

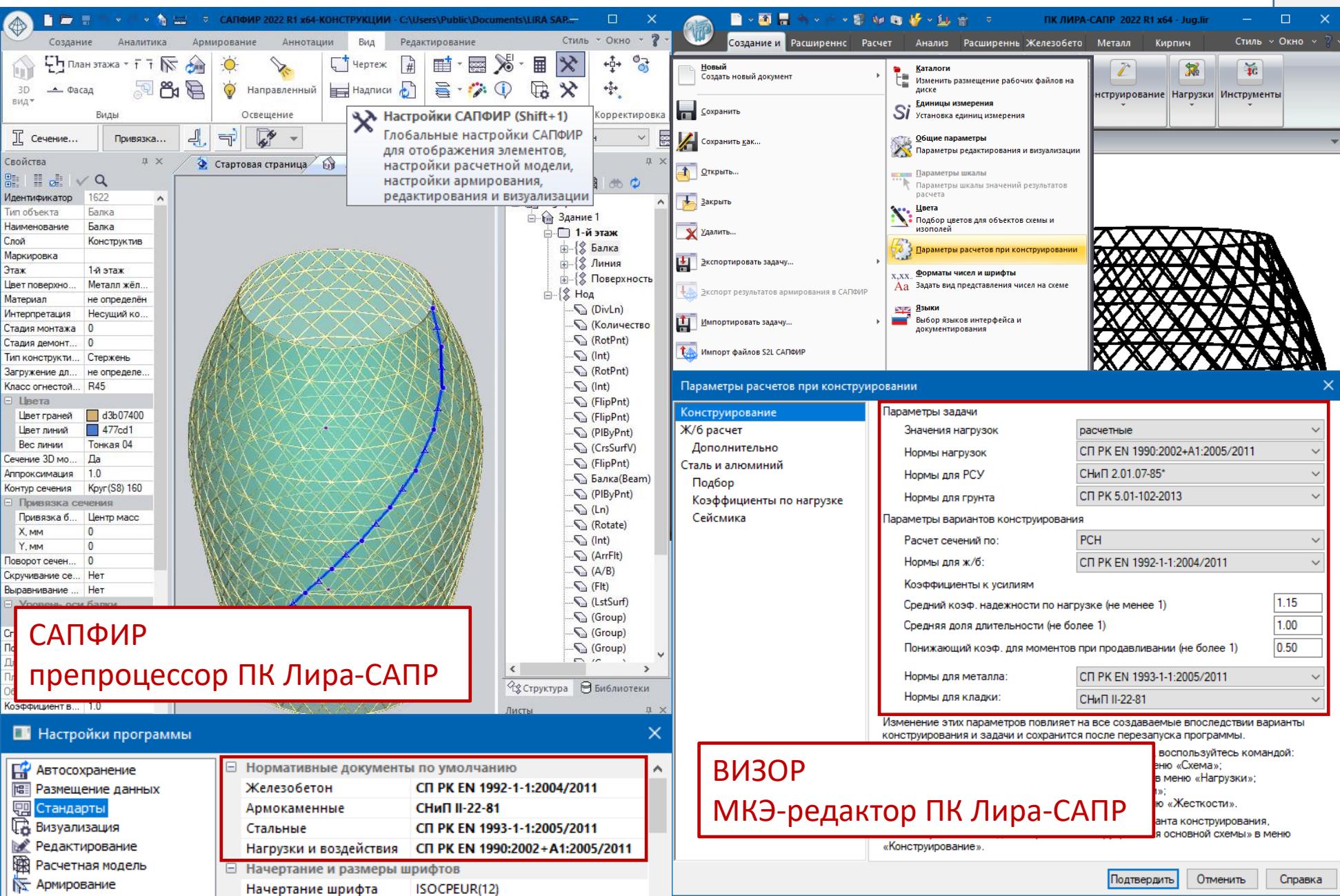
Комбинаторика, сейсмика, фундаменты и разное.

Водопьянов Роман Юрьевич

Главный инженер, сопровождение ЛИРА-САПР

05/2022

Начало проекта - настройка стандартов



САПФИР
препроцессор ПК Лира-САПР

ВИЗОР
МКЭ-редактор ПК Лира-САПР

Начинать работу нужно с настроек применяемых стандартов, т.е. с используемых по умолчанию нормативных документов.

Во-первых, в этом случае не придется многократно в разных меню выбирать ваши нормы, вместо предложенных по умолчанию.

Во-вторых, виды и подвиды загружений, а также коэффициенты и правила их сочетания в расчётах сразу будут настроены в соответствии с принятыми нормативными документами.

Обратите внимание – все больше стандартов СП РК EN появляется в наборе настроек. Осталось реализовать нормы по Каменным конструкциям. Работаем в этом направлении.



Комбинации нагрузок

Учет положений СП РК ЕН 1990:2002+А1:2005/2011

и Национального приложения от 30.12.2021 в Лира-САПР 2021

Реализация новых функций для расчета по нормам СП РК EN во втором релизе ПК ЛИРА-САПР 2020



Реализация новых функций
для расчета по нормам СП РК EN
во втором релизе ПК ЛИРА-САПР 2020

Водопьянов Роман Юрьевич

сопровождение ПК ЛИРА-САПР

СНиП 2.01.07-85* Стр. 3

1.12. При учете сочетаний, включающих постоянные и не менее двух временных нагрузок, расчетные значения временных нагрузок или соответствующих им усилий следует умножать на коэффициенты сочетаний, равные:

в основных сочетаниях для длительных нагрузок $\psi_1 = 0,95$; для кратковременных $\psi_2 = 0,9$;

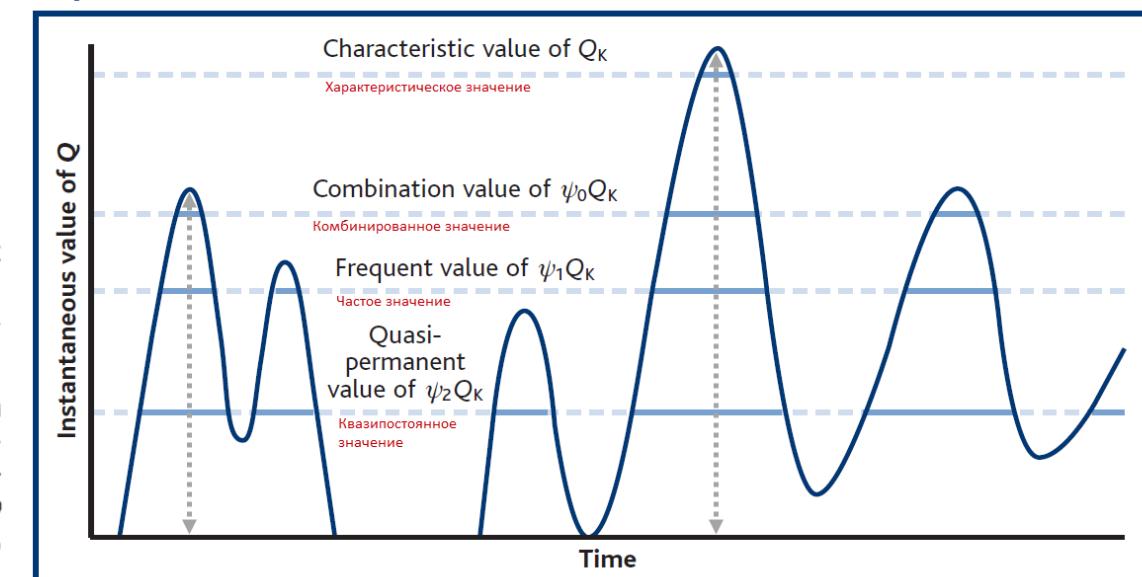
в особых сочетаниях для длительных нагрузок $\psi_1 = 0,95$; для кратковременных $\psi_2 = 0,8$, кроме случаев, оговоренных в нормах проектирования сооружений для сейсмических районов и в других нормах проектирования конструкций и оснований. При этом особую нагрузку следует принимать без снижения.

При учете основных сочетаний, включающих постоянные нагрузки и одну временную нагрузку (длительную или кратковременную), коэффициенты ψ_1 , ψ_2 вводить не следует.

П р и м е ч а н и е. В основных сочетаниях при учете трех и более кратковременных нагрузок их расчетные значения допускается умножать на коэффициент сочетания ψ_2 , принимаемый для первой (по степени влияния) кратковременной нагрузки — 1,0, для второй — 0,8, для остальных — 0,6.



Figure 3
Representative values of variable actions⁵



Руководство для проектировщиков к ЕвроКоду 1990

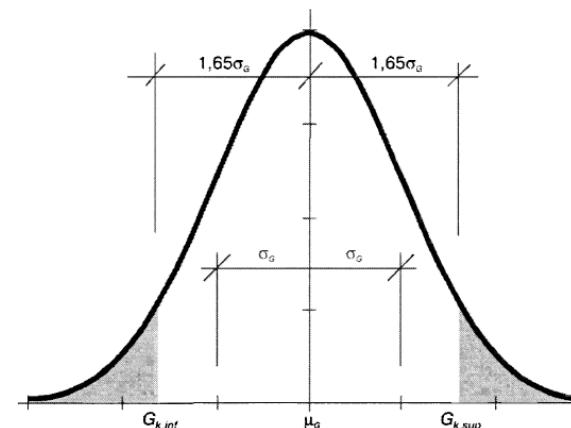


Рис. 4.1. Определение нижней ($G_{k,inf}$) и верхней ($G_{k,sup}$) характеристических

В декабре 2020 года был выпущен доклад с описанием функционала для расчета по нормам СП РК EN в ЛИРА-САПР версии 2020 года.

Там есть сравнение подходов к формированию комбинаций в СНиП/СП и ЕвроКодах. А так же реализация сбора снежевых и ветровых нагрузок по нормам РК.

А так же правила заполнения коэффициентов сочетаний со ссылками на норматив.

Ссылку на доклад «[Реализация новых функций для расчета по нормам СП РК EN во втором релизе ПК ЛИРА-САПР 2020](#)» см. в подписи к видео.



