

Технология подготовки задания на  
фундаменты, проектирование и расчет  
опорных узлов стальных конструкций в  
связке программ

SCAD—>Open Office—>Комета 2 и  
SCAD—>Гепард-А с использованием API

Технический и генеральный директор ООО "КБТ" г. Самара

Теплых Андрей Владимирович

## Описание технологии

Scad → Open Office (Calc) → Комета 2

- 1 В модели Scad создаются группы опорных элементов.
- 2 Через документатор выводятся РСУ в Excel.
- 3 На лист специального файла копируются РСУ по нужной группе элементов.
- 4 С использованием фильтров выполняется отбор РСУ и выполняется компоновка опорного узла (размер базы, раастановка и диаметр болтов).
- 5 Отобранные РСУ вводятся в программу Комета-2, выполняется окончательное проектирование опорного узла.

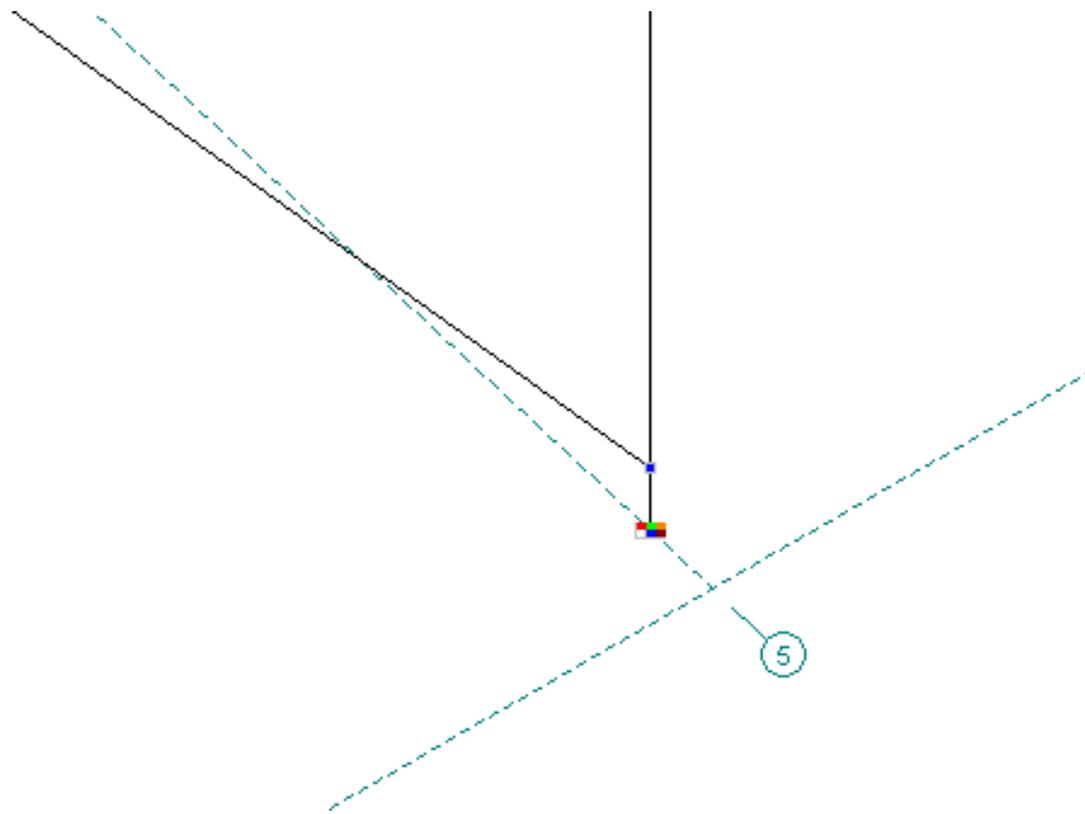
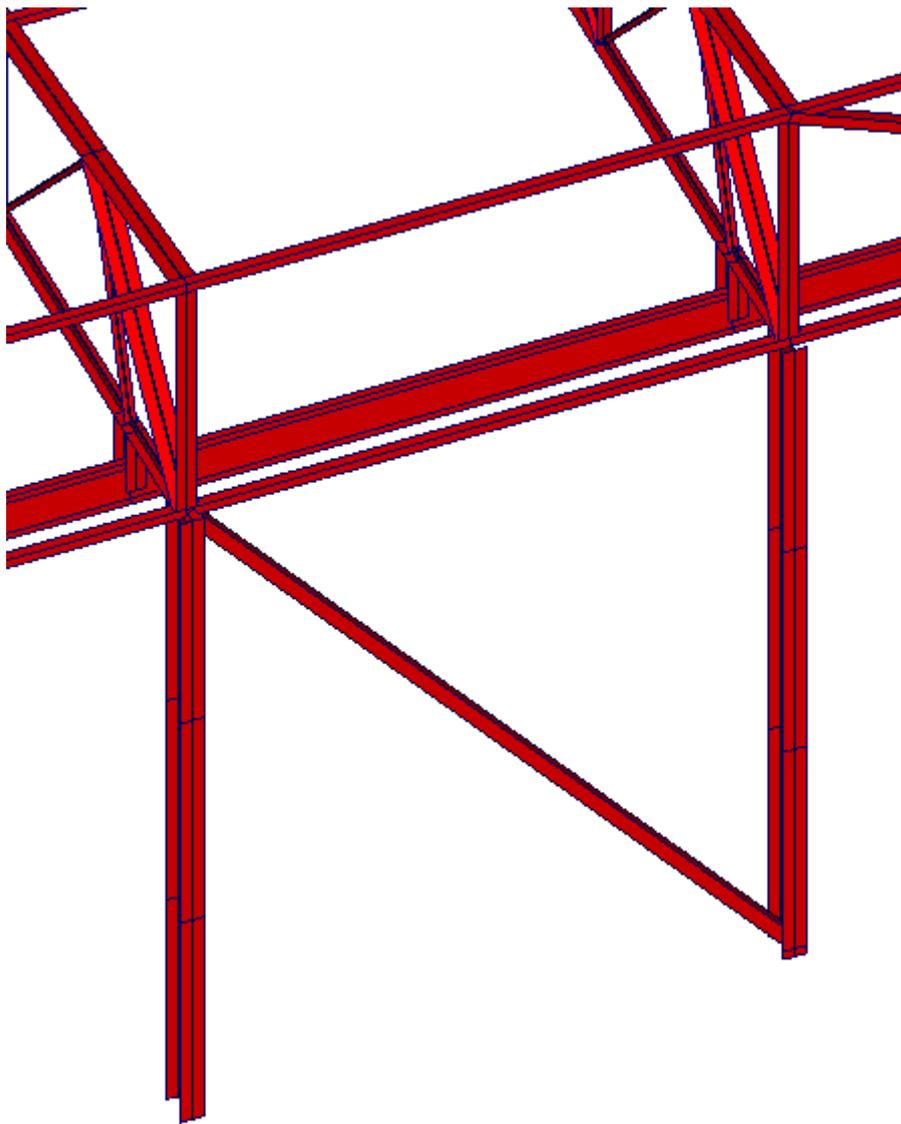
# Описание технологии

