое изображение изополей напряжений

Сравнительный анализ деформаций в плите толщиной 0,5м

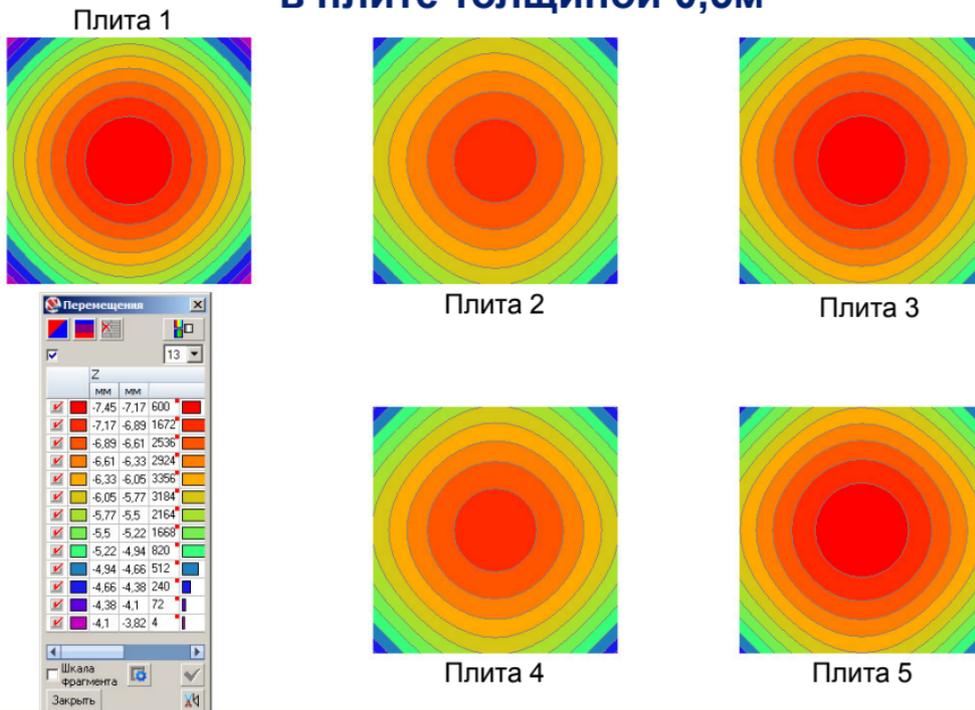


Рис. 22 – Цветовое изображение изополей
перемещений

Сравнительный анализ напряжений в бетоне в плите толщиной 0,5м

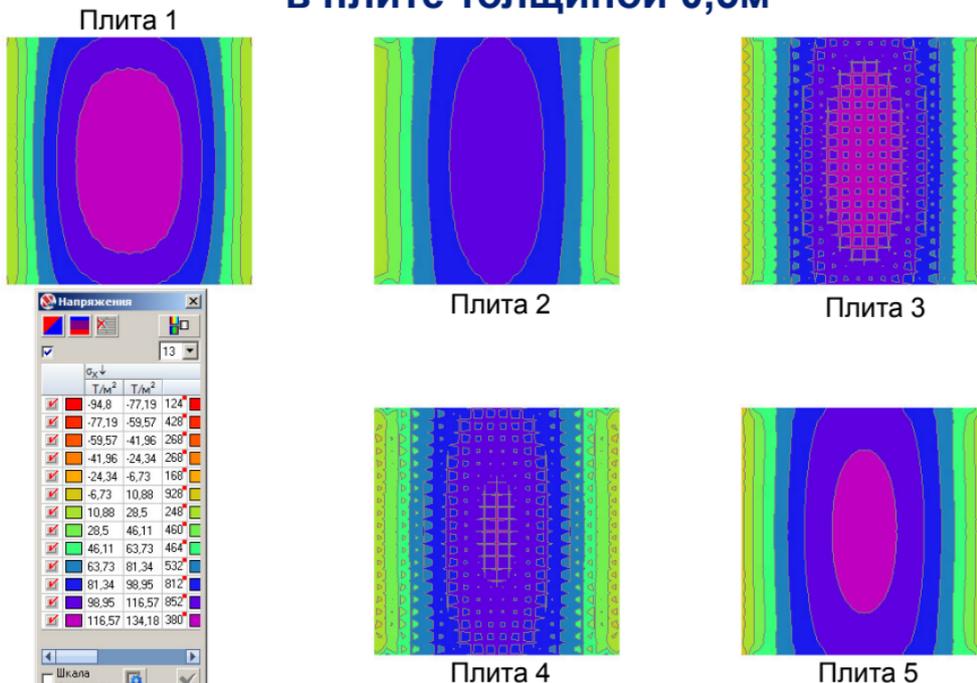
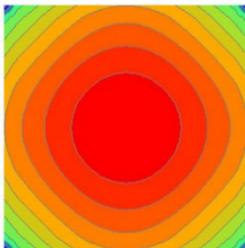
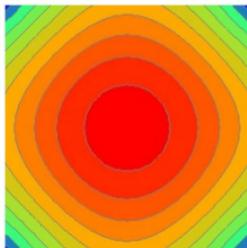