Комбинации РСН по СП РК EN в Лира-САПР 2021



Тип нагрузок

The screenshot displays the Lira-SAPR 2021 software interface with several windows open:

- Top Window:** "Расчетные сочетания нагрузок" (Load Combinations). It shows the table of load combinations defined by the user. A red dashed box highlights the "В расчетной схеме заданы" (Defined in the calculation scheme) section, which contains two radio buttons: "расчетные нагрузки" (Calculated loads) and "нормативные нагрузки" (Standard loads). The "нормативные нагрузки" button is selected.
- Left Window:** "Описание схемы" (Description of the scheme). It includes fields for "Признак схемы" (Scheme characteristic), "Значения нагрузок" (Load values), "Имя задачи" (Task name), and "Описание задачи" (Task description). A red dashed box highlights the "Значения нагрузок" section, where the "нормативные" radio button is selected. Below these fields is a video player showing "1:32 / 16:00 · Формирование сочетаний" (Formation of combinations).
- Middle Window:** "Варианты конструирования" (Design variants). It lists "1. Вариант 1" and provides options for editing the variant, selecting a calculation scheme, and defining norms.
- Bottom Window:** "Основное сочетание(II ПС)" (Main combination(II PC)). It shows the formula for the main combination: $\sum_{j=1}^n G_{i,j} + \gamma_{Q,i} Q_{i,k,j} + \sum_{l>1} \gamma_{Q,l} \psi_{Q,l,j} Q_{i,k,l}$ (6.10). It also lists other combination types: II. Аварийное сочетание(II ПС), III. Сейсмическое сочетание(II ПС), IV. Характеристическое сочетание(II ПС), V. Частое сочетание(II ПС), VI. Квазистатическое сочетание(II ПС). Buttons for "Сочетания SUP" and "Сочетания INF" are shown, along with checkboxes for "Учитывать условие 4.29 ЕвроКод 8" (Consider condition 4.29 EuroCode 8) and "Учитывать коэффициенты" (Consider coefficients).

В мае 2021 года был выпущен доклад с описанием функционала для расчета по нормам СП РК EN в ЛИРА-САПР версии 2021 года.

Там показан новый подход с указанием какие нагрузки заданы в расчетной схеме: нормативные или длительные (раньше принималось, что нагрузки заданы расчетные).

Ссылку на доклад «[Новые возможности ЛИРА-САПР 2021 для расчета по нормам СП РК EN](#)» см. в подписи к видео.

Изменения в Национальные приложения к СП РК ЕН 1990...

ҰЛТТЫҚ ҚОСЫМША

НАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

ЕК КР ЕЖ ЕН
1990:2002+А1:2005/2011

НП к СП РК ЕН
1990:2002+А1:2005/2011

КР ЕЖ ЕН 1990:2002+А1:2005/2011
ҰЛТТЫҚ ҚОСЫМШАСЫ
КУШ ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ
ЖОБАЛАУДЫҢ НЕГІЗДЕРІ

НАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ
к СП РК ЕН 1990:2002+А1:2005/2011
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ

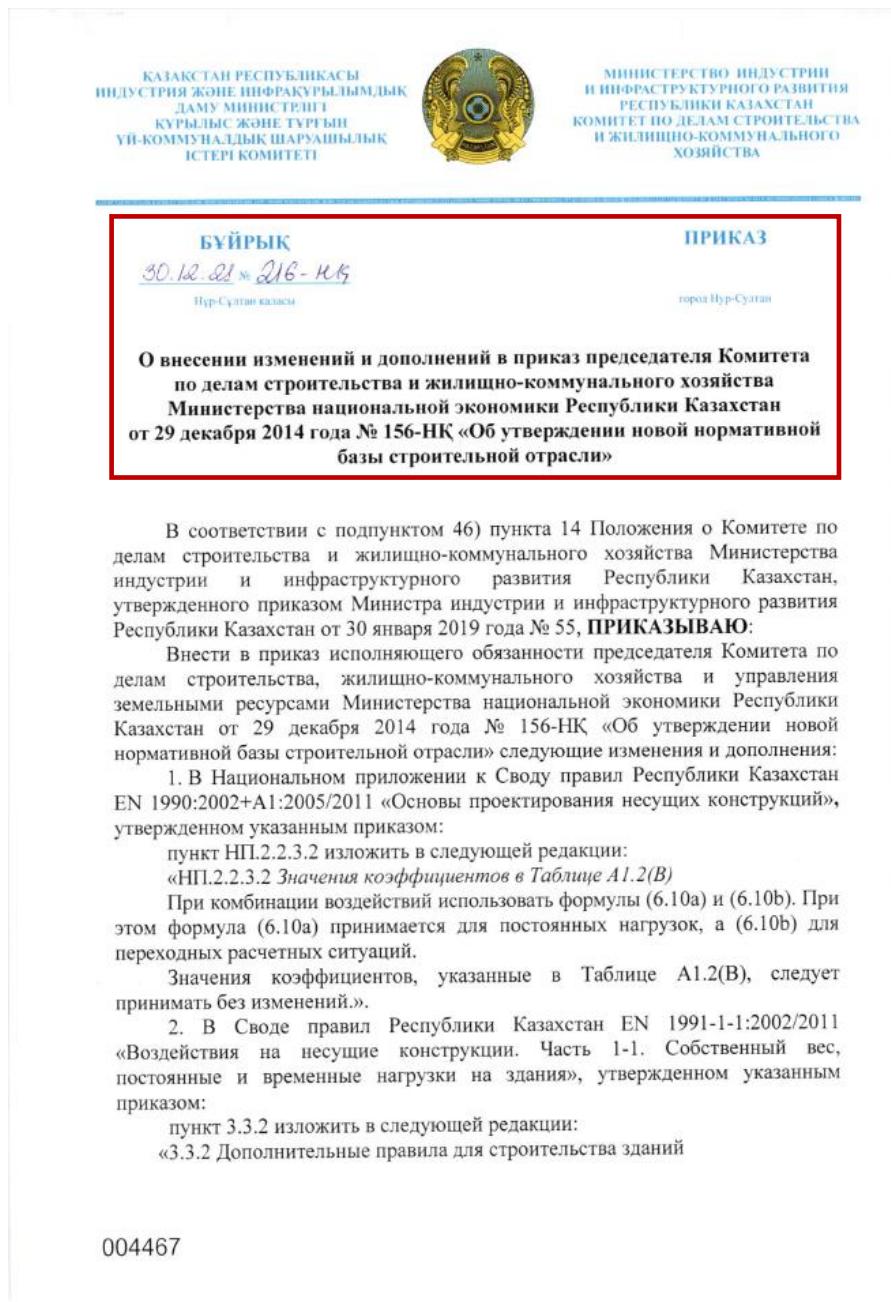
Ресми басылым
Издание официальное

Казахстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық
даму министрлігі Құрылғыс және тұргын үй-коммунальдық
шаруашылық істері комитеті

Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального
хозяйства Министерства индустрии и инфраструктурного
развития Республики Казахстан

Нұр-Сұлтан 2022

004467



В декабре 2021 года были подписаны изменения в действующие Национальные приложения к СП РК ЕН и выпущены новые НТП.

Стоит обратить внимание на письмо Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан. Там описаны все основные изменения в Национальные приложения.

Данные изменения внесены в программу [в патче 3 к релизу 2 версии 2021](#). Описание патча и скачать его можно по ссылке в описании.



Комбинации РСН по СП РК ЕН в Лира-САПР 2021 R2.3

пункт НП.2.2.3.2 изложить в следующей редакции:

«НП 2.2.3.2 Значения коэффициентов в Таблице А1.2(В)

При комбинации воздействий использовать формулы (6.10а) и (6.10б). При этом формула (6.10а) принимается для постоянных нагрузок, а (6.10б) для переходных расчетных ситуаций.

Значения коэффициентов, указанные в Таблице А1.2(В), следует принимать без изменений.».

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН 1 Имя таблицы РСН СП РК ЕН 1990:2002+A1:2005/2011_1
СП РК ЕН 1990:2002+A1:2005/2011_1

Динамика по модулю

В расчетной схеме заданы:
 расчетные нагрузки
 нормативные нагрузки

N загруж.	Наименование	Вид	Доминирующее	Знакоперем.	Взаимоскл.	Коэф. безоп.	1.PCH1_1_6.10a_s	2.PCH2_1_6.10b_su	3.PCH3_1_6.10b_su	4.PCH4
1	Собственный вес	Постоянное, Gsup		+		1.35	1.	0.85	0.85	1.
2	Вес перекрытий	Постоянное, Gsup		+		1.35	1.	0.85	0.85	1.
3	Полезная в помещениях	Временное кат. В, Q	*	+		1.5	0.	1.	0.7	0.1
4	Снег	Снеговое > 1000, Q	*	+		1.5	0.	0.7	1.	0.1
+5	Сейсмика по X (СП РК 2017)	Сейсмическое, Ae		+/-	1	1.0	0.	0.	0.	1.
+6	Сейсмика по X (НТП РК 08-0)	Сейсмическое, Ae		+/-	1	1.0	0.	0.	0.	0.

I. Основное сочетание(I ПС)
II. Аварийное сочетание(I ПС)
III. Сейсмическое сочетание(I ПС)
IV. Характеристическое сочетание(II ПС)
V. Частое сочетание(II ПС)
VI. Квазипостоянное сочетание(II ПС)

$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj}$ (6.10а) и $\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q,i} Q_{k,i} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ (6.10б) Таблица A B C

Учитывать условие 4.29 Еврокод 8
 Сочетания SUP
 Сочетания INF
Для сечений балки 1
Для сечений колонны 1.3
 ф-ла 6.10 ф-ла 6.10a ф-ла 6.10b
 изм. к п. НП2.2.3.2 от 30.12.21
Добавить
Коэффициенты

Добавлена возможность создавать комбинации нагрузок в соответствии с изменениями в п.2.2.3.2 НП к СП РК ЕН 1990:2002+A1:2005/2011

Важно: при использовании соответствующей радио-кнопки в диалоге "Расчетные сочетания нагрузок" для автоматической генерации комбинаций нагрузок "I. Основного сочетания" будут сформированы комбинации нагрузок постоянных загружений по ф.(6.10а) и комбинации нагрузок для переходных расчетных ситуаций по ф.(6.10б).

Комбинации РСН по СП РК ЕН в Лира-САПР 2022

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН 1 Имя таблицы РСН СП РК ЕН_расчетные

СП РК ЕН 1990:2002+А¹ Динамика по модулю Определяющие РСН

Коф. надежности по ответственности для комбинаций I 1
для комбинаций IV-VI 1
для комбинаций II-III 1

В расчетной схеме заданы:
 расчетные нагрузки
 нормативные нагрузки

N загруж.	Наименование	Вид	Доминирующее	Знакоперем.	Взаимоскл.	Коф. безоп.	1.PCH1_I	2.PCH2_II	3.PCH3	+ <input type="button" value=""/>
1	Собствен.									
2	Постоянн.									
3	Нагрузки									
4	Кратковр.									
5	Снег									
6	сейсмика									
7	сейсмика									

Таблицы ввода: РСН

Лента: Создание и редактирование, Расширенное редактирование, Расчет, Анализ, Расширенный анализ, Железобетон, Сталь, Кирпич, Таблицы, Инструменты

Меню: Таблицы ввода

Параметры: Номер таблицы РСН: 2; Нормы проектирования: СП РК ЕН 1990:2002+А¹:2005/2011; Имя таблицы РСН: СП РК ЕН 1990:2002+А¹:2005/2011_0; Динамика по модулю: Настраойк...