Scad → Утилита Гепард-А с использованием API

- 1 В модели Scad создаются группы опорных элементов.
- 2 В утилите Гепард-А задается путь к папке результатов расчета и указывается файл исходных данных Scad.
- 3 Задается комбинация постоянных нагрузок (для учета снижения вертикальной нагрузки для некоторых критериев).
- 4 При необходимости задаются собственные комбинации нагрузок.
- 5 В автоматическом режиме выполняется отбор сочетаний.
- 6 В автоматизированном режиме выполняется компоновка и поверочный расчет опорных узлов. Выводятся результаты расчета для текстовой части проектной документации (технического проекта).
- 7 Выводятся таблицы нагрузок и привязок фундаментных болтов.
- 8 В перспективе к результатам расчета будут подключаться программы информационного моделирования типа Tekla.

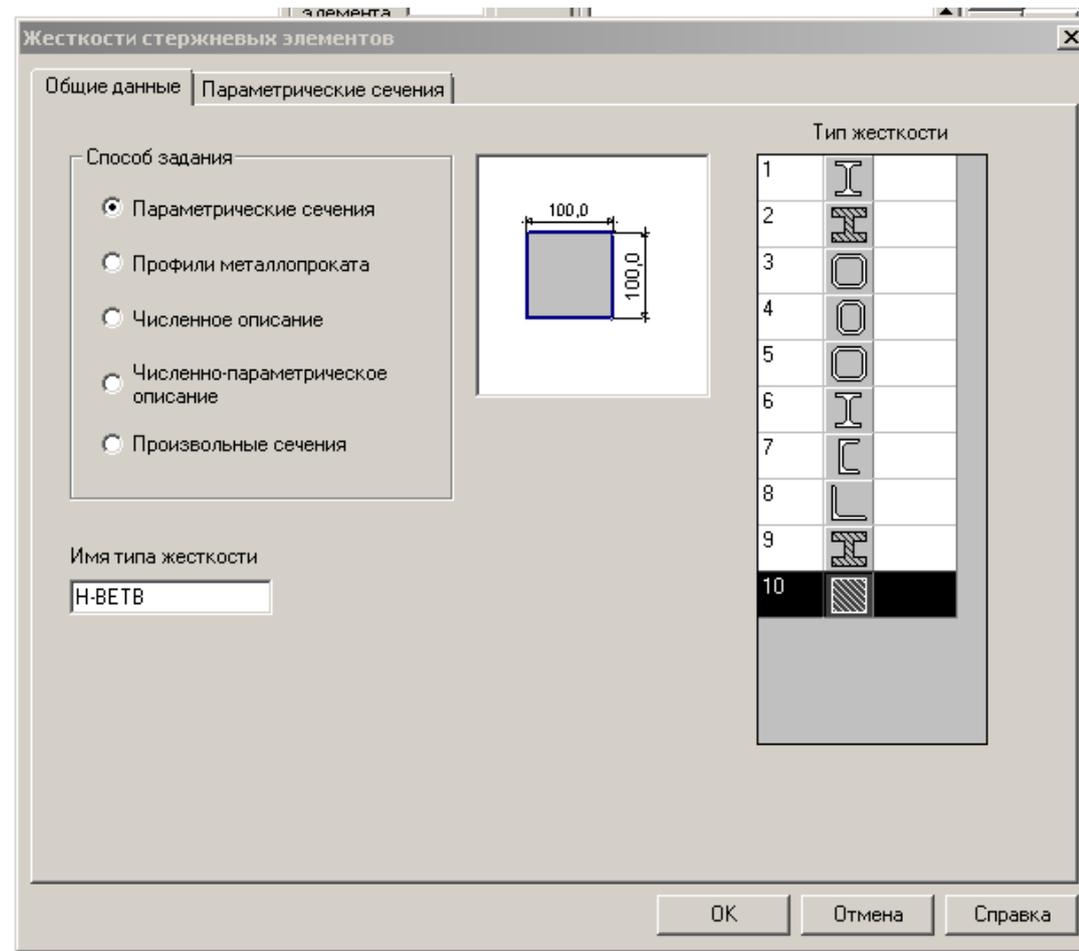
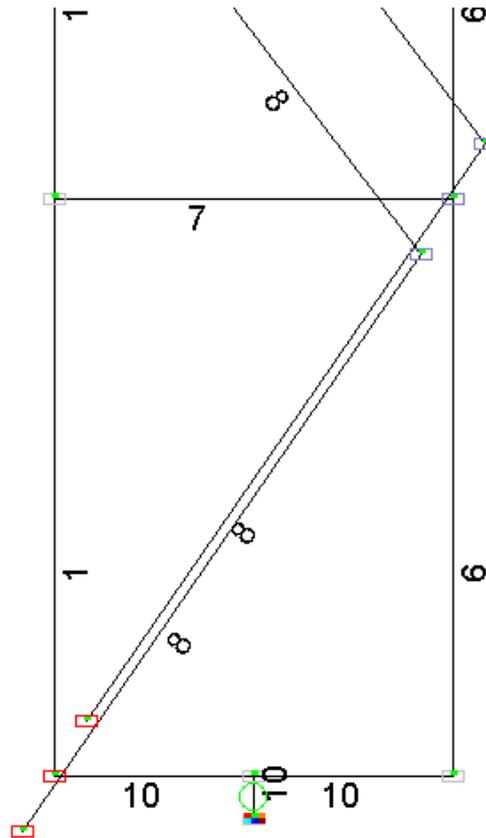
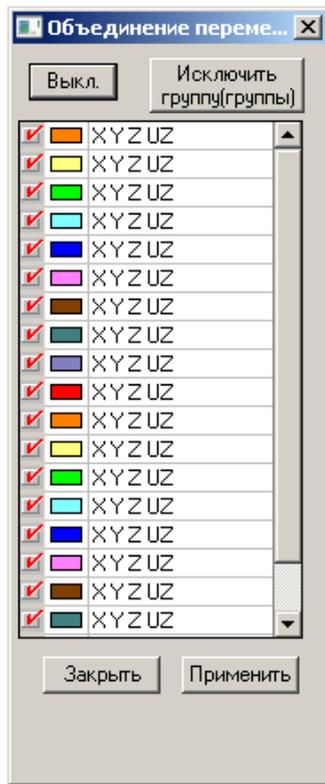
# Особенности построения модели Scad

В местах примыкания вертикальных связей необходимо вводить специальные короткие элементы “пеньки” для снятия РСУ



# Особенности построения модели Scad

Для двухветвевых колонн для снятия РСУ в таблицу нагрузок на фундаменты также нужно использовать специальные "пеньки"



# Особенность требований СП 20.13330.2011 “Нагрузки и воздействия”

7.4 При проверке конструкций на устойчивость положения против опрокидывания, а также в других случаях, когда уменьшение веса конструкций и грунтов может ухудшить условия работы конструкций, следует произвести расчет, принимая для веса конструкции или ее части коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f = 0,9$ , если иное значение не указано в нормах проектирования этих конструкций.

