



**SCAD OFFICE.  
РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ  
НАГРУЗОК**



## 1. Общие сведения

Практически любая конструкция подвергается воздействию множества нагрузок различного вида, возникающих при возведении и эксплуатации сооружения. Расчет же чаще всего выполняется на отдельные (элементарные) варианты нагружения в предположении, что любой реальный вариант нагружения системы может быть представлен как линейная комбинация элементарных.

**Это предположение оправдано при линейном подходе к расчету, поскольку только для линейных систем справедлив принцип суперпозиции.**

При нелинейных расчетах, например, при расчете с использованием так называемых «физически-нелинейных конечных элементов», которыми снабжены многие расчетные программы, указанный подход лишается смысла, но, к сожалению, пользователи об этом не всегда помнят.



## 2. РСУ или РСН

В расчетной практике используются два похожих, но принципиально отличающихся понятия: *расчетные сочетания усилий* (РСУ) и *комбинации загружений* (РСН).

**Определить РСУ** — это значит найти те сочетания отдельных загружений, которые могут быть решающими (наиболее опасными) для каждого проверяемого элемента либо каждого сечения элемента (это касается стержня).

**Выполнить расчет на комбинацию загружений** — это получить показатели напряженно-деформированного состояния системы, на которую одновременно действуют несколько загружений.



Часто за одну временную нагрузку следует принимать нагрузку определенного рода от одного источника (давление или разрежение в емкости, снеговую, ветровую, гололедную нагрузки, температурные климатические воздействия, нагрузку от одного погрузчика, электрокара, мостового или подвесного крана) или нагрузку от нескольких источников, если их совместное действие может служить характерным режимом поведения конструкции.

Если возникает определенный интерес к анализу напряженно-деформированного состояния от такой единой нагрузки, то можно воспользоваться режимом РСН. Этот путь является практически единственным при анализе нелинейного поведения, в частности при проверке общей устойчивости сооружения).



В отличие от РСН, где заранее предполагалось, что рассматриваемая комбинация загрузений является в каком-то смысле невыгодной, например, для напряжения в определенном сечении, поиск такой невыгодной комбинации как раз и является решаемой проблемой в режиме РСУ.

Заметим, что при расчете линейных систем некоторое переменное загрузение либо войдет в РСУ целиком, либо будет отброшено (если оно создает разгружающий эффект), и, таким образом, можно себе представить всего  $2^n$  сочетаний (где  $n$  — количество загрузений), из которых следует сделать выбор. При реальных значениях параметра  $n$ , количество возможных комбинаций становится настолько большим, что решение задачи прямым перебором вариантов оказывается нереальным



### 3. Традиционные данные для отыскания РСУ

Во всех предыдущих версиях программы SCAD сведения о загрузках, необходимые для отыскания РСУ, задавались известной таблицей

| Загрузки |                     |                 |                    |                  |                    |               |
|----------|---------------------|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|---------------|
| Номер    | Наименование        | Тип             | Объед. кратко-врем | Знако-переменные | Взаимо-исключающие | Сопутствующие |
| 1        | Постоянная нагрузка | Постоянное      | 0                  | 0                | 0                  | 0             |
| 2        | Временная нагрузка  | Временное длит. | 0                  | 0                | 0                  | 0             |
| 3        | Снег                | Временное длит. | 0                  | 0                | 0                  | 0             |
| 4        | Ветер статика вдо   | Кратковременн.  | 0                  | 0                | 1                  | 0             |
| 5        | Ветер статика прот  | Кратковременн.  | 0                  | 0                | 1                  | 0             |

| Номер | Кэф. надежности | Доля длительности | Коэффициенты РСУ |           |          | Удаление РСУ            |
|-------|-----------------|-------------------|------------------|-----------|----------|-------------------------|
|       |                 |                   | 1 глав. 1        | 2 глав. 2 | особое 3 |                         |
| 1     | 1.1             | 1                 | 1                | 1         | 0        | ОК<br>Отмена<br>Справка |
| 2     | 1.2             | 1                 | 1                | 0.95      | 0.3      |                         |
| 3     | 1.2             | 1                 | 1                | 0.95      | 0.3      |                         |
| 4     | 1.2             | 0.35              | 1                | 0.9       | 0.5      |                         |
| 5     | 1.2             | 0.35              | 1                | 0.9       | 0.5      |                         |

Здесь имеются определенные неточности:

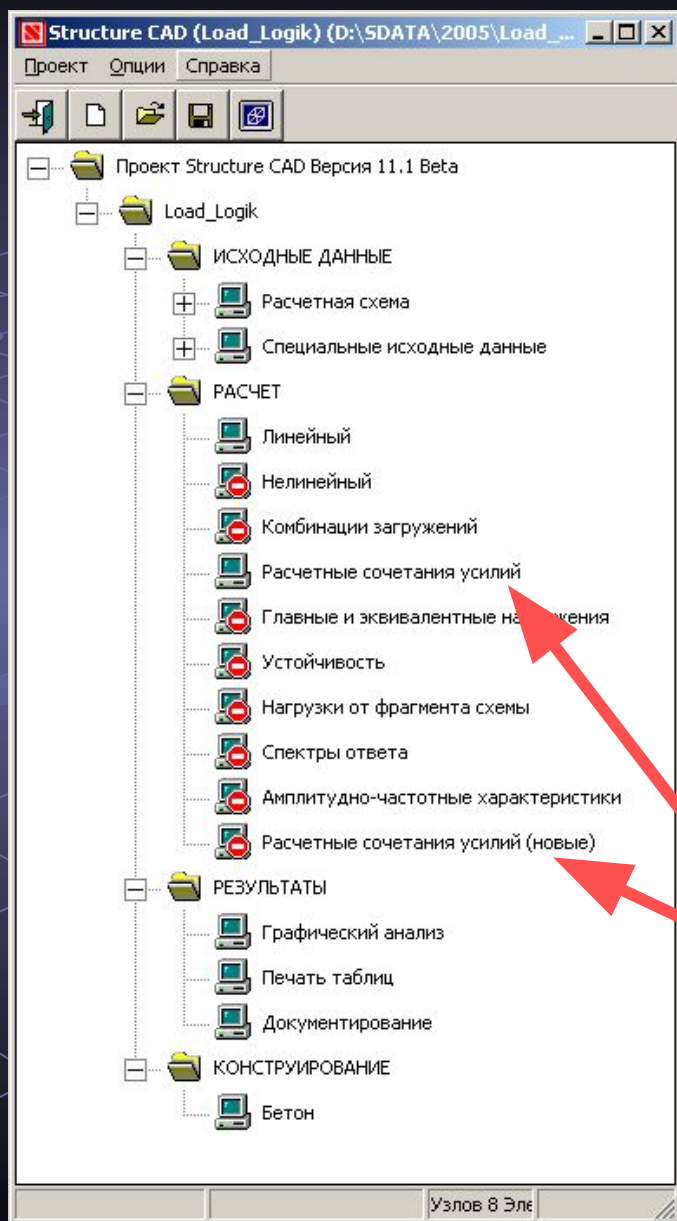
- не более 9 групп взаимoisключения или сопутствующие;
- не срабатывают вторые столбцы.