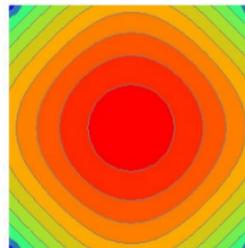
Рис. 23 – Цветовое изображение изополей напряжений

Сравнительный анализ деформаций в плите толщиной 1,5м

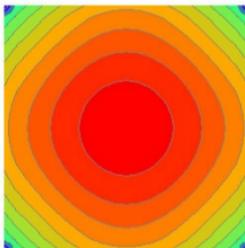
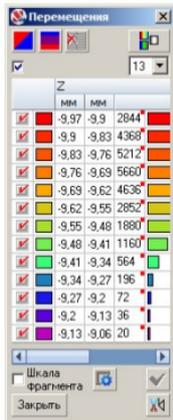
Плита 1



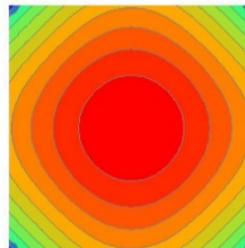
Плита 2



Плита 3



Плита 4

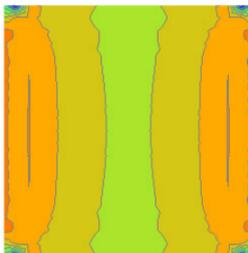
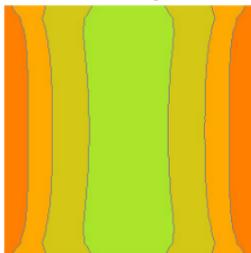


Плита 5

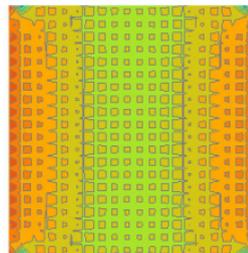
Рис. 24 – Цветовое изображение изополей перемещений

Сравнительный анализ напряжений в бетоне в плите толщиной 1,5м

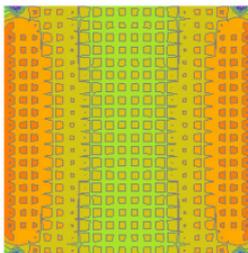
Плита 1



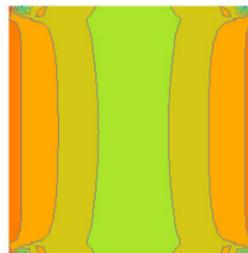
Плита 2



Плита 3



Плита 4

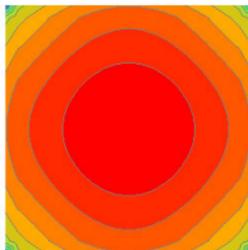
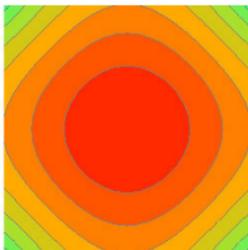