Указанное выше уменьшение постоянной нагрузки необходимо учитывать при расчете фундаментных болтов и при расчете на сдвиг опорной плиты относительно подколонника (бетона подливки).

# Критерии отбора сочетаний

№ кр	Критери отбора сочетаний	Назначение и особенности формирования сочетания
1	Максимальное растяжение в угловых точках сечения колонны.	<p>Для расчета фундаментных болтов и размеров подошвы фундамента по условию отрыва подошвы и армирования подколонника. Согласно п. 7.4. СП 20.13330.2011 постоянные нагрузки необходимо принять с коэффициентом надежности <math>\gamma_f=0,9</math>. Учитывая, что в РСУ постоянные нагрузки даны с <math>\gamma_f=1,15</math>, а идентификация постоянных нагрузок невозможна в, то запас принять нормальную силу в колонне <math>N</math> с коэффициентом <math>0,9/1,15=0,78</math>, если она сжимающая и с коэффициентом <math>1,15/0,9=1,27</math>, если она растягивающая.</p> <p>При точном расчете значение нормальной силы следует принимать по следующей формуле:</p> <p>при <math>N &lt; 0</math> (сжатие)  <math>N = N_{нач} - N_{пост} + 0,78N_{пост}</math> (<math>N_{пост}</math> в формуле со знаком минус).</p> <p>при <math>N &gt; 0</math>  <math>N = N_{нач} + N_{пост} - 1,27N_{пост}</math> (<math>N_{пост}</math> в формуле со знаком минус)</p>
2	Максимальное сжатие в угловых точках сечения колонны.	Для расчета подошвы фундамента по расчетному сопротивлению грунта под подошвой, армирования подколонника, прочности подливки под опорной плитой, армирования плитной части и устойчивости основания.
3	Максимальное сжимающие усилие $N$ в колонне	Для расчета осадок фундамента.

# Критерии отбора сочетаний

№ кр	Критери отбора сочетаний	Назначение и особенности формирования сочетания
4	Максимальное из абсолютных значений суммы $N_{\text{раст}} + Q$ , где $Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$	Для расчета на сдвиг опорной плиты и необходимости установки противосдвиговых элементов. $N_{\text{раст}} = N_{\text{нач}} - N_{\text{пост}} + 1,27N_{\text{пост}}$
5	Максимальное значений разности $(Q - 0,25N_{\text{сж}})$ , где $Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$	Для расчета на сдвиг опорной плиты и необходимости установки противосдвиговых элементов. $N_{\text{сж}} = N_{\text{нач}} - N_{\text{пост}} + 0,78N_{\text{пост}}$ ( $N$ в формуле со знаком плюс)
6	Максимальное $Q_x$	В некоторых случаях может оказаться критичной при расчете на сдвиг опорной плиты и необходимости установки противосдвиговых элементов, подошвы фундамента на отрыв или по расчетному сопротивлению
7	Максимальное $Q_y$	В некоторых случаях может оказаться критичной при расчете на сдвиг опорной плиты и необходимости установки противосдвиговых элементов, подошвы фундамента на отрыв или по расчетному сопротивлению
8	Максимальное $Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$	В некоторых случаях может оказаться критичной при расчете на сдвиг опорной плиты и необходимости установки противосдвиговых элементов, подошвы фундамента на отрыв или по расчетному сопротивлению

# Критерии отбора сочетаний

№ кр	Критерии отбора сочетаний	Назначение и особенности формирования сочетания
9	Максимальное из абсолютных значений суммы $N_{\text{раст}} + Q_x$	Для расчета на сдвиг опорной плиты и необходимости установки противосдвиговых элементов. $N_{\text{раст}} = N_{\text{нах}} - N_{\text{то ст}} + 1,27N_{\text{то ст}}$ $Q_x$ берется со знаком плюс
10	Максимальное из абсолютных значений суммы $N_{\text{сж}} + Q_x$ $N_{\text{сж}}$ со знаком +	При шарнирном опирании колонн для расчета подошвы фундамента по расчетному сопротивлению грунта под подошвой, армирования подколонника, прочности подливки под опорной плитой, армирования плитной части и устойчивости основания.
11	Максимальное из абсолютных значений суммы $N_{\text{раст}} + Q_y$ $N_{\text{сж}}$ со знаком +	Для расчета на сдвиг опорной плиты и необходимости установки противосдвиговых элементов. $N_{\text{раст}} = N_{\text{нах}} - N_{\text{то ст}} + 1,27N_{\text{то ст}}$ $Q_y$ берется со знаком плюс
12	Максимальное из абсолютных значений суммы $N_{\text{сж}} + Q_y$ $N_{\text{сж}}$ со знаком +	При шарнирном опирании колонн для расчета подошвы фундамента по расчетному сопротивлению грунта под подошвой, армирования подколонника, прочности подливки под опорной плитой, армирования плитной части и устойчивости основания.
13	Максимальное из абсолютных значений суммы $N_{\text{сж}} + Q$ $N_{\text{сж}}$ со знаком +	При шарнирном опирании колонн для расчета подошвы фундамента по расчетному сопротивлению грунта под подошвой, армирования подколонника, прочности подливки под опорной плитой, армирования плитной части и устойчивости основания.