Имеются неточности при задании крановых нагрузок (не различаются разные краны, не учитывается режим работы), выбор РСУ неточно следует указаниям СНиП «Строительство в сейсмических районах» и др.

Используются понятия о 1-м и 2-м главных сочетаниях из норм, отмененных более 20 лет назад



## Нагрузки, загрузки, комбинации и сочетания



Кроме того, опыт показал, что указанная выше таблица не совсем удобна и в некоторых случаях приводит к недоразумениям, главным образом в той части, которая касается описания логических взаимосвязей между загрузками.

Было принято решение разработать новый вариант режима РСУ, изменив в нем систему представления исходных данных и устранив обнаруженные неточности.

Поскольку многие пользователи привыкли к старому варианту, разработчики дали возможность использовать и старый и новый вариант.



### 3. Новый вариант РСУ

При разработке новой версии SCAD были внесены следующие основные изменения:

- реализована возможность выбора характеристик загрузки (тип, вид) в строгом соответствии со СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»;
- коэффициенты сочетаний приняты по рекомендации п.1.12 СНиП 2.01.07-85, а именно  $\Psi=0,95$  для длительных нагрузок,  $\Psi=1,0$  для первой по степени влияния кратковременной нагрузки,  $\Psi=0,8$  - для второй и  $\Psi=0,8$  - для остальных;
- расширены возможности выбора логических взаимоотношений между загрузками и улучшена форма их задания;
- реализована возможность задания информации относительно общего физического источника различных загрузок (п. 1.12 СНиП 2.01.07-85);
- реализована возможность более точного представления данных о крановых нагрузках







## Нагрузки, загрузки, комбинации и сочетания

В новой версии SCAD таблица задания на поиск РСУ приобрела другой вид

Расчетные сочетания усилий

|   | Имя загрузки                | Тип загрузки  | Вид нагрузки  | Знакоп еремен            | Участвуют в групповых операциях     |                                     |            | Кэф. надежн. | Доля длител. | K1 |
|---|-----------------------------|---------------|---------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|--------------|--------------|----|
|   |                             |               |               |                          | Объедине ния                        | Взаи моиск                          | Сопутствия |              |              |    |
| 1 | L 1 (Собственный вес)       | Постоянные н. | Вес бетонных  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | 1.1        | 1.0          | 1            |    |
| 2 | L 2 (Снег)                  | Кратковремен  | Полные снего  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | 1.4        | 0.3          | 1            |    |
| 3 | L 3 (Ветер справа)          | Кратковремен  | Ветровые нагр | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | 1.4        | 0            | 1            |    |
| 4 | L 4 (Ветер слева)           | Кратковремен  | Ветровые нагр | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | 1.4        | 0            | 1            |    |
| 5 | L 5 (Давление крана справа) | Крановая      | Полные верти  | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1          |              | 1            |    |
| 6 | L 6 (Давление крана слева)  | Крановая      | Полные верти  | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1          |              | 1            |    |
| 7 | L 7 (Торможение справа нар  | Крановая      | Торможение "  | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1          |              | 1            |    |
| 8 | L 8 (Торможение справа вну  | Крановая      | Торможение "  | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1          |              | 1            |    |
| 9 | L 9 (Торможение слева нарч  | Крановая      | Торможение "  | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1          |              | 1            |    |

Загрузки  не могут входить в сочетание без загрузений 

!!! Необходимо уточнить данные о крановых нагрузках !!!

Шаг просмотра напряжений в пластинах  градусов

Параметры:

Связи загрузений:

Далее работа с этой таблицей рассматривается более детально

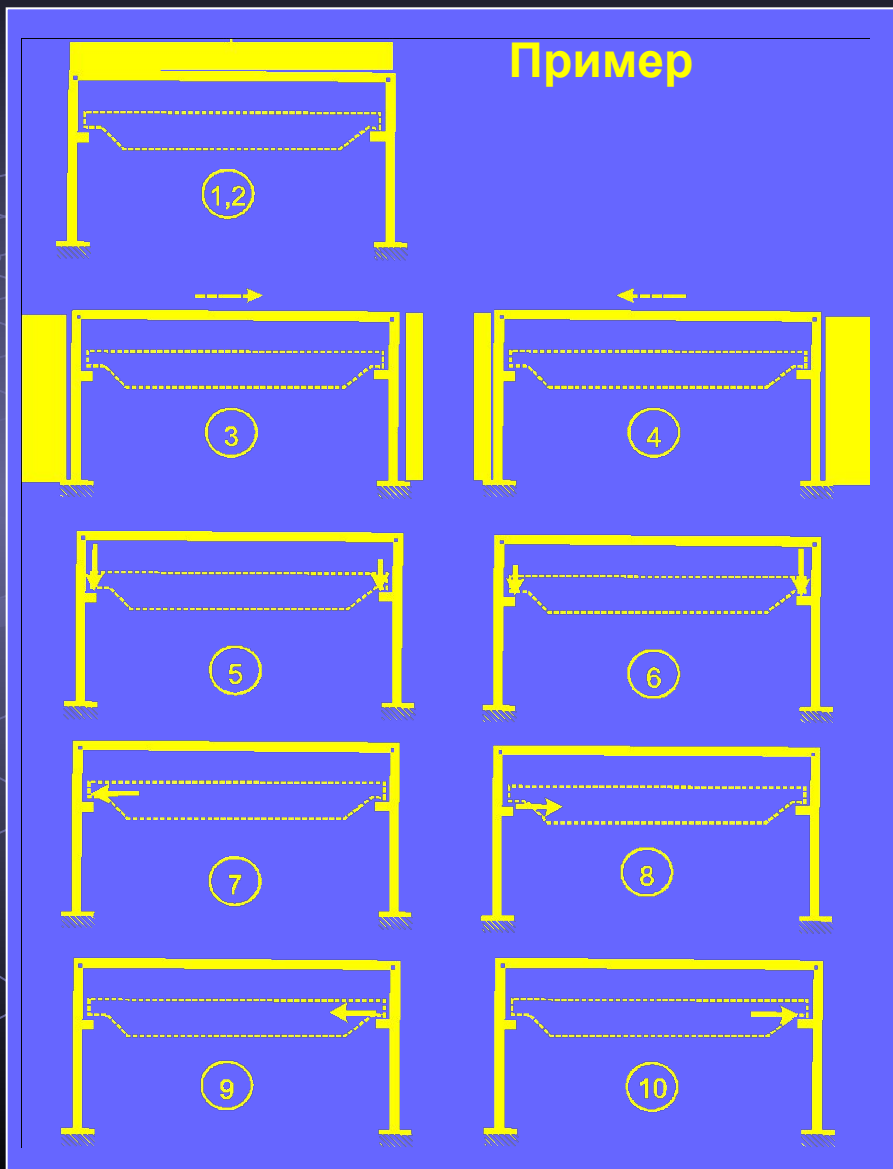


## 4. Логическая связь загрузений

Между отдельными нагрузками существуют различные варианты совместного проявления: полная независимость, обязательная совместность (давление жидкости на стенки сосуда и действие архимедовых сил), условная совместность (действие силы трения невозможно при отсутствии нормального давления), несовместность (невозможность одновременного действия положительной и отрицательной температуры).

По отношению рассматриваемого загрузения к другим загрузениям можно выделить четыре типа логических связей:

- независимые (например, собственный вес и полезная нагрузка);
- взаимоисключающие (например, ветер слева и ветер справа, или же сейсмическое воздействие вдоль разных осей координат);
- сопутствующие (например, тормозные, требующие обязательного присутствия вертикальных крановых нагрузок);
- одновременно действующие (например, ветровой напор и отсос, заданные в различных загрузениях).



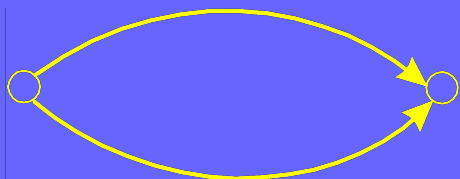
- 1 — собственный вес;
- 2 — снег;
- 3 — ветер слева;
- 4 — ветер справа;
- 5 — максимальное давление крана слева;
- 6 — максимальное давление крана справа;
- 7 — торможение, передаваемое на левую колонну наружу пролета;
- 8 — торможение, передаваемое на левую колонну внутрь пролета;
- 9 — торможение, передаваемое на правую колонну внутрь пролета;
- 10 — торможение, передаваемое на правую колонну наружу пролета



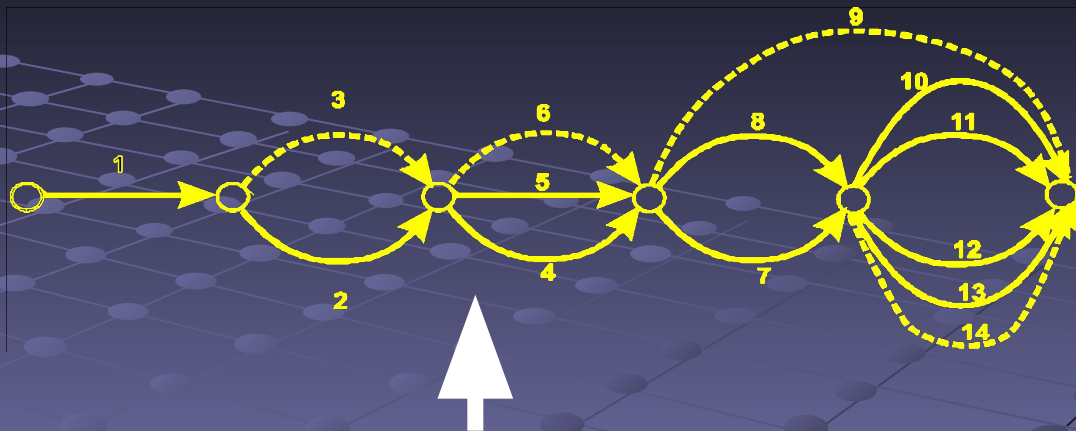
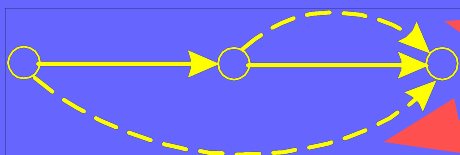
## Объединение



## Взаимоисключение



## Сопутствие

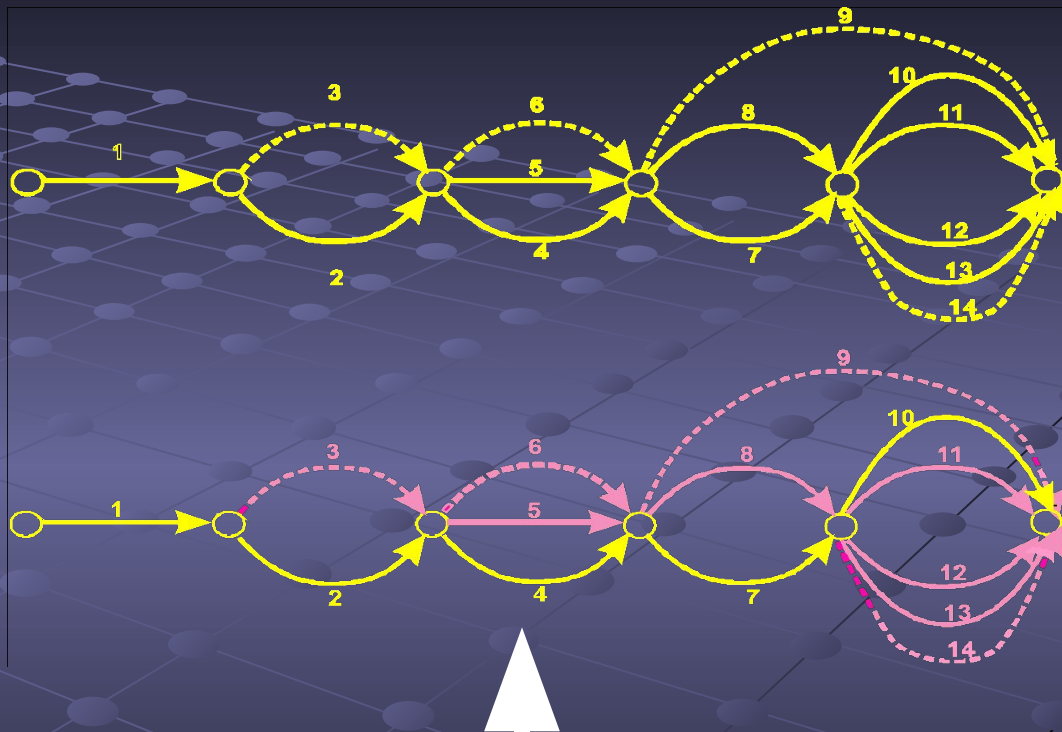


Здесь представлен граф, выражающий логической взаимосвязи. Кроме дуг соответствующих загрузкам имеется еще дуги (пунктир), соответствующие нулевым значениям интенсивности нагрузки. Они позволяют обходить на графе те нагрузки, которые не обязательно должны входить в расчетную комбинацию нагрузок (оказывают разгружающее действие).