Плита 5

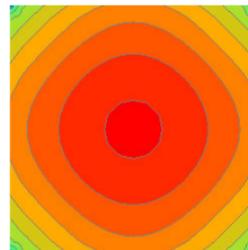
Рис. 25 – Цветовое изображение изополей напряжений

Сравнительный анализ деформаций в плите толщиной 2м

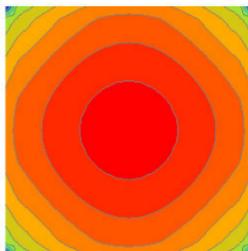
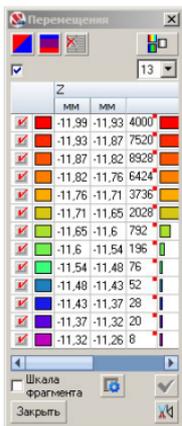
Плита 1



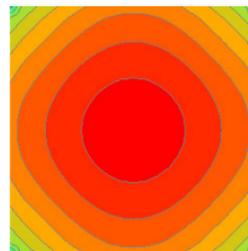
Плита 2



Плита 3



Плита 4



Плита 5

Рис. 26 – Цветовое изображение изополей перемещений

Сравнительный анализ напряжений в бетоне в плите толщиной 2м

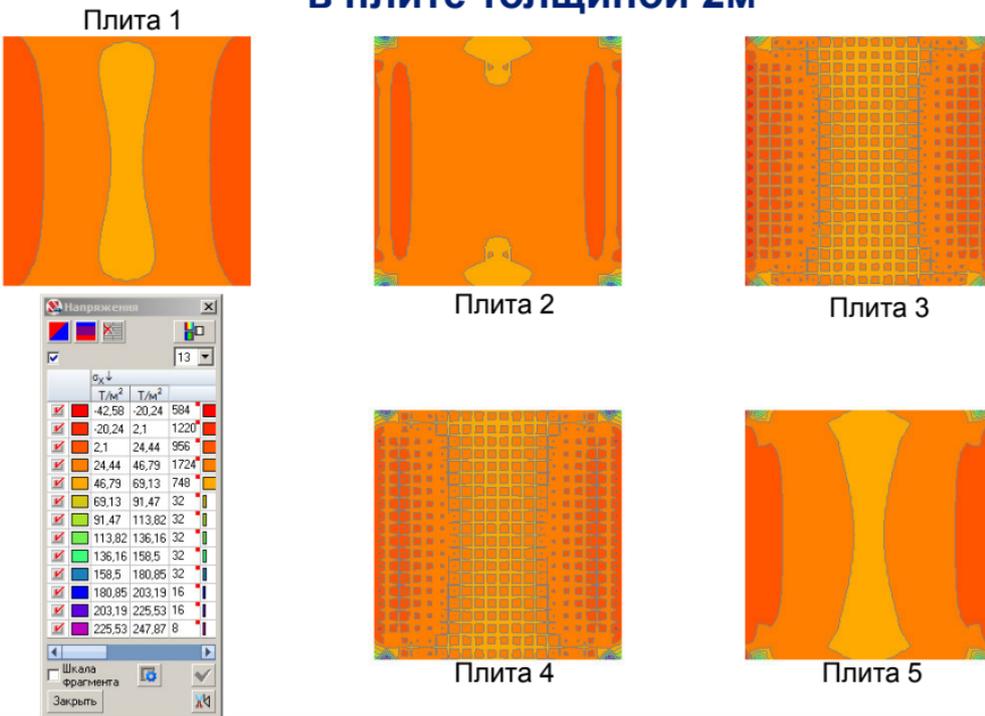


Рис. 27 – Цветовое изображение изополей напряжений

Фундамент вытяжного шахтного вентилятора рудника

Данный раздел подготовлен совместно с главным инженером ТОО "VauProjekt" Евгением Васильевичем Любимовым

1. Диаметр лопастей вентилятора 6 м;
2. Объем 200 м³ из тяжёлого бетона класса В15;
3. Армирование арматурными сетками класса АIII;
4. Фундамент на естественном основании.