# Отбор с помощью утилиты в составе Гепард-А

Расчет фундамента - SCAD

Файл Инструменты Вывод О программе

Путь к папке SWORK: C:\SWORK

Список групп элементов

- 1. Расчетная модель, 17 элементов
- 2. Колонны, 6 элементов
- 3. Верх пояс, 8 элементов
- 4. Опорные раскосы, 2 элемента
- 5. Сжатые раскосы и стойки, 8 элементов
- 6. Раст раскосы, 5 элементов
- 7. Ниж пояс1, 2 элемента
- 8. Ниж пояс2, 2 элемента
- 9. Ниж пояс3, 2 элемента
- 10. Верт связи, 2 элемента
- 11. ОП1, 14 элементов
- 12. ОП1С, 4 элемента
- 13. ОП2, 10 элементов

Номер сечения

1  2  3

Коэффициенты

Перевод сил в кН

1.0

Перевод моментов в кНм

1.0

PCY элементов выбранных групп

Нсж.+Qz	294	1	318.81	-317.59	-317.59	9.04	-1.21	-0.00	-0.00
Нсж.+Qy	294	1	317.59	-317.59	-317.59	9.04	-1.21	-0.00	-0.00
Нсж.+Q	294	1	318.81	-317.59	-317.59	9.04	-1.21	-0.00	-0.00

Таблица уникальных PCY

Номер	Nф	Mу	Qz	Mz	Qy	Имена критериев
1:	-256.87,	-188.11,	34.57,	0.00,	-0.00:	s-
2:	-60.05,	-175.75,	38.50,	-0.00,	-0.00:	(Q-0.25Nсж.)
3:	-218.18,	50.86,	-22.47,	0.00,	0.00:	Qy
4:	-101.85,	-184.91,	39.73,	-0.00,	-0.00:	s+
5:	-149.22,	-185.24,	39.77,	-0.00,	-0.00:	Qz; Q
6:	-317.59,	9.04,	-1.21,	-0.00,	-0.00:	Нсж; (Нсж.+Qz); (Нсж.+Qy); (Нсж.+Q)

Параметры сечения: A= 11291; Izz = 305560000; W1= 1595614, W2= 1595614

Демоверсия позволяет выполнять отбор PCY. Для получения демоверсии отправьте запрос на электронную почту [ateplykh@mail.ru](mailto:ateplykh@mail.ru).

# Проектирование опорного узла с помощью утилиты в составе Гепард-А

**Компоновка опорной плиты**

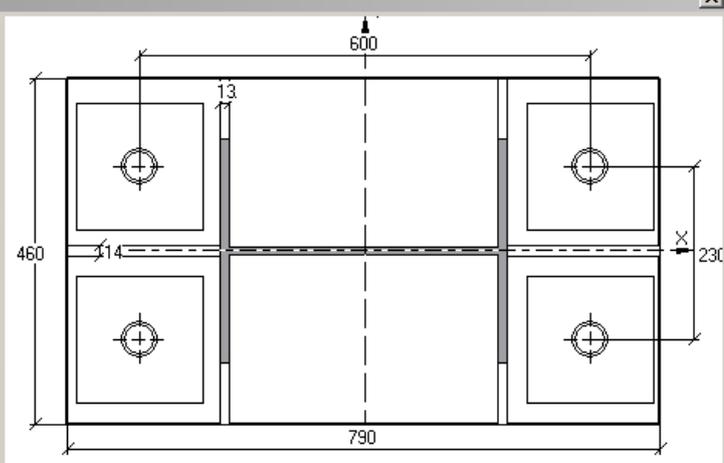
**Параметры фундамента**  
 Класс прочности бетона: В 12.5  
 Расчетное сопротивление сжатию МПа: 7.5  
 Отношение площади верхнего среза фундамента к площади опорной плиты: 1