Настройки РСН: Частое, Настройка РСН для всех случаев, Настройка РСН для расчета трещин АРМ, Настройка РСН для расчета прогибов СТК. В конце опять символ ;.

Список комбинаций:

- I. Основное сочетание(I ПС)
- II. Аварийное сочетание(II ПС)
- III. Сейсмическое сочетание(III ПС)
- IV. Характеристическое сочетание(IV ПС)
- V. Частое сочетание(V ПС)
- VI. Квазипостоянное сочетание(VI ПС)

Добавить

Таблицы РСН.xlsx - Microsoft Excel

Группы сочетаний

Группы сочетаний	Формулы
I. Основное сочетание (I ПС)*	$\sum G_{k_j} O_{k_j} + Y_{Q_1} O_{Q_1} + \sum \psi_{Q_i} O_{Q_i}$ (6.10) $\sum G_{k_j} O_{k_j} + Y_{Q_1} \psi_{Q_1} O_{Q_1} + \sum \psi_{Q_i} \psi_{Q_i} O_{Q_i}$ (6.10a) $\sum Y_{Q_1} G_{k_j} + Y_{Q_1} \psi_{Q_1} O_{Q_1} + \sum Y_{Q_i} \psi_{Q_i} O_{Q_i}$ (6.10b)
II. Аварийное сочетание (II ПС)	$\sum G_{k_j} + Ad + (\psi_{t_1} \psi_{t_2} \psi_{t_3}) O_{k_j} + \sum \psi_{t_i} O_{t_i}$ (6.11b)
III. Сейсмическое сочетание (III ПС)	$\sum O_{k_j} + Ad + \sum \psi_{t_i} O_{t_i}$ (6.12b)
IV. Характеристическое сочетание (IV ПС)**	$\sum G_{k_j} + O_{k_j} + \sum \psi_{Q_i} O_{Q_i}$ (6.14b) $\sum G_{k_j} + \psi_{t_i} O_{t_i} + \sum \psi_{Q_i} O_{Q_i}$ (6.15b)
V. Частое сочетание (V ПС)**	$\sum G_{k_j} + \sum \psi_{Q_i} O_{Q_i}$ (6.16b)
VI. Квазипостоянное сочетание (VI ПС)	$\sum G_{k_j} + \sum \psi_{Q_i} O_{Q_i}$ (6.16b)

Продолжается доработка РСН.

В версии 2022 уже реализованы коэффициенты надежности по ответственности (они же классы последствий):

- I – для основных сочетаний;
- II-III – для особых сочетаний (сейсмика и аварийные);
- IV-VI – для 2го предельного состояния.

Кроме того, появились новые таблицы ввода для загружений и РСН. Это позволит более удобным/универсальным способом переносить, например, уже готовые комбинации РСН из Excel уже с учетом всех необходимых параметров этих комбинаций, включая вид комбинации и ее участие в расчете на 2 ПС.

Подробнее про это в докладе Алексея Мельникова «[Автоматическое формирование начальных несовершенств. Таблицы ввода ЛИРА-САПР 2021-2022](#)». Ссылка под видео.

В планах и другие доработки, но об этом уже в сентябре.



Начальные несовершенства и РСН в версии 2022

Начальные несовершенства

Формировать на основании:

Загружение РСН

Откуда

из списка № РСН 1

Куда

№ загр. 15

Сист.координат

Глобальная Направление X +
 Местная Y -
 Направляю

CX 1.0 CY 0.0

Несовершенства

Абсолютные Относительные
 Отклонение 200
 Кривизна 300

Длина стержня

Задать 1.0 м Авто
 Конструктивные элементы

Коэффициент к нагрузкам 1.0

Добавить нагрузки в РСН

Список сочетаний

#	Имя	cosX	cosY	cosZ
1	PCH1_1	0.009	1.000	
2	PCH2_1	0.012	-1.000	
3	PCH3_1	1.000	0.026	
4	PCH4_1	-0.999	0.032	
5	PCH5_1	0.517	0.856	
6	PCH6_1	0.537	-0.844	
7	PCH7_1	-0.500	0.866	
8	PCH8_1	-0.517	-0.856	
9	PCH9_1	0.004	1.000	
10	PCH10_1	0.007	-1.000	
11	PCH11_1	1.000	0.011	
12	PCH12_1	-1.000	0.017	
13	PCH13_1	0.517	0.856	
14	PCH14_1	0.527	-0.850	
15	PCH15_1	-0.510	0.860	
16	PCH16_1	-0.517	-0.856	
17	PCH17_1	0.045	0.999	
18	PCH18_1	0.057	-0.998	
19	PCH19_1	0.991	0.131	
20	PCH20_1	-0.987	0.160	
21	PCH21_1	0.516	0.857	
22	PCH22_1	0.610	-0.792	
23	PCH23_1	-0.431	0.902	
24	PCH24_1	-0.519	-0.855	
25	PCH25_1	0.000	1.000	
26	PCH26_1	0.004	-1.000	
27	PCH27_1	1.000	0.001	
28	PCH28_1	-1.000	0.006	
29	PCH29_1	0.517	0.856	
30	PCH30_1	0.521	-0.854	
31	PCH31_1	-0.516	0.857	
32	PCH32_1	-0.517	-0.856	

Наименование Коэф. безоп. 1.PCH1_1 2.PCH2_1

Big snow	1.5	0.	0.
Wind left	1.5	0.9	0.
Wind right	1.5	0.	0.9
Wind butt 1	1.5	0.	0.
Wind butt 2	1.5	0.	0.
Wind 45 +Y+X	1.5	0.	0.
Wind 45 -Y+X	1.5	0.	0.
Wind 45 +Y-X	1.5	0.	0.
Wind 45 -Y-X	1.5	0.	0.
Wind 45 -Y-X	1.5	0.	0.
Earthquake X	1.0	0.	0.
Earthquake Y	1.0	0.	0.
15: Несовершенства по -Y (№ PCH 1)	1.0	1.	0.
16: Несовершенства по -Y (№ PCH 5)	1.0	0.	0.
17: Несовершенства по -Y (№ PCH 9)	1.0	0.	0.
18: Несовершенства по -Y (№ PCH 13)	1.0	0.	0.
19: Несовершенства по -Y (№ PCH 17)	1.0	0.	0.

XOY

Продолжается автоматизация создания начальных несовершенств и добавление новых загружений в исходные комбинации нагрузок.

Для этого реализована новая настройка в диалоге формирования начальных несовершенств «Добавить нагрузки в РСН». В результате использования новой функции при формировании несовершенств, последние будут автоматически добавлены в соответствующие комбинации.

Обратите внимание, что на основании информации о направлении суммарного перемещения можно минимизировать количество дополнительных загружений моделирующих начальные несовершенства. Эта информация выводится именно для правильного выбора направления, чтобы не создавать лишние комбинации в которых начальные несовершенства будут разгружать конструкцию.



Нелинейные истории на базе РСН в версии 2022

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН 1 Имя таблицы РСН СП РК ЕН 1990:2002+А1:2005/2011_1

СП РК ЕН 1990:2002+А1:2005/2011_1

Коф. надежности по ответственности для комбинаций I 1
для комбинаций IV-VI 1
для комбинаций II-III 1

В расчетной схеме заданы:
 расчетные нагрузки
 нормативные нагрузки

N загруж.	Наименование	Вид	Доминир	Знакопер	Взаимопр	Коф. безоп.	1.Snow	2.Snow+Wind+X
1	С.В.	Постоянное, Gsup		+		1.35	1.	1.
2	Сэндвич панели (кровля/стены)	Постоянное, Gsup		+		1.35	1.	1.
3	Снег	Снеговое <= 1000, Q		+		1.5	1.	1.
4	Ветер _+X	Ветровое, Q		+		1.5	0.	0.9
5	Ветер _-X	Ветровое, Q		+		1.5	0.	0.
6	Ветер _+Y	Ветровое, Q		+		1.5	0.	0.
7	Ветер _-Y	Ветровое, Q		+		1.5	0.	0.
8	13: Несовершенства по +X (N ^o загр. 1)	Постоянное, Gsup		+		1.35	0.	1.
9	14: Несовершенства по X (N ^o загр. 1)	Постоянное, Gsup		+		1.35	0.	0.
10	15: Несовершенства по +Y (N ^o загр. 1)	Постоянное, Gsup		+		1.35	0.	0.
11	16: Несовершенства по -Y (N ^o загр. 1)	Постоянное, Gsup		+		1.35	0.	0.

I. Основное сочетание(II ПС)
 $\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj}$ (6.10a) и $\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \psi_{0,i} Q_{ki}$ (6.10b) Таблица А В С

II. Аварийное сочетание(II ПС)
III. Сейсмическое сочетание(II ПС)
IV. Характеристическое сочетание(II ПС)
V. Частое сочетание(II ПС)
VI. Квазипостоянное сочетание(II ПС)

Сочетания SUP
 Сочетания INF

ф-ла 6.10 ф-ла 6.10a ф-ла 6.10б

изм. к п. НП2.2.3.2 от 30.12.21 Коэффициенты

Моделирование нелинейных загружений конструкции

Шаговый метод Параметры Печать

Нелинейные истории

- << 1. Snow >>
 - <1.С.В.>
 - <2.Сэндвич панел>
 - <3.Снег>
- << 2. Snow+Wind+X >>
 - <1.С.В.>
 - <2.Сэндвич панел>
 - <3.Снег>
 - <4.Ветер _+X>
 - <8. 13: Несоверш...
- << 3. Snow+Wind-X >>
 - <1.С.В.>
 - <9. 14: Несоверш...
 - <2.Сэндвич панел>
 - <3.Снег>
 - <5.Ветер _-X>
- << 4. Snow+Wind+Y >>
 - <1.С.В.>
 - <10. 15: Несоверш...
 - <2.Сэндвич панел>
 - <3.Снег>
 - <6.>
- << 5. Snow+Wind+Y >>
 - <1.С.В.>
 - <11. 16: Несоверш...
 - <2.Сэндвич панел>
 - <3.Снег>
 - <7.Ветер _-Y>

Метод расчета (4) Автоматический выбор шага для гε
 Для итерационных элементов
 Минимальное число итераций 300 Итерационный метод Автоматический выбор
 Точность итераций 1 %

Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам
 Количество шагов 3
 Чтение из файла
 Ввод и редактирование
 Равномерные шаги
 Точность 0.0001 Начальный шаг 1e-009
 Суммарный коэффициент 0.9

Печать Перемещения и усилия после каждого и

Вывод промежуточных результатов
 Выводить все

Считать пошагово, даже если отсутствуют шаговые элементы

При моделировании нелинейных загружений добавлена функция, которая позволяет формировать набор нелинейных загружений на основе уже имеющихся сочетаний РСН, что существенно экономит время.