Расчетная комбинация соответствует пути максимальной длины



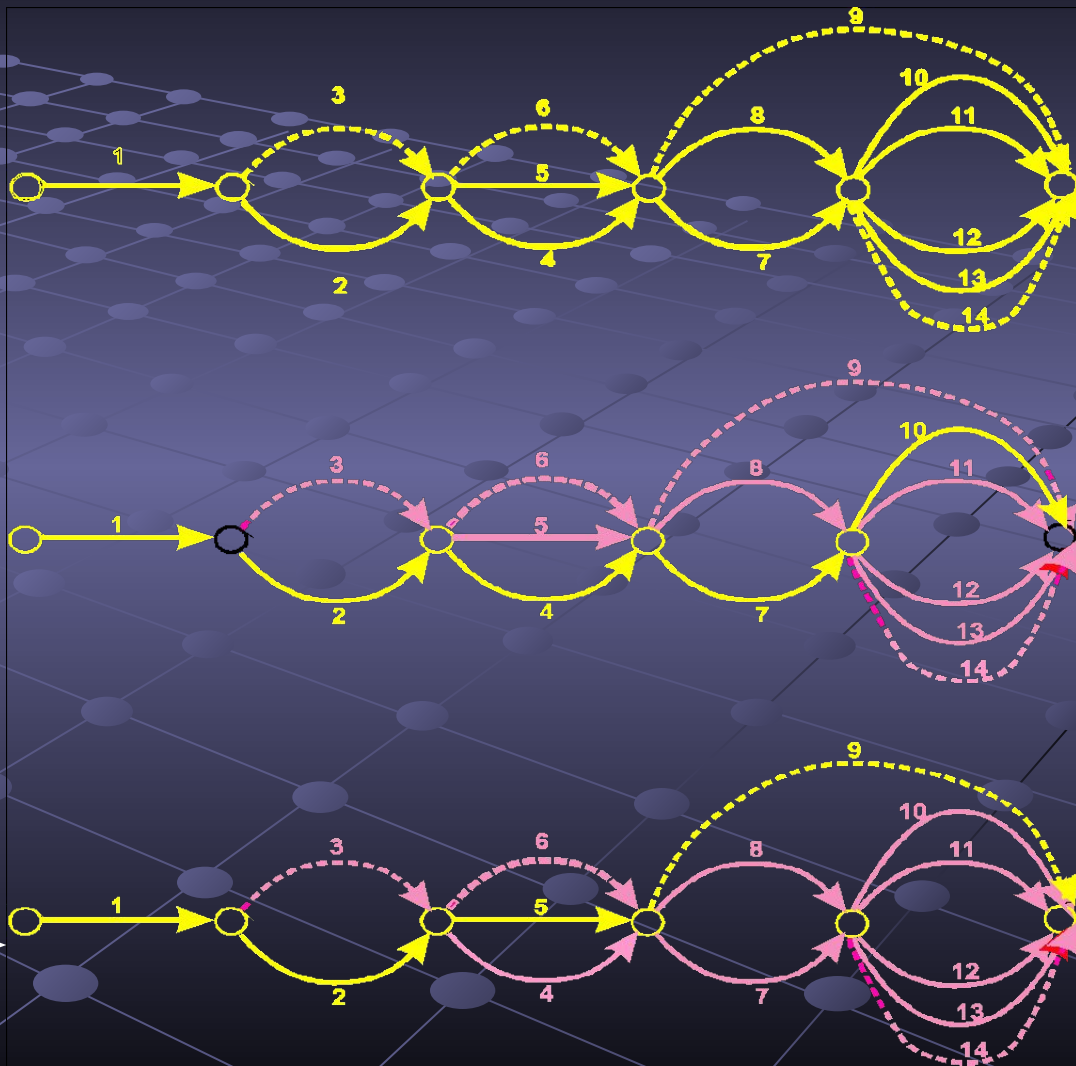
# Нагрузки, загрузки, комбинации и сочетания



Вот один из возможных путей на графе, который соответствует учету постоянной нагрузки (1), снеговой нагрузки (2), ветру справа (4), максимальному давлению крана справа (7) и торможению, передаваемое на левую колонну наружу пролета.



# Нагрузки, загрузки, комбинации и сочетания



А здесь ветер действует  
слева (5) и крановых  
нагрузок нет (9)





Сам способ задания логических взаимоотношений приобрел форму, напоминающую таблицу розыгрыша футбольного чемпионата.

## Взаимоисключение

|    | Загрузка | 5                                   | 6                                   | 7                                   | 8                                   | 9                                   | 10                       |
|----|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 5  | Загрузка | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 6  | Загрузка | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 7  | Загрузка | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 8  | Загрузка | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 9  | Загрузка | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Загрузка | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Отношения взаимоисключения, или объединения являются. могут быть установлены между любыми парами загрузений, входящие в эту пару загрузки являются в логическом смысле равноправными

Любое загрузение может входить в несколько парных взаимоотношений объединения или взаимоисключения, образуя некоторую «семью»



## Объединение (совместное действие)

Объединение кратковременных загрузений

|    | Загрузка    | 5                                   | 6                                   | 7                                   | 8                                   | 9                                   | 10                                  |
|----|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 5  | L 5 (Давлен | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| 6  | L 6 (Давлен | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| 7  | L 7 (Тормож | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| 8  | L 8 (Тормож | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| 9  | L 9 (Тормож | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 10 | L 10 (Тормо | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |

При двойном щелчке указывается, что независимо действующие загрузки в случае их совместного действия рассматриваются как одна временная нагрузка

OK      Отмена      Справка





## Сопутствие

Сопутствующие загрузки

|    | Загрузка        | 5                                   | 6                                   | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       |
|----|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5  | Загрузка 5 (Да) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6  | Загрузка 6 (Да) | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7  | Загрузка 7 (То) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8  | Загрузка 8 (То) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9  | Загрузка 9 (То) | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Загрузка 10 (Т) | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Загрузки  не могут входить в сочетание  
без загрузок

OK Отмена Справка

Отношение сопутствия не является равноправным для пары участвующих в нем загрузок. Одно из них не может существовать без второго (трение без нормального давления) но обратно неверно (нормальное давление может иметь место и в отсутствии трения). Поэтому строки и столбцы соответствующей таблицы имеют разный статус. Чтобы подчеркнуть это они помечены разными цветами.