**Параметры болтового соединения**  
 Марка стали болтов: ВСтЗкп2  
 Диаметр болтов (мм): 42  
 Расчетное сопротивление растяжению (МПа): 185  
 Количество болтов: 4  
 Длина стороны анкерной плиты (мм): 170

**Размеры плиты (мм)**  
 Размер по X: 790    Размер по Y: 460  
 Толщина: 25  
 Расстояние между центрами болтов по X: 600  
 Расстояние между центрами болтов по Y: 230

**Размеры сечения колонны (мм)**  
 Сечение 383\*299. Толщины f1:f2:w 12.5:12.5:9.5

**Опции выполнения расчета**  
 Определить все параметры узла  
 Подобрать размеры плиты, не меняя диаметр болтов  
 Подобрать диаметр болтов, не меняя размеры плиты



**Расчет ребер, диафрагмы и сварных швов**

Сечение колонны (мм) 383\*299. Толщины f1:f2:w 12.5:12.5:9.5  
 Размеры плиты (мм) 790\*460\*25

Размеры (мм)		
	Ребра по X	Ребра по Y
Толщина	14	12.5
Высота	300	200
Катет шва соединения с колонной	11	
Катет шва соединения с плитой	8	8

**Кoeffициенты использования сварных швов ребер и диафрагмы**  
 Соединение ребра по X с колонной: 0.99  
 Соединение ребра по Y с колонной: 0.96

Соединение ребра по X с плитой: 1.00  
 Соединение ребра по Y с плитой: 1.00

**Кoeffициенты использования по условиям прочности**  
 Ребра по X: 0.97  
 Ребра по Y: 0.71

**Расчет опорных узлов колонн**

Колонна: 11. ОП1, 14 элементов

Моментное сопряжение колонн с фундаментом

Расчетные сочетания усилий

Критерий	N (кН)	Qx (кН)	Qy (кН)	Qz (кН)
s-	-101.8			
(Q-0.25Nсж.)	-218.2			
Qy	-60.0			
s+	-256.9	-188.11	34.6	

Кoeffициент условий работы  $\gamma_c$ : 1  
 Кoeffициент увеличения Мизг и Q: 1.15

При расчете анкерных болтов рассмотреть вариант 0.9\*N  
 Расчетные сопротивления болтов по СНиП II-23-81, таб. 60

**Исполнение базы**  
 С ребрами усиления опорной плиты  
 С диафрагмами жесткости и с ребрами усиления  
 С траверсами

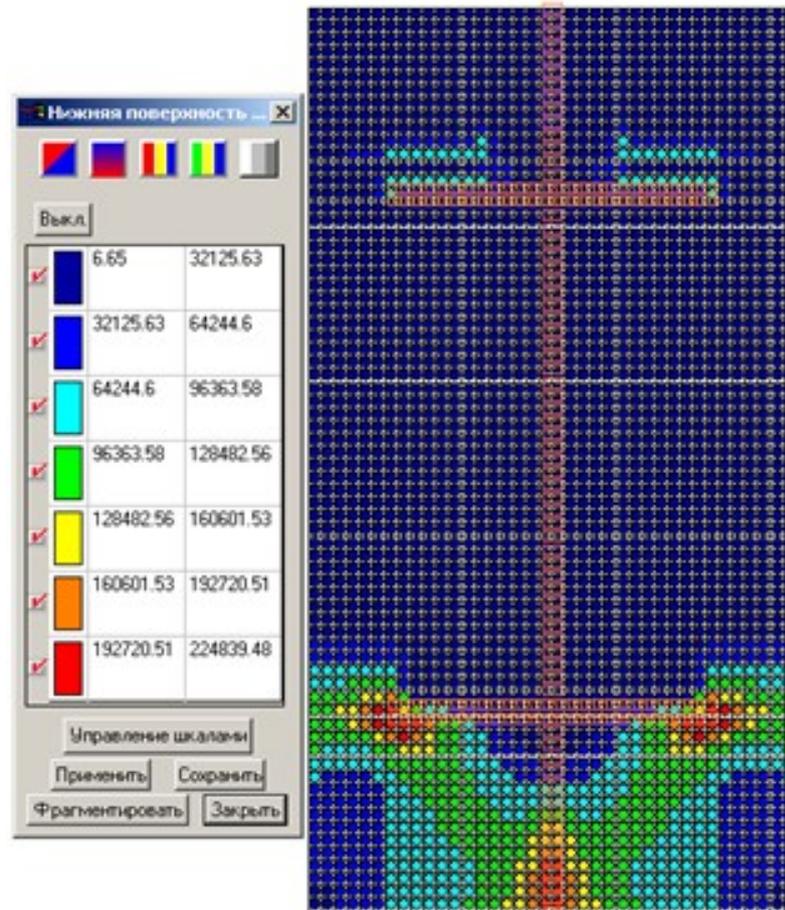
Компоновка опоры    Показать эскиз узла    Подобрать размеры    Принять размеры    Отменить

Создать отчет по расчету узла    Завершить    Выполнить расчет

Проектирование узлов в деморежиме недоступно.