Добавлена функция группового редактирования параметров выбранных историй или локальных загружений.



Новое в системе МЕТЕОР в версии 2022

Формирование пакета моделей обобщенной задачи (Система МЕТЕОР)

на базе РСУ усилий РСЧ(о)
 РСУ + РСЧ(е)

номер варианта 1

кол-во крановых -1
кол-во тормозных -1

Коэффиц. надежности по ответственности для

I-го ПС 1.00 аварийных сочетаний 1.00

II-го ПС 1.00

Выбрать задачу Удалить задачу

Имя задачи	№ заг скв в	№ за в	Имя загружения	Вид загружения	№ гр. объед	Знако	гр. взаим	№ 1 сопут	№ 2 сопут	Коэфф надеж	Второ пред. состоя	Доля длите.	1	2	3	4	5
Задача 5.lir																	
Задача 4.lir																	
Задача 3.lir																	
Задача 2.lir																	
Задача 1.lir																	

Продолжается работа над системой МЕТЕОР.

Система МЕТЕОР (МЕТод Единого Обобщенного Результата) предназначена для объединения результатов расчета нескольких расчетных схем с одинаковой топологией в единый обобщенный результат.

Планируется реализация возможности формирования обобщенной задачи на базе определяющих РСН сформированных для норм СП РК ЕН 1990:2002+А1:2005/2011.

Это позволит получать огибающий результат расчета нескольких задач, например, с разным положением карстовой воронки, а потом производить конструирование по Евронормам.



Сейсмическое воздействие

Учет положений СП РК ЕН 1998-1:2004/2012, Национального
приложения к нему, НТП РК 08-01.1-2017 и нового НТП РК-08-01.2-2021
в Лиra-САПР 2021

Сейсмическое воздействие в Лира-САПР 2020

Таблица динамических загружений

Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** предназначено для задания и редактирования параметров динамических загружений.

Заданные строки с описанием динамических загружений приводятся в **Сводной таблице для расчета на динамические воздействия** в нижней части диалогового окна. Строки добавления в таблицу. Для редактирования параметров строка выбирается в таблице щелчком мыши или с помощью счетчика **N строки характеристики**. Параметры выбранной строкой диалогового окна, а также во вложенном диалоговом окне с описанием параметров расчета того или иного динамического воздействия (кнопка **Параметры**). Для добавления новой характеристики выбирается следующий номер строки. Поля для ввода значений при этом становятся пустыми (если таблица не задана, то задаются параметры для строки #1).

Для строки с описанием динамического загружения задается и/или редактируется:

– **N загружения**. Номер динамического загружения, с которым будет связана текущая строка характеристик. **Внимание!** Нельзя одно и то же загружение связывать с разным

Совет. Перед тем как открыть таблицу динамических загружений откройте **Редактор загружений**, чтобы видеть общий список загружений.

– **Наименование воздействия**. Наименование динамического воздействия выбирается из [списка возможных вариантов динамических воздействий](#) (см. ниже).

– Кнопка **Параметры**. Нажатие кнопки (после выбора динамического воздействия!) открывает соответствующее диалоговое окно, в котором нужно задать или откорректировать параметры динамического воздействия.

– **Количество учитываемых форм колебаний**.

– **N соответствующего статического загружения**. Задается только для расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации.

– Флажок **Суммировать формы перемещений, имеющие одинаковую частоту**. При отметке флажка дополнительно в окне редактирования под сводной таблицей задается **суммируемых форм** (в % от частоты) – общее значение для всех динамических загружений, по умолчанию 0.1.

– **Метод суммирования составляющих**. Для сейсмических воздействий из списка выбирается один из способов вычисления суммарных перемещений и усилий (*Метод SRS* выбирать *Метода CQC* дополнительно задается параметр затухания ξ в долях от единицы. В дальнейшем суммарные усилия используются при вычислении расчетных сочетаний на усилий (PCU).

Примечание. *Метод SRSS* – корень из суммы квадратов перемещений, усилий и т.д. соответствующих формам колебаний. До версии **ЛИРА-САПР 2020 R1** этот способ был предопределен по формуле (см. также формулу 8 п.2.10 СНиП II-7-81*, или формулу 8 п.5.11 СП 14.13330.2011/2014, или формулу 6.7 п.6.3.9 ДБН В.1.1-12-2014, и т.д.).

$$S = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2}, \text{ где } n \text{ – количество форм колебаний; } S_i \text{ – перемещение, усилие и т.д. с}$$

Метод 10% – в случае, если периоды i -той и $i+1$ -ой форм колебаний отличаются менее

формулу 9 п.5.11 СП 14.13330.2011/2014, или формулу 6.7 п.6.3.9 ДБН В.1.1-12-2014, и т.д.

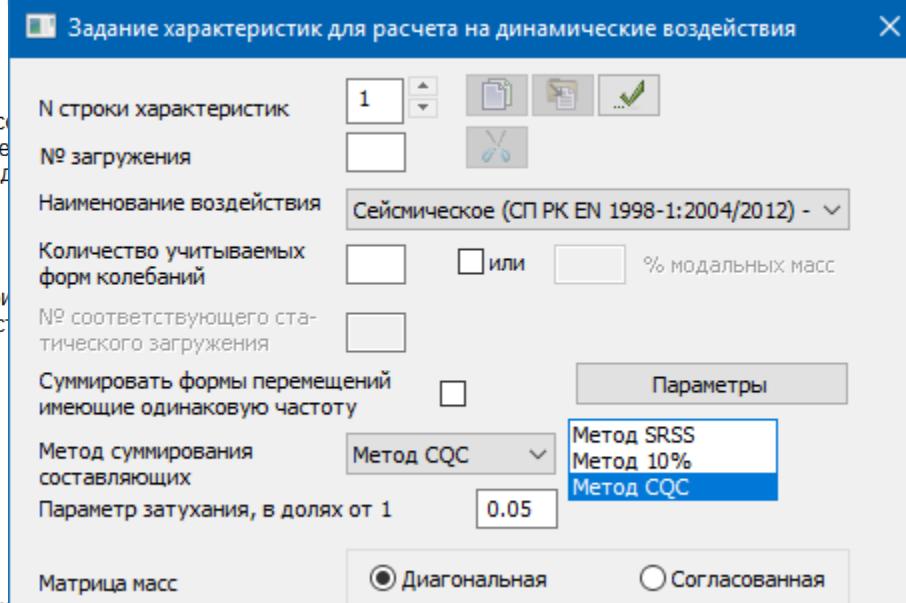
$$S = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2 + \sum_{i=1}^n \rho_i |S_i S_{i+1}|}, \text{ где } \rho \text{ – коэффициент, зависящий от соотношения перио-}$$

Метод CQC – полная квадратичная комбинация перемещений, усилий и т. д. соответст-

$$S = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_i \cdot \rho_{ij} \cdot S_j}$$

$$\rho_{ij} = \frac{8 \cdot \xi^2 \cdot r_{ij}^{1.5} \cdot (1 + r_{ij})}{(1 - r_{ij}^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot r_{ij} \cdot (1 + r_{ij})^2}$$

$$r_{ij} = \frac{T_j}{T_i}, \text{ где } \xi \text{ – параметр затухания, } T_i \text{ и } T_j \text{ – периоды колебаний}$$



В декабре 2020 года в том же докладе [«Реализация новых функций для расчета по нормам СП РК EN во втором релизе ПК ЛИРА-САПР 2020»](#) описаны возможности задания сейсмического воздействия доступные на тот момент.

В частности описаны новые способы суммирования форм колебаний, применяемые в Евронормах.



Сейсмическое воздействие в Лира-САПР 2021

В мае 2021 были выложены доклады к версии Лира-САПР 2021.

Модуль 64 - Сейсмическое воздействие (трехкомпонентный ответ-спектр)

25

Сейсмическое воздействие (трехкомпонентный ответ-спектр)

Поправочный коэф. для сейсмических сил $= K_0 K_1$

Абсциссы Логарифмическая шкала
Период (с)

Ординаты Логарифмическая шкала
Ускорение (м/с²)

Масштабные множители к ординатам
для радиальной для тангенциальной для вертикальной

Направляющие коэффициенты радиальной компоненты
CX CY CX*CX + CY*CY = 1

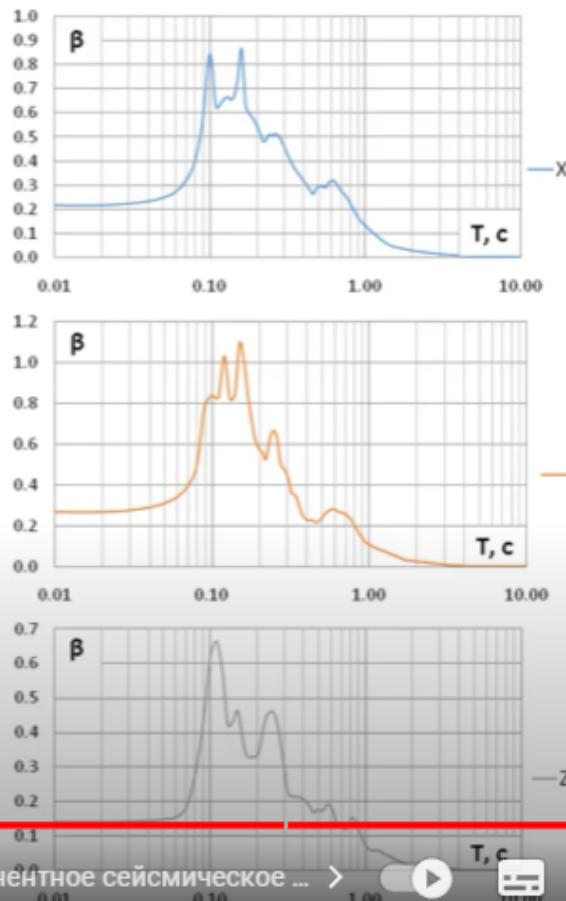
Отображаемая компонента: РК График

Значения абсцисс и ординат
 Чтение из файла
 Ввод и редактирование

Радиальная компонента	0.01	0.216	0.02	0.216	0.03	0.21
	0.06	0.271	0.07	0.317	0.08	0.31
	0.11	0.621	0.12	0.647	0.13	0.64
	0.16	0.865	0.17	0.628	0.18	0.5!