Рис.1 - Общий вид рассчитываемого фундамента динамической машины

Чертежи фундамента

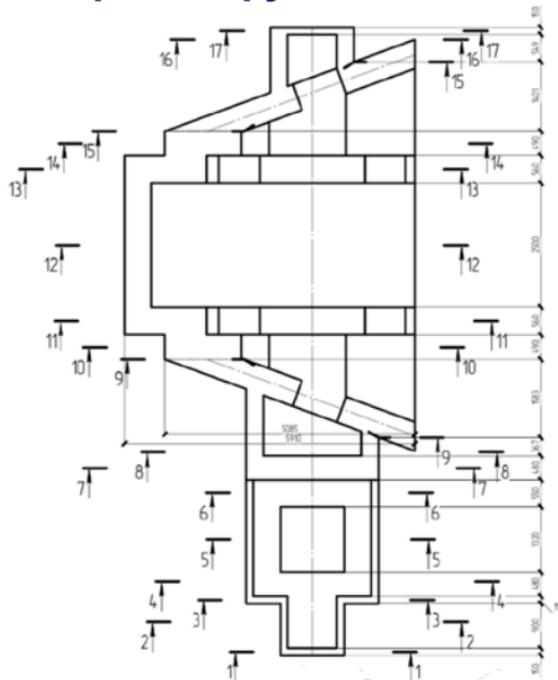


Рис.2. Вид в плане

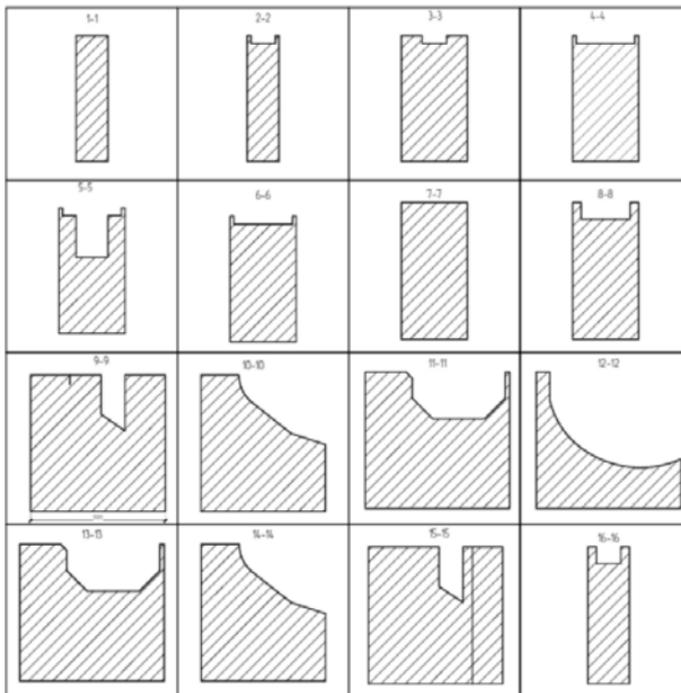


Рис.3. Сечения для построения модели

Результат моделирования фундамента нерегулярной формы

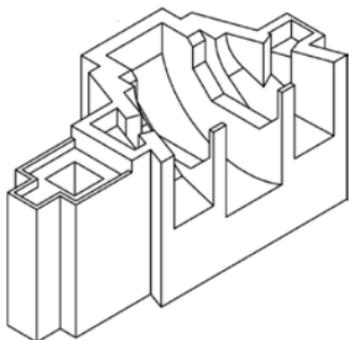


Рис.4. Общий вид модели в КОМПАС 3D

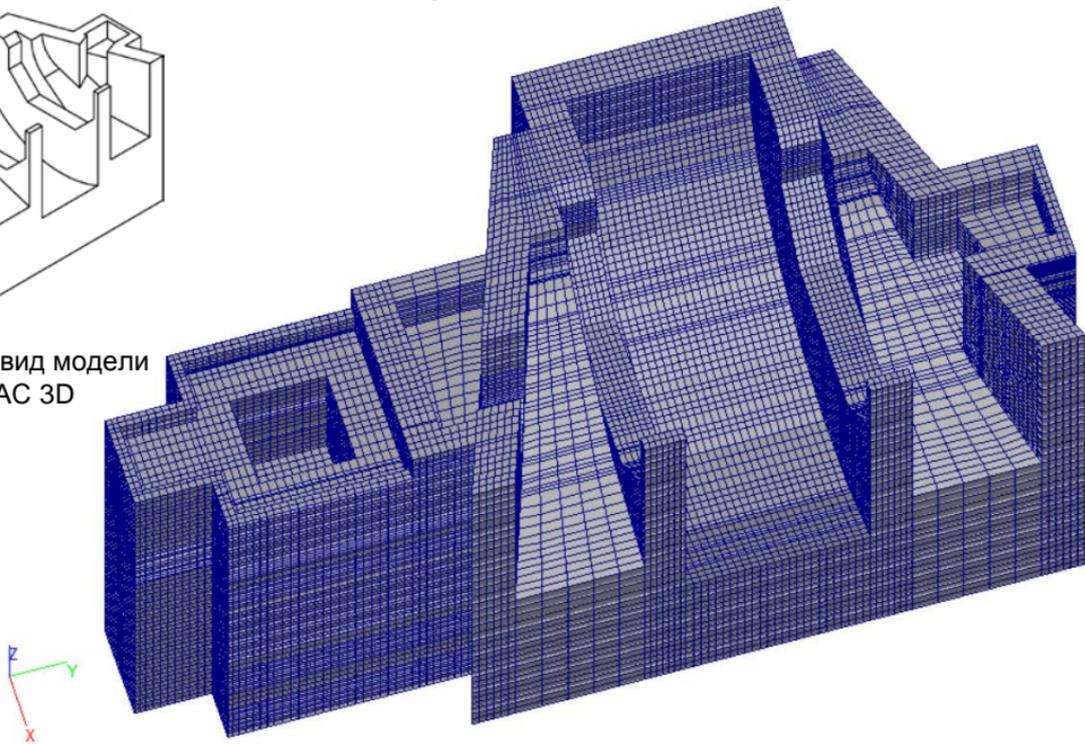


Рис.5. Общий вид расчетной схемы SCAD фундамента шахтного вентилятора

Схема создания сечений фундамента сложной конфигурации