# Особенности расчета опорных плит на нагрузку от анкерного болта

Опорные плиты в текущей версии рассчитываются только на нагрузку от давления под опорной плитой. Расчет на нагрузку от растянутых фундаментных болтов расчет будет реализован в ближайшее время с запасом в виду отсутствия методик, позволяющих без моделирования оболочечными или объемными элементами выполнить точный расчет. При необходимости может быть быстро построена простая модель опорной плиты из оболочечных элементов, позволяющая выполнить более точный расчет. В перспективе такая модель будет генерироваться автоматически.



# Некоторые особенности проектирования опорных узлов

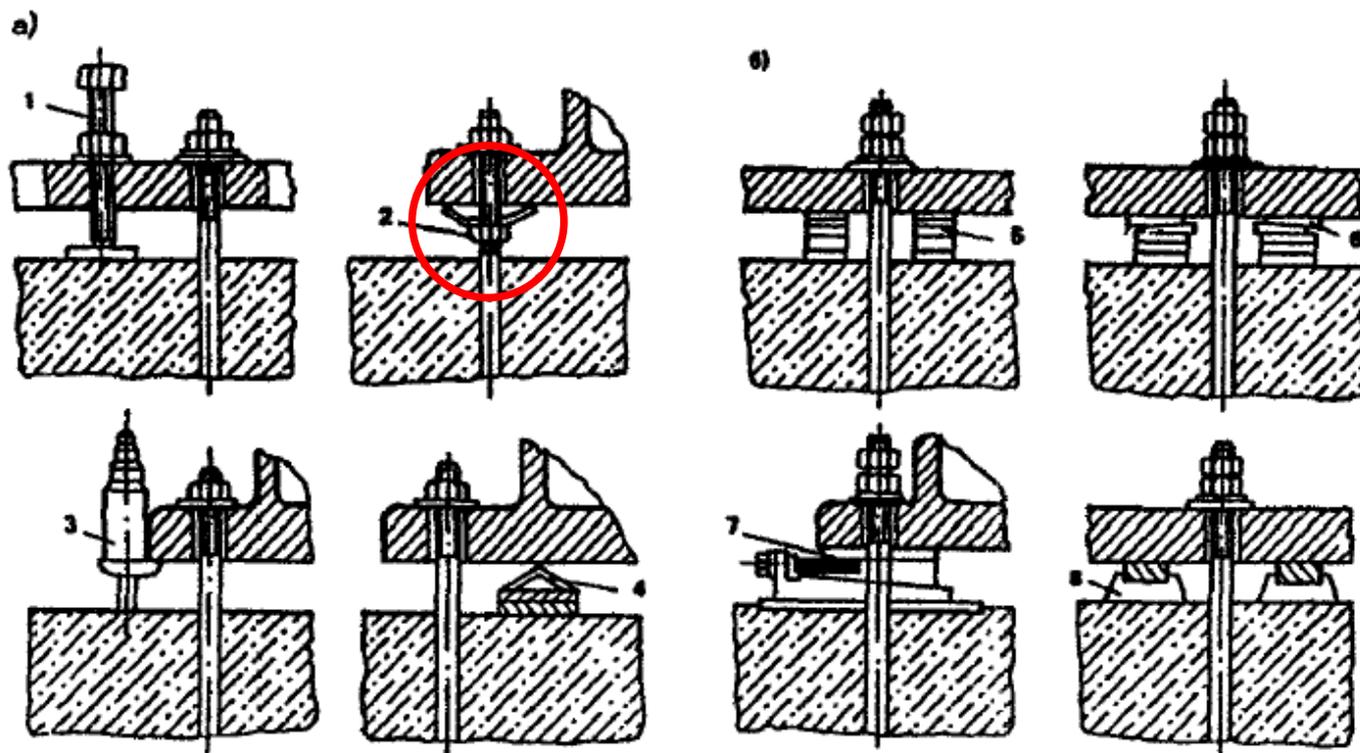


Рис.15. Опорные элементы для выверки и установки оборудования  
 а - временные; б - постоянные; 1 - отжимные регулировочные винты;  
 2 - установочные гайки с тарельчатыми пружинами; 3 - инвентарные домкраты;  
 4 - облегченные металлические подкладки; 5 - пакеты металлических подкладок;  
 6 - клинья; 7 - опорные баллахи;  
 8 - жесткие опоры