Тангенциальная компонента	0.010	0.267	0.020	0.267	0.030	0.2!
	0.060	0.341	0.070	0.393	0.080	0.4!
	0.110	0.827	0.120	1.030	0.130	0.8!
	0.160	1.001	0.170	0.832	0.180	0.7!

Вертикальная компонента	0.01	0.140	0.02	0.140	0.03	0.1!
	0.06	0.155	0.07	0.185	0.08	0.2!
	0.11	0.665	0.12	0.574	0.13	0.4!
	0.16	0.393	0.17	0.337	0.18	0.3!



В версии 2021 ПК ЛИРА-САПР появился новый динамический модуль расчета №64 – трехкомпонентный ответ-спектр. Численно задается Поправочный коэффициент для сейсмических сил. Этот коэффициент умножается на получаемые величины инерционных сил.

В группе Абсциссы из списка выбирается параметр графика (Частота, Гц; Частота, рад/с; Период, с). В группе Ординаты из списка выбирается параметр графика (Ускорение, м/с²; Скорость, м/с; Перемещение, м). При необходимости устанавливается флагом Логарифмическая шкала.

В соответствующих полях ввода задаются Масштабные множители к ординатам – для радиальной, тангенциальной и вертикальной компонент воздействия.

В соответствующих полях ввода задается направление радиальной компоненты относительно осей X и Y глобальной системы координат — CX*CX+CY*CY=1.

График описывается параметрами чисел через пробелы: абсцисса и соответствующая ей ордината.

[Ссылка на доклад в описании.](#)



Сейсмическое воздействие в Лира-САПР 2021 R2.3

Сәulet, кала құрылышы және құрылым
саласындағы мемлекеттік нормативтер
КР НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ КУРАЛЫ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РК

СЕЙСМИКАҒА ТӨЗІМДІ ҒИМАРАТТАРДЫ
ЖОБАЛАУ
Бөлім: Азamatтық ғимараттарды жобалау.
Жалпы талаптар

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ

Часть: Проектирование гражданских зданий.
Общие требования.

КР НТК-08-01.2-2021
(КР ЕЖ EN 1998-1:2004/2012)
НТП РК-08-01.2-2021
(к СП РК EN 1998-1:2004/2012)

Ресми басылым
Издание официальное

Казахстан Республикасы индустрия және инфраструктура
министрлігінің Құрылым және тұрғын үшін шаруашылық істері комитеті

Комитет по делам строительства и жилищно-хозяйства Министерства индустрии и инфраструктуры Республики Казахстан

Нұр-Сұлтан 2022

КР НТК 08-01.2-2021
НТП РК 08-01.2-2021

Таблица 5.3 – Значения коэффициентов ответственности для зданий

Классы ответственности зданий по назначению	Классы ответственности зданий по этажности	Значения коэффициентов γ_{lh} и γ_{lv} , применяемые при определении эффектов сейсмических воздействий	
		горизонтальных	вертикальных
I	I	$\gamma_{lh} = 0,5$	$\gamma_{lv} = 0,5$
	I-II	$\gamma_{lh} = 1,0$	$\gamma_{lv} = 1,0$
II	III – V	$\gamma_{lh} = 1,0 + 0,060 \cdot (n - 5);$ $1,06 \leq \gamma_{lh} \leq 1,8$	$\gamma_{lv} = 1,0 + 0,04 \cdot (n - 5);$ $1,04 \leq \gamma_{lv} \leq 1,5$
	III	$\gamma_{lh} = 1,25$	$\gamma_{lv} = 1,25$
III	III – V	$\gamma_{lh} = 1,25 + 0,045 \cdot (n - 5);$ $1,295 \leq \gamma_{lh} \leq 1,8$	$\gamma_{lv} = 1,25 + 0,02 \cdot (n - 5);$ $1,27 \leq \gamma_{lv} \leq 1,5$
	IV	$\gamma_{lh} = 1,5$	
IV	III – V	$\gamma_{lh} = 1,5 + 0,030 \cdot (n - 5);$ $1,53 \leq \gamma_{lh} \leq 1,8$	

Примечание – Для зданий, классифицированных в таблице (класс ответственности по этажности VI), значения коэффициентов определяются по формуле:

Сейсмическое воздействие СП РК EN 1998-1:2004/2012, НТП РК 08-01.2-2021

Вложенное диалоговое окно Сейсмическое воздействие (СП РК EN 1998-1:2004/2012) задания параметров выбранного модуля динамики (61).

В соответствующих полях ввода численно задается:

Поправочный коэффициент для сейсмических сил (по умолчанию равен единице), получаемые величины инерционных сил и задается отличным от единицы, когда появляется либо нестандартное сейсмическое воздействие.

a_g – Расчетное ускорение площадки строительства, m/s^2 .

Из списка выбирается **Тип грунта** G: IA, IB, II, III.

При нажатии кнопки График выполняется отображение [графиков горизонтального и вертикального ускорения](#) в зависимости от заданной категории грунта G.

В соответствующих полях ввода задаются:

q_h – Коэффициент поведения по горизонтали;

q_v – Коэффициент поведения по вертикали;

β – Коэффициент нижней границы спектра ускорений; как правило, задается равным единице;

η – Показатель коррекции затухания; равен 1 для 5%-го демпфирования; принимается равным единице;

Направление сейсмического воздействия в глобальной системе координат задается на **сейсмического воздействия** CX, CY и CZ. Так как всегда должно соблюдаться условие, что сумма квадратов направляющих косинусов равна единице, то необходимо задать два направляющих косинуса из трех. Третий будет установлен автоматически.

В связи с выходом нового НТП РК-08-01.2-2021 (к СП РК EN 1998-1:2004/2012) в патче 3 к релизу 2 в модуле динамики «СП РК EN 1998-1:2004/2012, НТП РК 08-01.1-2021 (Казахстан) (61)» добавлены коэффициенты ответственности по горизонтали и по вертикали. Раньше они были доступны только в динамическом модуле «СП РК 2.03-30-2017 (Казахстан), СН РК 20-02:2018 (Кыргызстан) (60)»

Например, для 10ти этажного здания при классе II по ответственности получаем:

$$\gamma_{lh} = 1 + 0.06 * (10 - 5) = 1.3$$

$$\gamma_{lv} = 1 + 0.04 * (10 - 5) = 1.2$$

Сейсмическое воздействие (СП РК EN 1998-1:2004/2012, НТП РК 08-01.2-2021)

Поправочный коэф. для сейсмических сил

1.00

M

1.000

m/s^2

Тип грунта

IA

Коэффициент поведения по горизонтали

1.50

Коэффициент поведения по вертикали

1.50

Коэффициент нижней границы спектра

0.20

Показатель коррекции затухания

1.000

Коэффициент ответственности по горизонтали

1.30

Коэффициент ответственности по вертикали

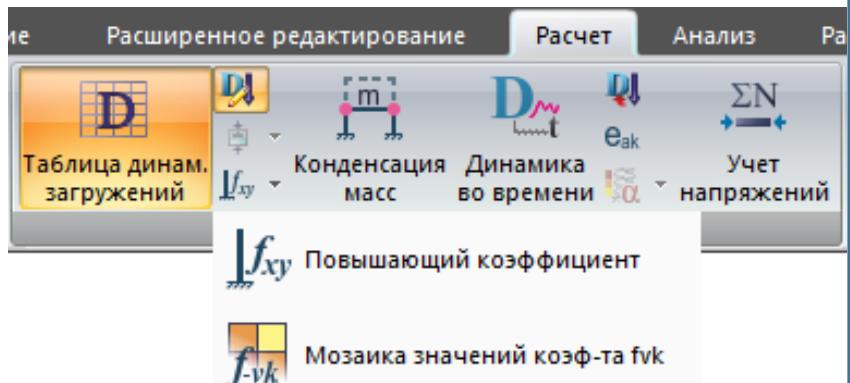
1.20

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ГСК

CX 1.0000 CY 0.0000 CZ 0.0000 CX*CX+CY*CY+CZ*CZ = 1



Сейсмическое воздействие в Лира-САПР 2021 R2.3



В докладе «[Расчеты на сейсмические воздействия в ЛИРА-САПР 2019 в соответствии с нормами Республики Казахстан и Кыргызской Республики](#)» на сладах 9-13 подробно показано, как работает данный коэффициент. Ссылка в описании к видео.

КР НТК 08-01.2-2021
НТП РК 08-01.2-2021

6.4 Учет нерегулярности конструктивных схем зданий по высоте при определении эффектов сейсмических воздействий

6.4.1 Если здание, из-за резкого увеличения массы и/или уменьшения жесткостей вертикальных несущих конструкций в уровнях одного или нескольких этажей, классифицировано как умеренно или чрезмерно нерегулярное по высоте, то расчетные эффекты горизонтальных сейсмических воздействий в вертикальных конструкциях этих этажей и взаимодействующих с ними перекрытиях должны быть увеличены.

6.4.2 Требование 6.4.1 можно считать выполненным, если эффекты горизонтальных сейсмических воздействий в конструкциях этажей, имеющих, по сравнению со смежными по высоте этажами, существенно увеличенные массы или уменьшенные жесткости, будут приняты в рассматриваемом направлении с повышающими коэффициентами f_{vk} , вычисленными с помощью выражения (6.6):

$$1,0 \leq f_{vk} = 1,2 \cdot r_{vk} - 0,5 \leq q, \quad (6.6)$$

где

q – коэффициент поведения в рассматриваемом направлении здания (см. 1.5.30);

В патче 3 к релизу 2 добавлена возможность задавать повышающие коэффициенты F_{vk} (п.п. 7.6.5, 7.6.6 СП РК 2.03-30-2017 и п.п. 6.4.1, 6.4.2 НТП РК 08-01.2-2021) для всех сейсмических модулей динамик (за исключением не сейсмических модулей 21, 22, 23, 24, 28, и экспериментальных модулей 38, 37, 46).

Раньше этот коэффициент работал только с динамическим модулем «СП РК 2.03-30-2017 (Казахстан), СН КР 20-02:2018 (Кыргызстан) (60)»

Важно: корректировка усилий на коэффициент F_{vk} не нарушает равновесие в узлах при использовании расчета нагрузки на фрагмент (т.е. реакции в узле на данный коэффициент не повышаются).

В 2022 они будут разнесены по разным загружениям (пока для каждого КЭ один F_{vk} на все динамические воздействия). Данная реализация позволяет учсть зависимость коэффициента F_{vk} от перекоса этажей, например, для сейсмических воздействий по разным направлениям X и Y.