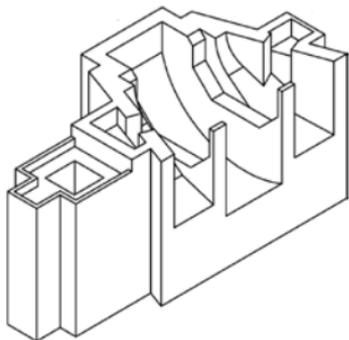


Рис.6. Общий вид модели в КОМПАС 3D

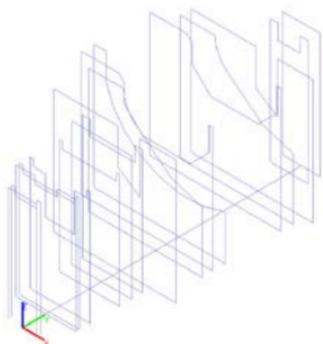


Рис.7. Общий вид стержневых контуров сечений в SCAD

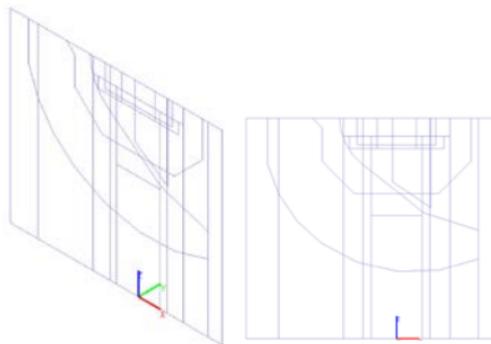


Рис.8. Копирование и сведение контуров в одну плоскость в SCAD

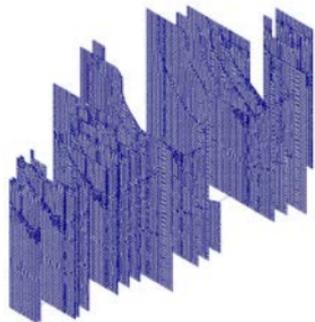


Рис.11. Удаление выступающих за стержневой контур оболочек

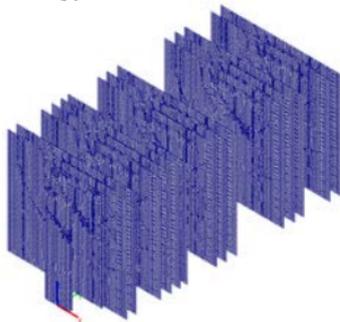


Рис.10. Совмещение триангулированного сечения с контурами