Установочные гайки с тарельчатые шайбами обеспечивают натяжение на бетон подливки и восприятие части поперечной силы за счет натяжения болтов

$$Q \leq f(n A_s a R_{ba} / 4 + N)$$

# Некоторые особенности проектирования опорных узлов

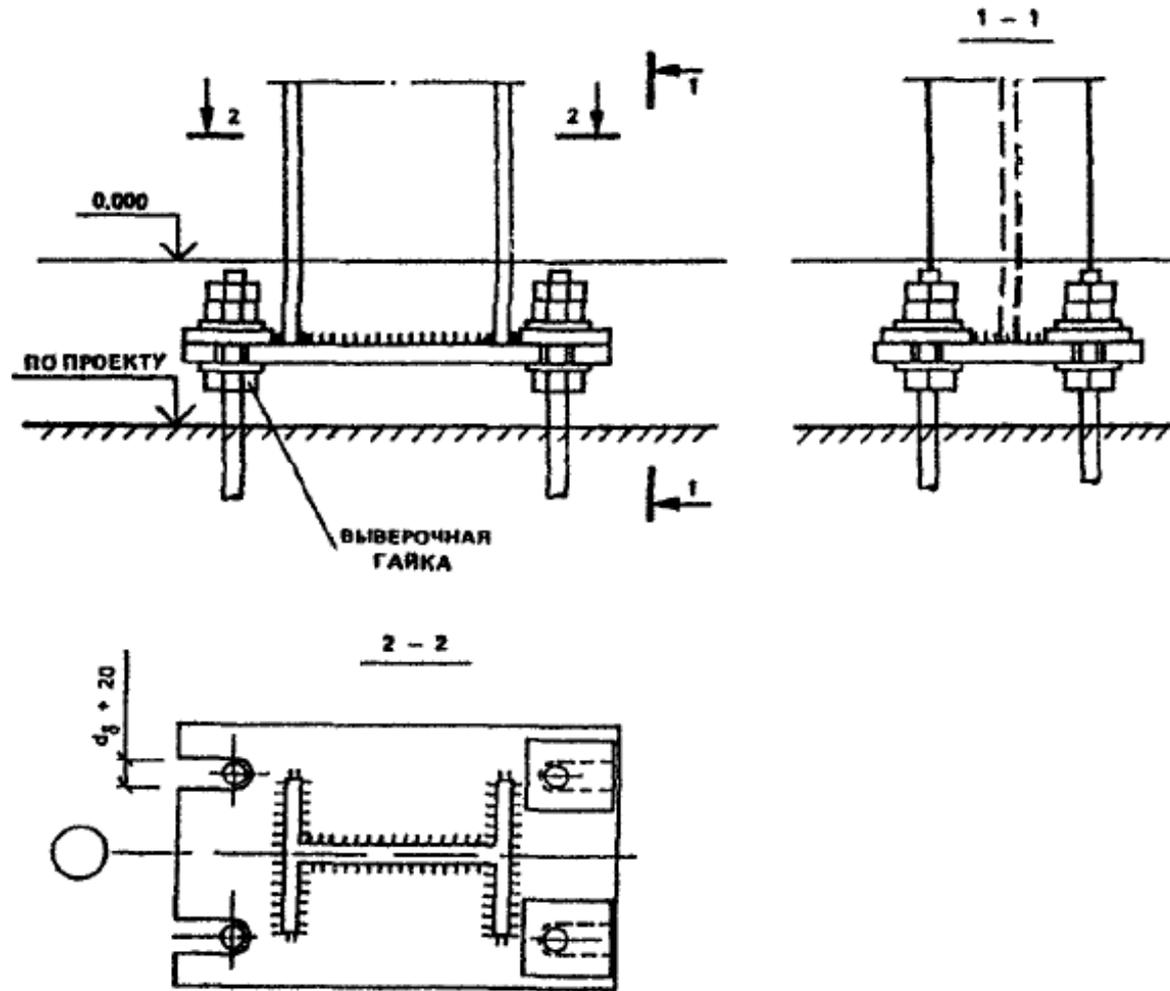


Рис.20. Схема установки стальных колонн сплошного типа каркасов промышленных зданий

Установочные гайки с плоскими шайбами не обеспечивают натяжение на бетон подливки (натяжение происходит на установочную шайбу) и поперечная сила не может восприниматься за счет натяжения болтов

$$Q \leq f (n A_{sa} R_{ba} / 4 + N)$$

# Работа ООО "КБТ" в SCAD



Аэродинамический тренажер с диаметром полетной зоны 4 м