Учет многокомпонентности сейсмич. воздействий

КР НТК 08-01.2-2021
НТП РК 08-01.2-2021

сейсмических воздействий в плане следует определять посредством комбинаций (6.17) и (6.18).

6.2.4 Для зданий с регулярными в плане конструктивными схемами (см. 3.2.1) и вертикальными несущими конструкциями, ориентированными в плане в двух взаимно ортогональных направлениях, эти два ортогональных направления допускается априори рассматривать в качестве значимых направлений. Эффекты одновременного действия в плане ортогональных расчетных горизонтальных сейсмических воздействий для таких конструктивных схем следует определять посредством комбинаций (6.17) и (6.18), принимая значение коэффициента λ равным 0,3.

6.2.5 Если для конструктивных схем зданий значимые направления не могут быть определены априори, то расчетные горизонтальные сейсмические воздействия допускается прикладывать вдоль двух любых ортогональных направлений в плане, но эффекты одновременного действия ортогональных расчетных горизонтальных сейсмических воздействий определять при значении коэффициента λ в комбинациях (6.17) и (6.18) равном 0,4.

6.2.6 Альтернативно расчетные горизонтальные сейсмические воздействия допускается задавать в направлениях главных горизонтальных ортогональных осей конструктивной схемы.

Следует учитывать, что применение данного правила правомерно только при соблюдении условия, согласно которому положение главных горизонтальных осей конструктивной схемы в уровнях всех междуетажных перекрытий при всех формах горизонтальных поступательных колебаний конструктивной схемы является приблизительно постоянным.

Если это условие соблюдается, то эффекты одновременного действия ортогональных расчетных горизонтальных сейсмических воздействий допускается определять посредством комбинаций (6.17) и (6.18), принимая значение коэффициента λ равным 0,3. Если это условие не соблюдается, то следует принимать коэффициент λ равным 0,4.

Примечание – В качестве главных направлений здания следует принимать направления осей, вдоль которых направлены перемещения центров жесткости перекрытий здания при его колебаниях по горизонтальным поступательным собственным формам (определение главных ортогональных осей здания дано в 1.5.8)

КР НТК 08-01.2-2021
НТП РК 08-01.2-2021

$$E_{Edx} + \lambda E_{Edy}, \quad (6.17)$$

$$\lambda E_{Edx} + E_{Edy}, \quad (6.18)$$

где

“+” – подразумевает «комбинацию с...»;

E_{Edx} – представляет собой эффекты от приложения сейсмического воздействия вдоль выбранной горизонтальной оси x здания;

E_{Edy} – представляет собой эффекты воздействия от приложения того же самого сейсмического воздействия вдоль ортогональной оси y здания;

λ – коэффициент, значение которого:

- в случаях, предусмотренных в пункте 6.2.4, следует принимать 0,3;
- в случаях, предусмотренных в пункте 6.2.5, следует принимать 0,4;
- в случаях, предусмотренных в пункте 6.2.6, следует принимать в соответствии с указаниями этого пункта (равным 0,3 или 0,4).

6.6.2.3 [4.3.3.5.1(5)P] Знак каждой компоненты в комбинациях (6.17) и (6.18) должен приниматься как наиболее неблагоприятный для рассматриваемого эффекта сейсмического воздействия.

6.6.2.4 Для определения эффектов от одновременного действия в плане двух горизонтальных компонент сейсмического воздействия и случайного кручения в плане, обусловленного случайнym эксцентризитетом, следует:

а) при определении эффектов кручения в плане в соответствии с пунктом 6.5.2 – применять только правила комбинирования эффектов сейсмических воздействий в соответствии с (6.17) и (6.18);

б) при определении эффектов кручения в плане в соответствии с пунктом 6.5.4 – рассматривать эффекты кручения в плане как сопутствующие эффектам, определенным в соответствии с правилами комбинирования (6.17) и (6.18).

6.6.3 Комбинации эффектов от горизонтальных и вертикальной компонент сейсмического воздействия

6.6.3.1 Для вычисления эффектов одновременного действия горизонтальных и вертикальной компонент сейсмического воздействия могут быть использованы три следующие комбинации:

$$E_{Edx} + \lambda E_{Edy} + \lambda E_{Edz}; \quad (6.19)$$

$$\lambda E_{Edx} + E_{Edy} + \lambda E_{Edz}; \quad (6.20)$$

$$\lambda E_{Edx} + \lambda E_{Edy} + E_{Edz}; \quad (6.21)$$

где

“+” – подразумевает «комбинацию с...»;

E_{Edz} – эффекты от сейсмического воздействия вдоль вертикальной оси Z здания;

E_{Edx} , E_{Edy} и λ – как в 6.6.2.2.

В том же докладе (за 2019 год) на сладах 25-30 показан функционал учета многокомпонентности сейсмического воздействия.

Напомню, как он работает, уже на примере нового НТП РК 08-01.2-2021.

В новом документе коэффициент для суммирования второстепенных направлений 0,3 или 0,4 выбирается в зависимости от полученных форм колебаний.

Так, например, для зданий регулярными в плане и с предсказуемыми формами колебаний, т.е. где можно четко выделить главные оси этажа, и они неизменны по высоте, причем сейсмическое воздействие задано именно в направлении этих осей, применяют 0,3.

А для зданий, где невозможно выделить такие главные оси или их положение непостоянно по высоте здания, допускается задавать сейсмические воздействия в любых ортогональных друг другу направлениях (например, просто «по X» и «по Y», как мы привыкли), но тогда для учета многокомпонентности применяется 0,4.



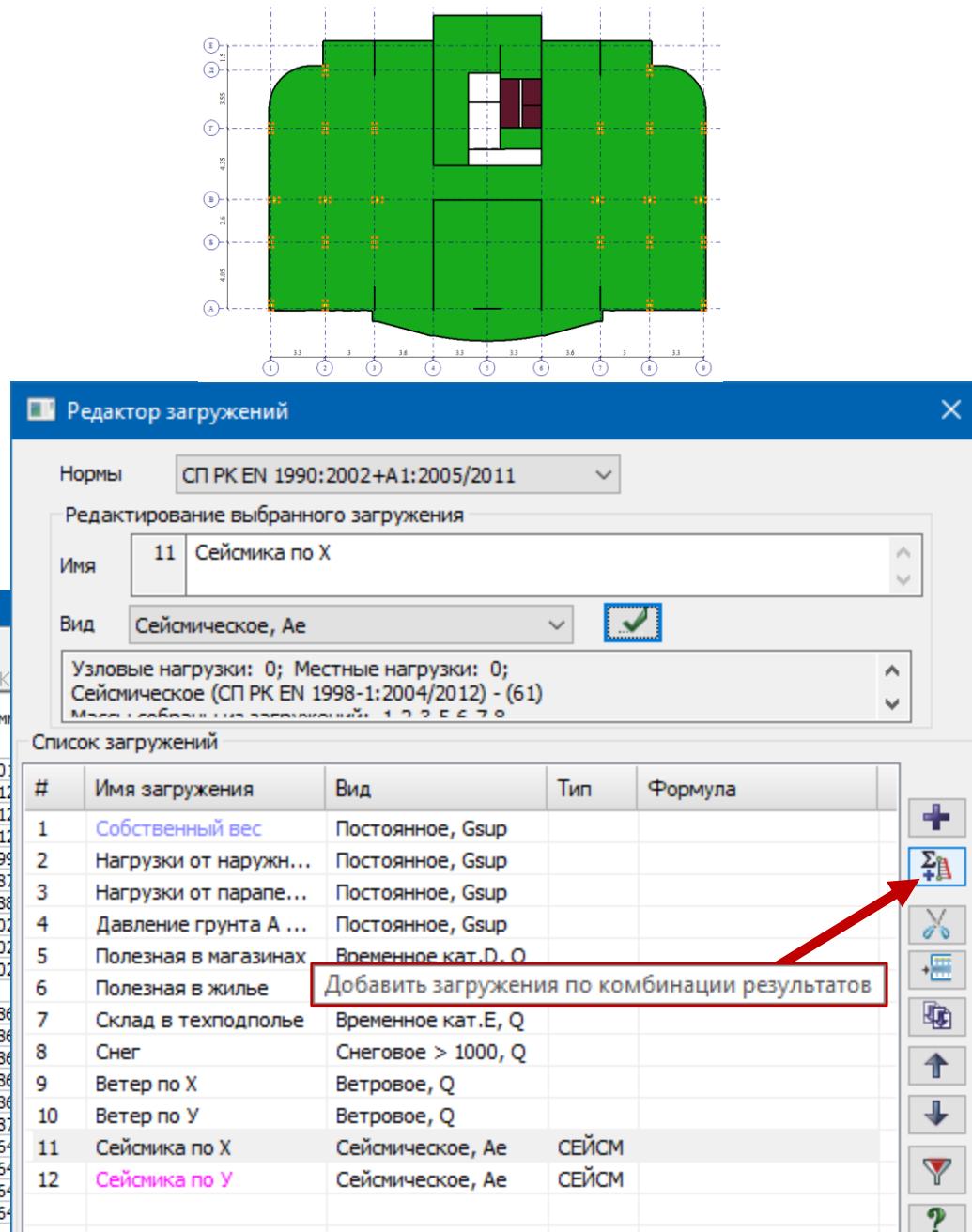
Учет многокомпонентности сейсмич. воздействий

Найдено форм 10 (из них 10 в заданном диапазоне)
Направляющие косинусы поступательного движения из
условия максимума динамической реакции для
динамических загружений №№11 12 :

Форма 1: CosX=0.0047	CosY=1.0000	CosZ=-0.0024
Форма 2: CosX=1.0000	CosY=-0.0050	CosZ=0.0031
Форма 3: CosX=0.9910	CosY=0.1335	CosZ=0.0099
Форма 4: CosX=-0.0025	CosY=0.0022	CosZ=1.0000
Форма 5: CosX=-0.9994	CosY=0.0333	CosZ=-0.0012
Форма 6: CosX=-0.9999	CosY=0.0155	CosZ=-0.0018
Форма 7: CosX=0.0181	CosY=0.9998	CosZ=-0.0018
Форма 8: CosX=1.0000	CosY=0.0030	CosZ=-0.0084
Форма 9: CosX=-0.7782	CosY=0.6270	CosZ=-0.0356
Форма 10: CosX=-0.2884	CosY=0.6950	CosZ=-0.658