Соотношение сопутствия напоминает соотношение «потомок - предок», когда у каждого ребенка (желтый цвет) обязательно есть родитель, но не каждый потенциальный родитель (зеленый цвет) имеет ребенка. У ребенка может быть несколько родителей и, естественно, родитель может иметь несколько детей.

SCAD не допускает отношений типа «дед - внук»



## 5. Представление различных нагрузок в РСУ

Тип и вид нагрузки соответствуют классификации СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», они определяют коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  и коэффициент длительной части  $k_{dl}$

Стр. 1.6. СНиП 2.01.07-85\*

н. возмещающие на стадии эксплуатации, следует учитывать в соответствии п. 1.6 — 1.8.

1.6. постоянным нагрузкам следует относить:

а) вес частей сооружений, в том числе вес несущих и ограждающих строительных конструкций;

б) вес и давление грунтов (насыпей, насыпок), горное давление;

Сопричисляемые в конструкциях или основаниях усилия от предварительного напряжения следует учитывать в расчетах как часть от постоянных нагрузок.

1.7. К длительным нагрузкам относятся:

а) вес временных перегородок под оборудованием;

б) вес стационарного оборудования, аппаратуры, приборов, водопроводной, канализационной, вентиляционной, лифтовых кабин, подвальных машин с их фундаментами, а также вес лонжеронов закладных оснований.

тивным значением, определяемым умножением полного нормативного значения в соответствии с указаниями п. 5.1 на коэффициент 0,3 — для III славянского района; 0,5 — для IV района; 0,8 — для V и VI районов;

л) температурные климатические воздействия с пониженными нормативными значениями в соответствии с указаниями п. 8.2—8.6 при условии  $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = 1$  и  $A_1 = A_2 = 0$ ;

м) воздействия, обусловленные деформациями оснований, не сопровождающиеся их значительным смещением со временем, а также

Стр. 6 СНиП 2.01.07-85\*

Таблица 3

| Здания и помещения  | Нормативные значения нагрузок $d$ , кг/м <sup>2</sup> |                    |
|---|---|--------------------|
|   | полное  | пониженное         |
| 1. Квартиры жилых зданий; стальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; палаты больниц и санаториев; террасы  | 5 (150)   | 0,3 (30)           |
| 2. Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений; классные помещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений | 2,0 (200)   | 0,7 (70)           |
| 3. Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения; лаборатории учреждений просвещения, науки; помещения электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; технические этажи; подвальные помещения  | Не менее 2,0 (200)                                    | Не менее 1,0 (100) |
| 4. Залы:  |   |                    |
| а) читальные  | 2,0 (200)   | 0,7 (70)           |
| б) обеденные (в кафе, ресторанах, столовых)   | 3,0 (300)   | 1,0 (100)          |
| в) собраний и совещаний, ожидания, зрительные и концертные, спортивные  | 4,0 (400)   | 1,4 (140)          |
| г) торговые, выставочные и экспозиционные   | Не менее 4,0 (400)                                    | Не менее 1,4 (140) |
| 5. Книгохранилища; архивы   | Не менее 5,0 (500)                                    | Не менее 1,8 (180) |
| 6. Сцены зрелищных предприятий  | Не менее 5,0 (500)                                    | Не менее 1,8 (180) |
| 7. Трибуны:   |   |                    |
| а) с закрепленными сиденьями  | 4,0 (400)   | 1,4 (140)          |
| б) для стоящих зрителей   | 5,0 (500)   | 1,8 (180)          |
| 8. Чердачные помещения  | 0,7 (70)  |                    |
| 9. Покрытия на участках:  |   |                    |
| а) с возможным скоплением людей (выходящих из производств...  | 4,0 (400)   | 1,4 (140)          |

| Тип загрузки | Вид нагрузки |
|--------------|--------------|
| (Г) Постоянн | Вес бето     |
| (Г) Длительн | Вес врем     |
| (С) Кратковр | Полные с     |
| (Е) Кратковр | Нагрузки     |
| (Е) Кратковр | Нагрузки     |
| (Л) Неактивн |              |
| (Л) Неактивн |              |
| (Л) Неактивн |              |

Раскрывающиеся списки

Коэффициент  $k_{dl}$  определен, как отношение пониженного значения к полному.

| Доля длител. |
|--------------|
| 1,0          |
| 0,9          |
| 0,35         |
| 0,35         |
| 0,35         |
| 0            |
| 0            |
| 0            |



## Нагрузки, загрузки, комбинации и сочетания

Поскольку переход от расчетных нагрузок к нормативным, а также выделение длительной составляющей, реализуется при помощи некоторого числового коэффициента, то в загрузку могут входить только те нагрузки, для которых эти коэффициенты равны.

VeST - Собственный вес

Файл Режимы Настройки Сервис Справка

Плотности

Элементы покрытий  Гидроизоляция  
 Стальные настилы  Засыпки и обмазки  
 Теплоизоляция  Бетоны и растворы  
 Пароизоляция  Другие

Материалы

| Название  | Распределенная нагрузка<br>Т/м <sup>2</sup> | γ <sub>f</sub> |
|---|---|----------------|
| Кровельная сталь оцинкованная                       | 0.0081                                      | 1.100          |
| Асбестоцементные волнистые листы усиленного профиля | 0.0171                                      | 1.200          |
| Асбестоцементные волнистые листы                    | 0.0121                                      | 1.200          |

Пакеты

- Покрытие из каркасных деревянных плит
- Пол из линолеума
- Рубероидная кровля
- Трехслойная панель
- Трехслойная стеновая панель

Удалить

| Материал   | Толщина (м) | γ <sub>f</sub> |
|--|-------------|----------------|
| H60-845-0,7  | ---         | 1.050          |
| Плиты из резольнофенолформальдегидного пенопласта при g = 100 кг/м <sup>3</sup> толщиной 60 мм | ---         | 1.200          |
| Полиэтиленовая пленка толщиной 0.2 мм  | ---         | 1.200          |
| Кровельная сталь оцинкованная  | ---         | 1.100          |

↑ ↓ Изменить Удалить

Нормативная нагрузка 0.023 Т/м<sup>2</sup>

Расчетная нагрузка 0.025 Т/м<sup>2</sup>

Сохранить пакет

Меню Вычислить Отчет Справка

Если в загрузку вошли нагрузки с различающимися значениями коэффициентов  $\gamma_f$ , то следует использовать отношение расчетной нагрузки к нормативной, которое дает VeST



**Следует учитывать некоторые особенности логических связей между отдельными загрузками, вытекающие из самой природы описания нагрузок:**

- динамические нагрузки должны быть представлены как сопутствующие тем статическим нагрузкам, которые сформировали массы в расчетной модели (это относится и к сейсмическим нагрузкам);
- следует помнить, что при задании снеговой или гололедной нагрузок может появиться несовместимость с некоторыми температурными воздействиями;
- динамической компоненте ветровой нагрузки сопутствует ее статическая компонента (это реализовано автоматически).