Рис.9. Генерация сетки КЭ по заданному узлам с удалением стержней

Продавливание из пластин ортогональной объемной модели

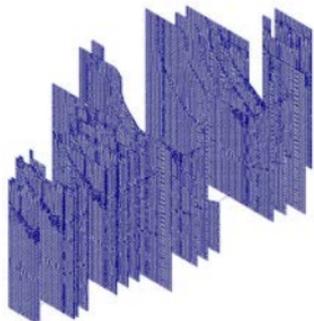


Рис.12. Сохранение в отдельный файл сечений фундамента только из оболочек

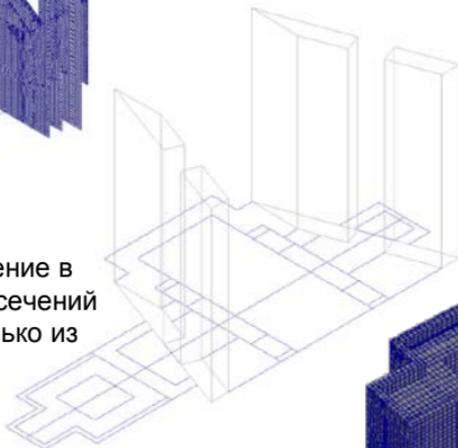


Рис.13. Импорт в SCAD плана фундамента и продавливание из оболочек наклонных частей

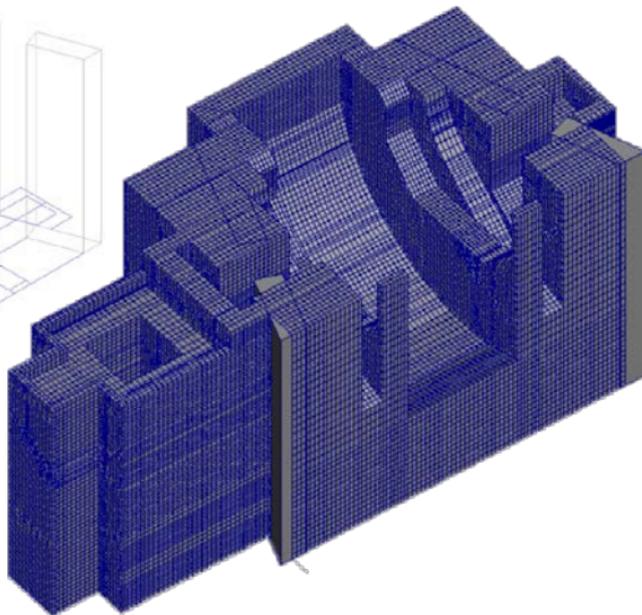


Рис.14. Фрагментирование и продавливание каждого сечения из оболочек командой «Копирование схемы. Копирование видимой части»