15:17 Формирование векторов динамических нагрузок

СП-РК-ЕН_веб_5: Периоды колебаний (01)									
Передать		Сохранить		Сверстать		Предыдущий		Следующий	
ЗАГР	N ...	Собств..	Рад/с.	Гц.		Периоды	Коэф. распр.	Масса	Су...
11 - (мод. 61)									
11	1	8.197237	2.86301	0.455905	2.193441	0.007043	0.001409	0.00	
11	2	15.41055	3.9256	0.625100	1.599744	1.460321	62.118808	62.	
11	3	51.44829	7.1727	1.142157	0.875536	0.017918	0.004964	62.	
11	4	120.9190	10.996	1.751006	0.571100	-0.002572	0.000607	62.	
11	5	440.7744	20.994	3.343094	0.299124	-0.381183	3.864531	65.9	
11	6	445.9963	21.118	3.362838	0.297368	-0.928466	31.885612	97.8	
11	7	499.9051	22.358	3.560280	0.280877	0.016278	0.012007	97.8	
11	8	800.6020	28.294	4.505559	0.221948	0.197121	1.136817	99.0	
11	9	1211.883	34.812	5.543332	0.180397	-0.010666	0.002262	99.0	
11	10	1756.177	41.906	6.673053	0.149856	-0.005729	0.000591	99.0	
12 - (мод. 61)									
12	1	8.197237	2.86301	0.455905	2.193441	1.487332	62.860779	62.8	
12	2	15.41055	3.9256	0.625100	1.599744	-0.007343	0.001571	62.8	
12	3	51.44829	7.1727	1.142157	0.875536	0.002414	0.000090	62.8	
12	4	120.9190	10.996	1.751006	0.571100	0.002295	0.000483	62.8	
12	5	440.7744	20.994	3.343094	0.299124	0.012719	0.004303	62.8	
12	6	445.9963	21.118	3.362838	0.297368	0.014380	0.007649	62.8	
12	7	499.9051	22.358	3.560280	0.280877	0.900744	36.765541	99.0	
12	8	800.6020	28.294	4.505559	0.221948	0.000592	0.000010	99.0	
12	9	1211.883	34.812	5.543332	0.180397	0.008593	0.001468	99.0	
12	10	1756.177	41.906	6.673053	0.149856	0.013803	0.003429	99.0	



Чтобы понять, какие «главные оси» у нашего сооружения, достаточно сделать пробный расчет на сейсмическое воздействие в любых осях. И посмотреть в протоколе расчета направляющие косинусы форм колебаний, дающие максимальную реакцию.

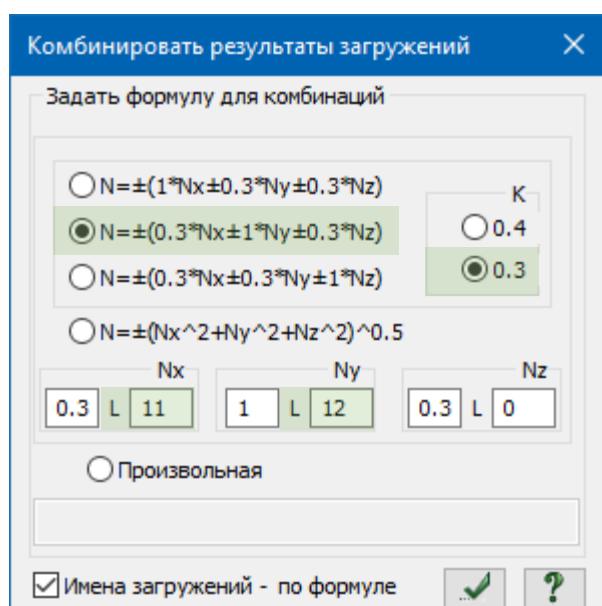
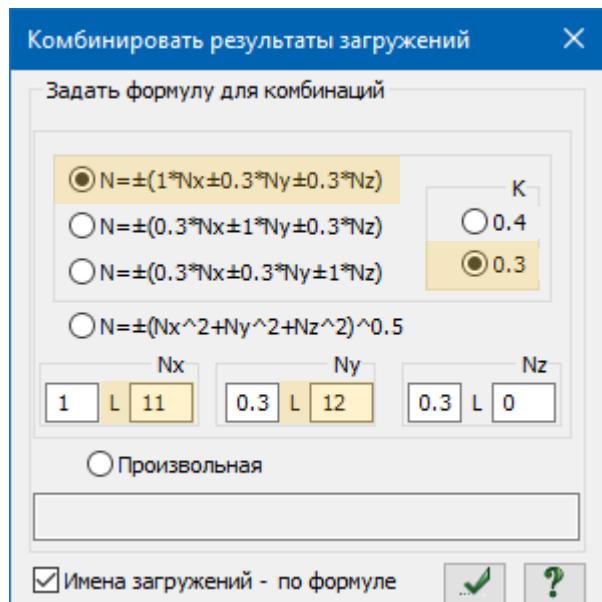
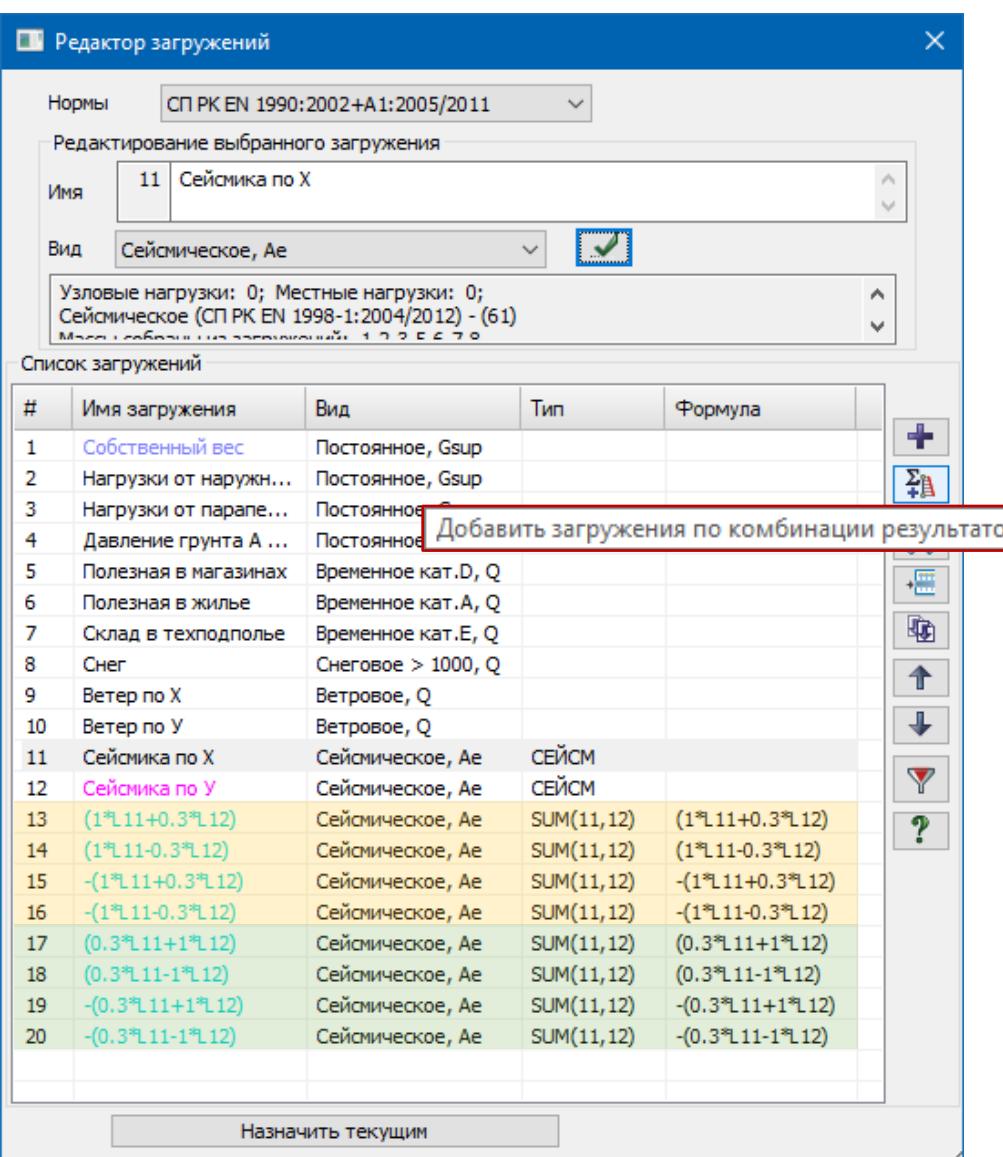
Здесь на примере видим, что основные формы колебаний совпадают с главными осями расчетной схемы X и Y (т.е. косинусы по разным формам по одному из направлений близки к 1).

Отсюда можем сделать вывод, что в соответствии с п.6.2.4 принимаем $\lambda=0.3$.

Если бы получили косинусы отличные от 1, но повторяющиеся по формам, дающим максимальный вклад модальной массы, то могли бы перезадать сейсмические воздействия уже в этих направлениях и тогда тоже применить $\lambda=0.3$.

В ином случае применяется $\lambda=0.4$, задав направления воздействия, например, вдоль глобальных осей расчетной схемы (по X и по Y).

Учет многокомпонентности сейсмич. воздействий



Далее в меню «Редактор загружений» по кнопке «Добавить загружения по комбинациям результатов» выбираем формулу комбинации, указываем коэффициент к формуле (или его можно ввести произвольный к каждому слагаемому вручную), указываем номера загружений, из которых формируем комбинации. Нажимаем «Применить». И так 2 раза, для одного (условно «по X») и другого (условно «по У») направления. При этом знакопеременность учитывается автоматически (если в формуле применяется знак ±).

Важно:

Эти направления воздействия должны быть ортогональны (перпендикулярны) друг другу.

Если таких пар воздействий несколько (например, положение главных осей по этажам меняются, а значит можем получать и другие формы колебаний с поворотом относительно предшествующих форм), то для каждой пары таких комбинаций нужно все повторить отдельно.

Обращу внимание – формула комбинации загружений может быть и другой, например, корень из суммы квадратов или абсолютно произвольной.