# Нагрузки, загрузки, комбинации и сочетания

Особенно сложны логические взаимоотношения между компонентами крановой нагрузки – здесь и соотношения сопутствия тормозных сил и сил вертикального давления, и ограничения по числу работающих кранов и учет режима работы при назначении коэффициентов сочетаний в соответствии с п.4.17 СНиП 2.01.07-85.

- Можно использовать компактное описание крановых нагрузок:
- взаимосключение только для разных кранов;
  - сопутствие не указывать;
  - все детали в отдельном окне.

Расчетные сочетания усилий

|    | Имя загрузки                     | Тип загрузки | Вид нагрузки | Знакоперемен.                       | Участвуют в групповых операциях |                                     |                          | Коеф. надеж. |
|----|----------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------|
|    |                                  |              |              |                                     | Объединения                     | Взаимоисключ.                       | Сопутствия               |              |
| 3  | L 3 (Ветер справа)               | Кратковр.    | Ветровы      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1.4          |
| 4  | L 4 (Ветер слева)                | Кратковр.    | Ветровы      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1.4          |
| 5  | L 5 (Давление крана 1 справа)    | Кранова      | Полные в     | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1            |
| 6  | L 6 (Давление крана 1 слева)     | Кранова      | Понижен      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | 1            |
| 7  | L 7 (Торможение крана 1 справа)  | Кранова      | Торможе      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | 1            |
| 8  | L 8 (Торможение крана 1 слева)   | Кранова      | Торможе      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | 1            |
| 9  | L 9 (Давление крана 2 справа)    | Кранова      | Полные в     | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1            |
| 10 | L 10 (Давление крана 2 слева)    | Кранова      | Полные в     | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | 1            |
| 11 | L 11 (Торможение крана 2 справа) | Кранова      | Торможе      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | 1            |

Загрузки:  не могут входить в сочетание

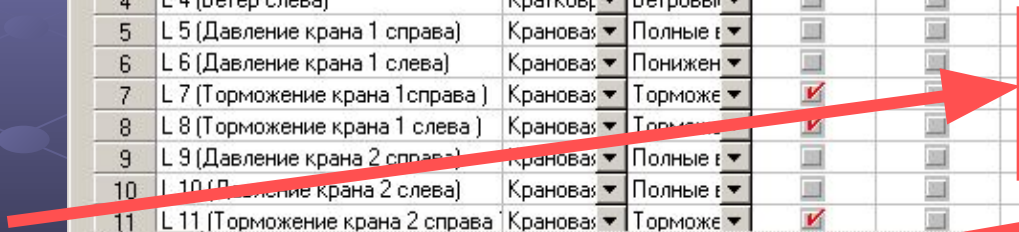
без загрузок:

!!! Необходимо уточнить данные о крановых нагрузках !!!

Шаг просмотра напряжений в пластинах:  градусов

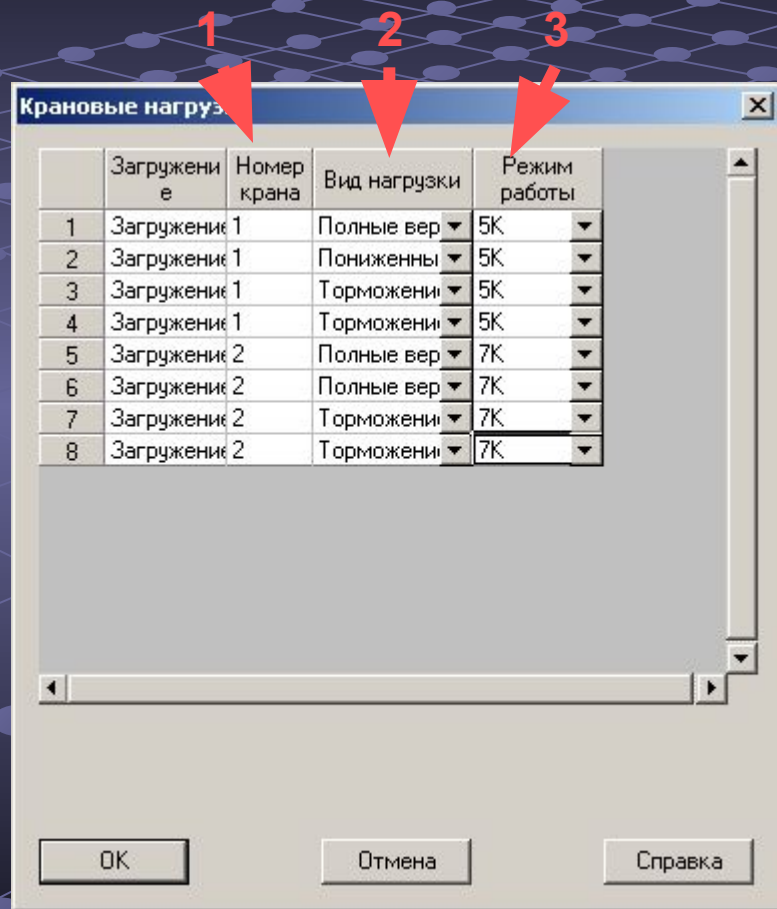
Параметры:

Связи загрузок:





## Нагрузки, загрузки, комбинации и сочетания



|   | Загружение   | Номер крана | Вид нагрузки | Режим работы |
|---|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 1 | Загружение 1 | 1           | Полные вер   | 5K           |
| 2 | Загружение 1 | 1           | Пониженны    | 5K           |
| 3 | Загружение 1 | 1           | Торможени    | 5K           |
| 4 | Загружение 1 | 1           | Торможени    | 5K           |
| 5 | Загружение 2 | 2           | Полные вер   | 7K           |
| 6 | Загружение 2 | 2           | Полные вер   | 7K           |
| 7 | Загружение 2 | 2           | Торможени    | 7K           |
| 8 | Загружение 2 | 2           | Торможени    | 7K           |