Выравнивание узлов модели по наклонным плоскостям

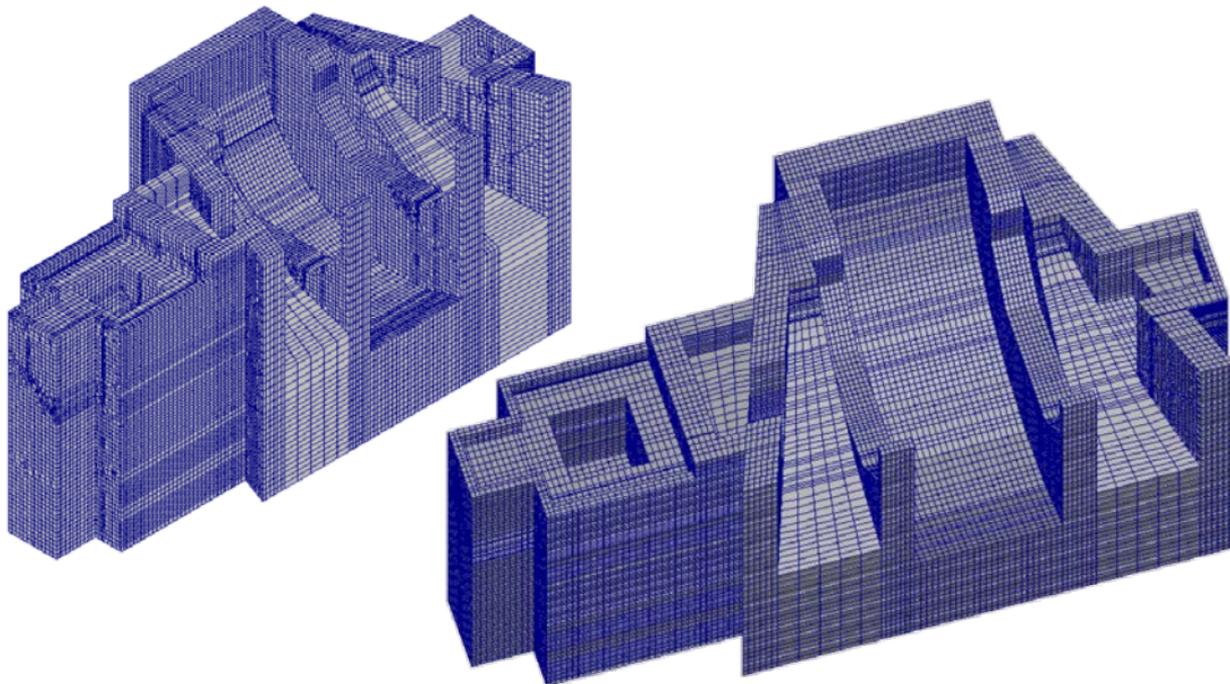


Рис.15. Удлинение областей, требующих поворота и выравнивание узлов объемных КЭ по заданной наклонной плоскости с помощью команды «Перенос выбранных узлов в плоскость»



Докладчики

Виктор Сергеевич Михайлов

Руководитель Новосибирского центра технической поддержки SCAD Office
mvs@scadsoft.ru

Невидомская Ирина Геннадьевна

Инженер-конструктор ООО «Архитектурно-проектное бюро «ДиаС», г. Томск
Nev_ir@mail.ru

Любимов Евгений Васильевич

Главный инженер ТОО «ВауПроект», г. Павлодар
Nev_ir@mail.ru

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!