**1. Использование номера крана дает возможность именно для него построить все логические связи, а также исключить взаимодействие торможения одного крана с вертикальным давлением другого.**

**2. Указание вида нагрузки дает возможность реализовать логические связи между отдельными компонентами крановой нагрузки.**

**3. Задание режима работы позволяет учесть специальные коэффициенты сочетаний вводимые для крановых нагрузок пунктом 4.17 СНиП 2.01.07-85.**



## 6. Другие инструменты

Группы РСУ

Номер списка

Новый список

Сохранить Удалить

Список элементов

Группы элементов

13

Номера позиций с коэффициентами РСУ

| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       | 11                       | 12                       | 13                       | 14                       | 15                       |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Правило выбора расчетного усилия от сеймики

Сейсмика 3-й категории

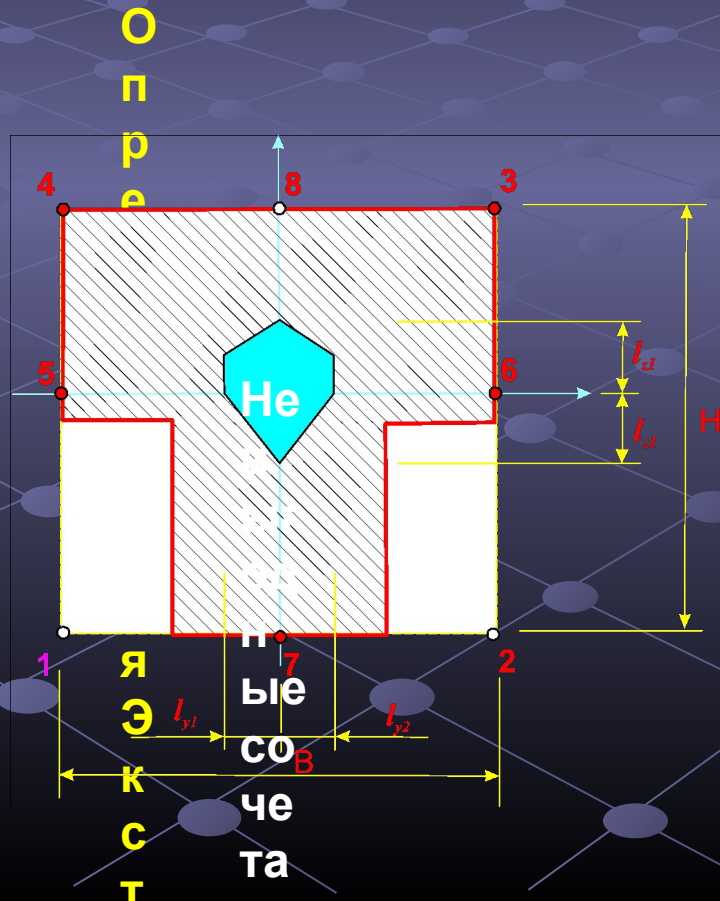
OK Отмена Справка

В некоторых случаях требуется дополнительное вмешательство расчетчика в процедуру выбора РСУ (типичным являются объекты атомной энергетики, для которых используются понятия степени ответственности элементов). Для этого можно использовать систему дополнительных коэффициентов, на которые умножаются значения нагрузок при выборе РСУ, Эти коэффициенты могут быть отнесены к группе элементов.



## 7. Критерий отбора РСУ

Невыгодные сочетания загрузок выбираются так чтобы создавались максимальные напряжения в характерных точках или на характерных площадках конечных элементов.

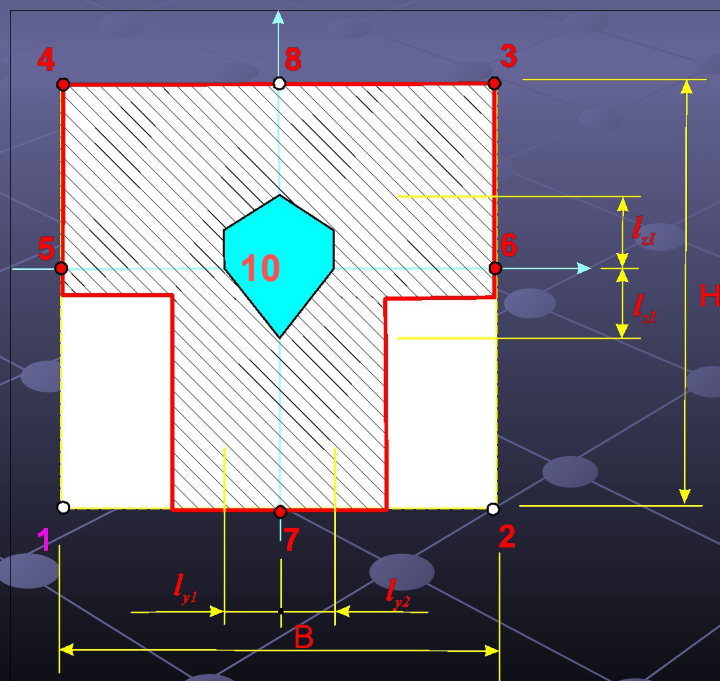


Определяются Экстремальные нормальные напряжения определяются по ядровым расстояниям и относятся к точкам 1-4 наиболее удаленным от центра тяжести (в том числе и к фиктивным точкам 1, 2). Это, как и само использование напряжений в качестве критериев отбора, отражает только тенденцию (и потому может использоваться), однако значение соответствующего критерия нельзя использовать ни для чего другого, кроме как для сравнения вариантов.





Проверка напряжений по многим точкам поперечного сечения дает определенную уверенность в надежности анализа, но это может занимать много времени. В новой версии SCAD предусмотрена возможность отбора тех точек, для которых можно не проверять напряжения (фильтрации факторов).



## Типичные примеры:

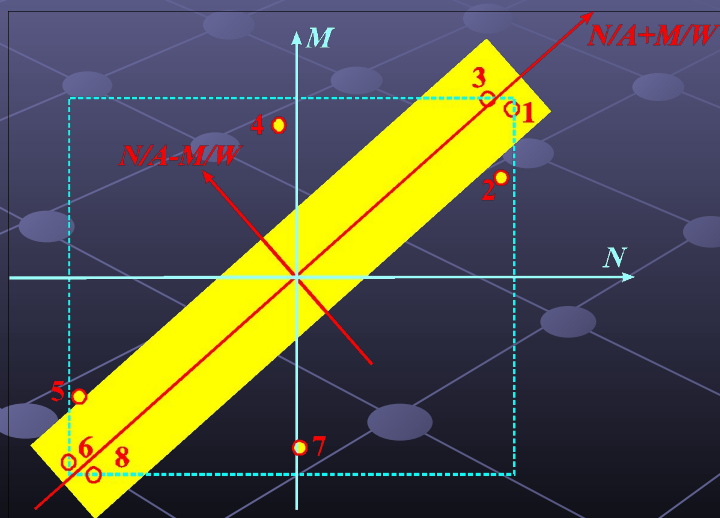
- для стальных конструкций чаще всего можно отказаться от анализа РСУ, связанных с поперечными силами (точки 5 – 8);
- в элементах работающих только на продольную силу (фермы) можно проверять только центральную точку 10;
- в элементах, работающих по плоской схеме можно проверять только точки 7, 8, 10 или 5, 6, 10.



Желание избавиться от предварительного задания характеристик поперечного сечения при поиске РСУ стимулирует использование, например, такого правила выбора:

- определить сочетание для  $M_{\text{макс}}$  и найти  $N_{\text{соотв}}, Q_{\text{соотв}};$
- определить сочетание для  $M_{\text{мин}}$  и найти  $N_{\text{соотв}}, Q_{\text{соотв}};$
- определить сочетание для  $N_{\text{макс}}$  и найти  $M_{\text{соотв}}, Q_{\text{соотв}};$

и т.д.



Здесь можно пропустить опасные ситуации, Экстремальные значения определяют прямоугольник, проходящий через точки 1, 3, 6, 8 и эти комбинации ложатся в основу подбора сечений. Но несущая способность подобранного сечения, связанная с экстремальными напряжениями  $N/A \pm M/W$ , может определяться так, что накрыты расчетные точки 1, 3, 6, 8, однако точки 4 и 7 остались вне области несущей способности.



В нормах проектирования конструкций встречаются требования о введении специальных коэффициентов условий работы, значения которых определяются тем, на какие нагрузки выполняется расчет.

СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» определяет значения дополнительного коэффициента условий работы  $m_{кр}$ .

**Эти требования предопределили выполнение двух проверок (с учетом и без учета сейсмических нагрузок), для чего задача о поиске невыгодного сочетания также решается дважды.**

Аналогична ситуация со СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции», который коэффициент условий работы бетона  $\gamma_{b2}$  меняет в зависимости от того, учитываются ли или не учитываются в расчете нагрузки, не имеющие длительной составляющей.



Для каждого критерия SCAD формируются четыре группы РСУ:

**Группа А:** Невыгодное сочетание постоянных и временных нагрузок.

**Группа Б:** Невыгодное сочетание постоянных и длительных частей временных нагрузок.

**Группа В:** Невыгодное сочетание сейсмического воздействия, постоянных и длительных частей временных нагрузок, а также кратковременных нагрузок на перекрытиях.

**Группа Г:** Невыгодное сочетание одной из особых (не сейсмической), постоянных и временных нагрузок.

Кроме того определяются аналогичные комбинации нормативных нагрузок, но на печать они не выводятся.

**Группы А, В и Г используются для проверки прочности и устойчивости, группа Б – для учета реологических процессов, Комбинации нормативных нагрузок предназначены для проверки по второму предельному состоянию.**



## 8. Представление и анализ результатов

Результаты выбора РСУ представляются таблицей такого типа:

RSU-новое.p32 - Блокнот

Файл Правка Поиск Справка

РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ ТИПА 44

| Элемент   | Тип | Сеч. | Столб | Кр.  | NX       | NY       | TXU      | MX       | MY       | MXU     | QX       |
|---|-----|------|-------|------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|
| 1   | 1   | 1    | 1     | 1000 | -360.784 | -54.5484 | 6.63496  | .837607  | -.363493 | .966893 | -7.94593 |
| Формула: $L1+0.95*L2+L3+0.8*L4$                       |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| Значение критерия 392.195 и типы загрузений: группа А |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| 1   | 1   | 1    | 1     | 1000 | -354.722 | -53.5275 | 5.09516  | .790042  | -.377737 | .974647 | -7.75637 |
| Формула: $L1+L2$                                      |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| Значение критерия 31.4541 и типы загрузений: группа А |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| 1   | 1   | 1    | 1     | 1005 | -358.486 | -54.1733 | 6.30486  | .827947  | -.363912 | .96492  | -7.89164 |
| Формула: $L1+0.95*L2+0.8*L3+L4$                       |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| Значение критерия 59.728 и типы загрузений: группа А  |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| 1   | 1   | 1    | 1     | 1085 | -182.468 | -27.7624 | 4.39828  | .388333  | -.196106 | .480936 | -3.89469 |
| Формула: $L1+L3+0.8*L5$                               |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| Значение критерия 1.90544 и типы загрузений: группа А |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| 2   | 1   | 1    | 1     | 1000 | -322.889 | -55.5373 | .019323  | -.369242 | .045321  | 1.00538 | 3.97212  |
| Формула: $L1+0.95*L2+L3+0.8*L4$                       |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| Значение критерия 309.043 и типы загрузений: группа А |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| 2   | 1   | 1    | 1     | 1000 | -319.128 | -54.8615 | -1.78307 | -.441481 | .030548  | 1.02123 | 4.21968  |
| Формула: $L1+L2$                                      |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| Значение критерия 40.0792 и типы загрузений: группа А |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| 2   | 1   | 1    | 1     | 1010 | -321.154 | -55.2262 | -.341598 | -.378564 | .043018  | 1.00417 | 3.99349  |
| Формула: $L1+0.95*L2+0.8*L3+L4$                       |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| Значение критерия 78.4794 и типы загрузений: группа А |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| 2   | 1   | 1    | 1     | 5    | -314.512 | -54.1714 | .343432  | -.426907 | .030198  | .992915 | 4.08758  |
| Формула: $L1+0.95*L2+L3+0.8*L5$                       |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |
| Значение критерия 12.9147 и типы загрузений: группа А |     |      |       |      |          |          |          |          |          |         |          |



Часто звучат просьбы о графическом отображении результатов выбора РСУ. Мы не смогли найти приемлемое решение этой проблемы с учетом множественности критериев выбора, а также необходимостью нарисовать все внутренние усилия.

Разработчики с интересом отнесутся к любому предложению, которое носило бы конструктивный характер, а не было бы общим пожеланием.



Нагрузки, загрузки, комбинации и сочетания

# Спасибо за внимание

**SCAD Soft**

**Тел. (+38 044) 249-7193**

**e-mail: [scad@scadsoft.com](mailto:scad@scadsoft.com)**

**<http://www.scadsoft.com>**