Учет многокомпонентности сейсмич. воздействий

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН 1 Имя таблицы РСН Импорт из САПФИР:СП РК ЕН 1990:2002

СП РК ЕН 1990:2002+А

Динамика по модулю

Определяющие РСН

Коф. надежности по ответственности для комбинаций I 1 для комбинаций IV-VI 1 для комбинаций II-III 1

В расчетной схеме заданы: расчетные нагрузки нормативные нагрузки

N загруж.	Наименование	Вид	Доминир	Знакопер	Взаимоот	Коф. безоп.	6.PCH6_III_6	7.PCH7_III_6	8.PCH8_III_6	9.PCH9_III_6	10.PCH10_III_6	11.PCH11_III_6	12.PCH12_III_6	13.PCH13_III_6	14.PCH14_III_6	15.PCH15_III_6	16.PCH16_III_6	17.PCH17_III_6	
1	Собственный вес	Постоянное, Gsup		+		1.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
2	Нагрузки от наружных стен	Постоянное, Gsup		+		1.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
3	Нагрузки от парапетов	Постоянное, Gsup		+		1.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
4	Давление грунта А 88EF6AA	Постоянное, Gsup		+		1.35	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
5	Полезная в магазинах	Временное кат.D, Q		+		1.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
6	Полезная в жилье	Постоянное, Gsup	*	+		1.5	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
7	Склад в техподполье	Временное кат.E, Q		+		1.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
8	Снег	Снеговое > 1000, Q		+		1.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
9	Ветер по X	Ветровое, Q		+/-	1	1.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	Ветер по Y	Ветровое, Q		+/-	1	1.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	Сейсмика по X	Сейсмическое, Ae		+/-	1	1.0	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-1.	0.	
12	Сейсмика по Y	Сейсмическое, Ae		+/-	1	1.0	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-1.	0.
13	(1*L11+0.3*L12)	Сейсмическое, Ae		+	1	1.0	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
14	(1*L11-0.3*L12)	Сейсмическое, Ae		+	1	1.0	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15	-(1*L11+0.3*L12)	Сейсмическое, Ae		+	1	1.0	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
16	-(1*L11-0.3*L12)	Сейсмическое, Ae		+	1	1.0	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
17	(0.3*L11+1*L12)	Сейсмическое, Ae		+	1	1.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
18	(0.3*L11-1*L12)	Сейсмическое, Ae		+	1	1.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
19	-(0.3*L11+1*L12)	Сейсмическое, Ae		+	1	1.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
20	-(0.3*L11-1*L12)	Сейсмическое, Ae		+	1	1.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.

I. Основное сочетание(I ПС)
II. Аварийное сочетание(II ПС)
III. Сейсмическое сочетание(III ПС)
IV. Характеристическое сочетание(IV ПС)
V. Частое сочетание(V ПС)
VI. Квазипостоянное сочетание(VI ПС)

$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ (6.14b)

Таблица A B C

Сочетания SUP
 Сочетания INF

Учитывать условие 4.29 ЕвроКод 8

фла 6.10 фла 6.10a фла 6.10b

изм. к п. НП2.2.3.2 от 30.12.21

Добавить

Обратите внимание, что в РСН для сочетаний с сейсмическим воздействием на базе «комбинации результатов» учитывать знакопеременность уже нет необходимости, поскольку она уже учтена.



Эффекты случайного кручения

6.5 Эффекты случайного кручения в плане

6.5.1 Помимо горизонтальных сейсмических нагрузок, определяемых в соответствии с 6.3.2.1, следует учитывать эффекты случайного кручения неопределенствами в расположении масс здания и пространственного сейсмического движения.

6.5.2 Для учета эффектов случайного кручения центры масс следует рассматривать как смещенные относительно номинального расстояние e_{ak} в направлении ортогональном направлению действия сейсмических сил:

$$e_{ak} = \pm 0,05 \cdot L_k \cdot f_{ek},$$

где

e_{ak} – случайный эксцентрикитет массы k-го этажа, приложен в направлении на всех этажах здания;

L_k – размер перекрытия над k-м этажом в направлении действия сейсмических сил;

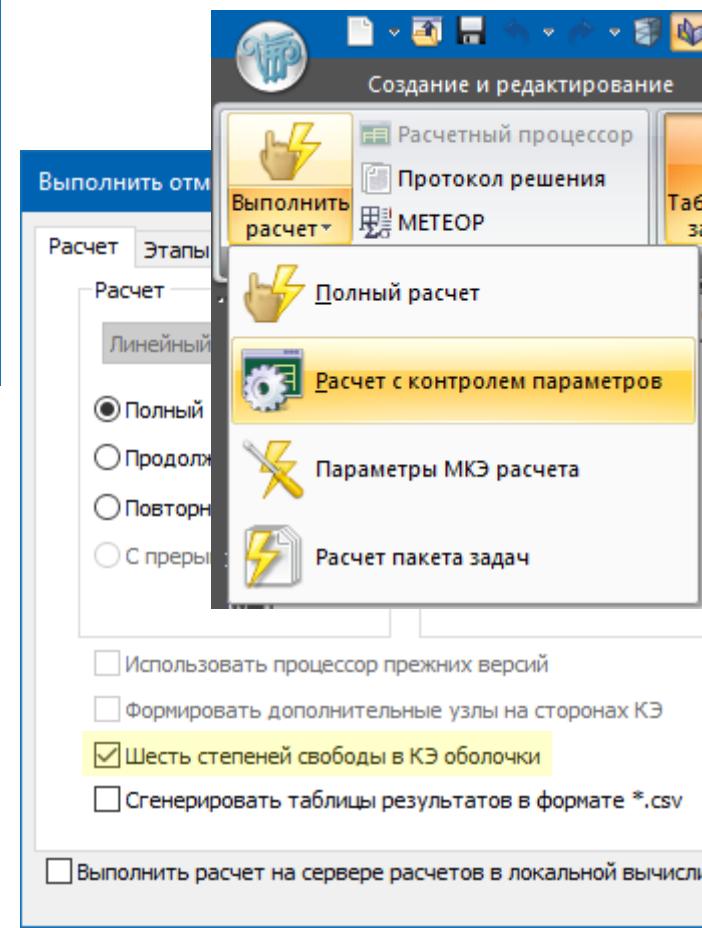
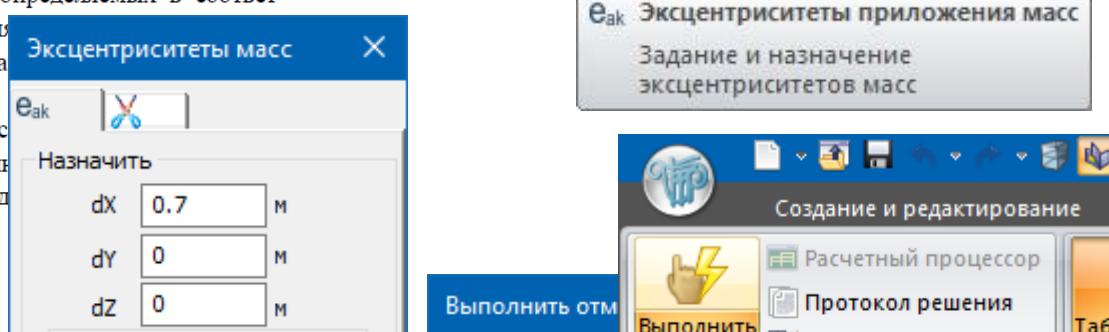
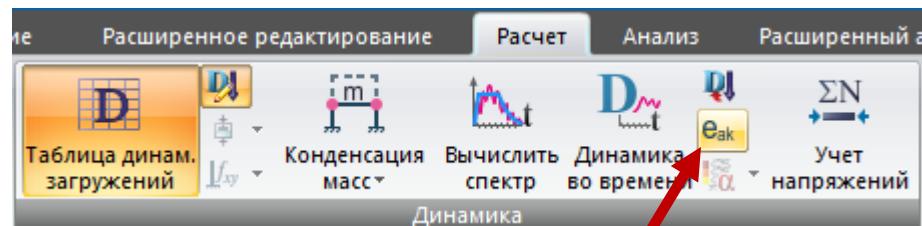
f_{ek} – коэффициент, учитывающий нерегулярность здания в плане, определяемый согласно 6.5.3.

Примечания:

1 В общем случае применение пункта 6.5.2 влечет за собой необходимость использования пяти расчетных моделей здания, в четырех из которых смещения масс имеют разные направления и знаки. Если направление смещения масс от номинального положения, обеспечивающее наибольший эффект, очевидно, то допускается вместо четырех моделей со смещенными массами ограничиться двумя расчетными моделями, в которых смещение масс предусматриваются только по одному направлению, но с разными знаками.

2 Смещение масс от номинального положения рекомендуется выполнять в тех случаях, когда перекрытия зданий могут рассматриваться как жесткие или податливые в своей плоскости диафрагмы. При смещении масс от номинального положения в расчетной схеме здания допускается принимать допущение об абсолютной жесткости перекрытия.

6.5.3 Значения коэффициента f_{ek} , за исключением случаев, предусмотренных в 6.5.4, следует определять с помощью выражения (6.10):



В этом же докладе (за 2019 год) на сладах 17-24 показан функционал учета эффектов случайного кручения и задания эксцентрикитета масс.

Напомню, как он работает, поскольку в новом НТП РК 08-01.2-2021 описано его вычисление и правила применения.

В версии 2019 года появилась возможность в указанные узлы назначать эксцентрикитет массы. И тогда внутри процессора в таких узлах назначалось АЖТ, моделирующее плеча в заданном направлении на указанную величину.

При этом важно понимать, что если нет степени свободы, способной воспринять момент, то заданное плечо массы будет утеряно. Напомню – по умолчанию в КЭ оболочек всего 5 степеней свободы, т.е. момент относительно оси перпендикулярной плоскости оболочки ни чем не воспринимается. А значит в общем случае плечо массы по горизонтали для КЭ плит перекрытий будет утеряно.

Чтобы этого не происходило, можно в параметрах расчета включить бую степень свободы в оболочках. Но тогда, важный момент, система оболочек в своей плоскости становится несколько жестче.



Эффекты случайного кручения

The screenshot shows the LIRA-SAPR 2022 R1 x64 software interface. The top menu bar includes 'Создание и редактирование', 'Расширенное редактирование', 'Расчет' (selected), 'Анализ', 'Расширенный анализ', 'Железобетон', 'Металл', and 'Ки'. The 'Расчет' tab has several sub-tools: 'Выполнить расчет', 'Расчетный процессор', 'Протокол решения', 'МЕТЕОР', 'Таблица динам. загружений', 'Конденсация масс' (selected), 'Вычислить спектр', 'Динамика во времени', 'e_{ak}', 'Учет напряжений', 'Таблица РСУ', 'Таблица РСН', and 'Доп. расчеты'. A floating window titled 'Конденсация масс' displays a list of values: 14384-19080 21855-26863 29360-34310 37788-42738 45235-50185 52682-57632 60129-65079 67576-72526 75023-79973 82472-87422 87723-92775 93350-94163. To the right is a diagram titled 'Конденсация масс' showing a green rectangular frame with red diagonal hatching, representing a mass distribution. Below it is another diagram titled 'Динамические массы' showing a vertical column of green rectangles with red horizontal lines, representing a dynamic mass distribution.

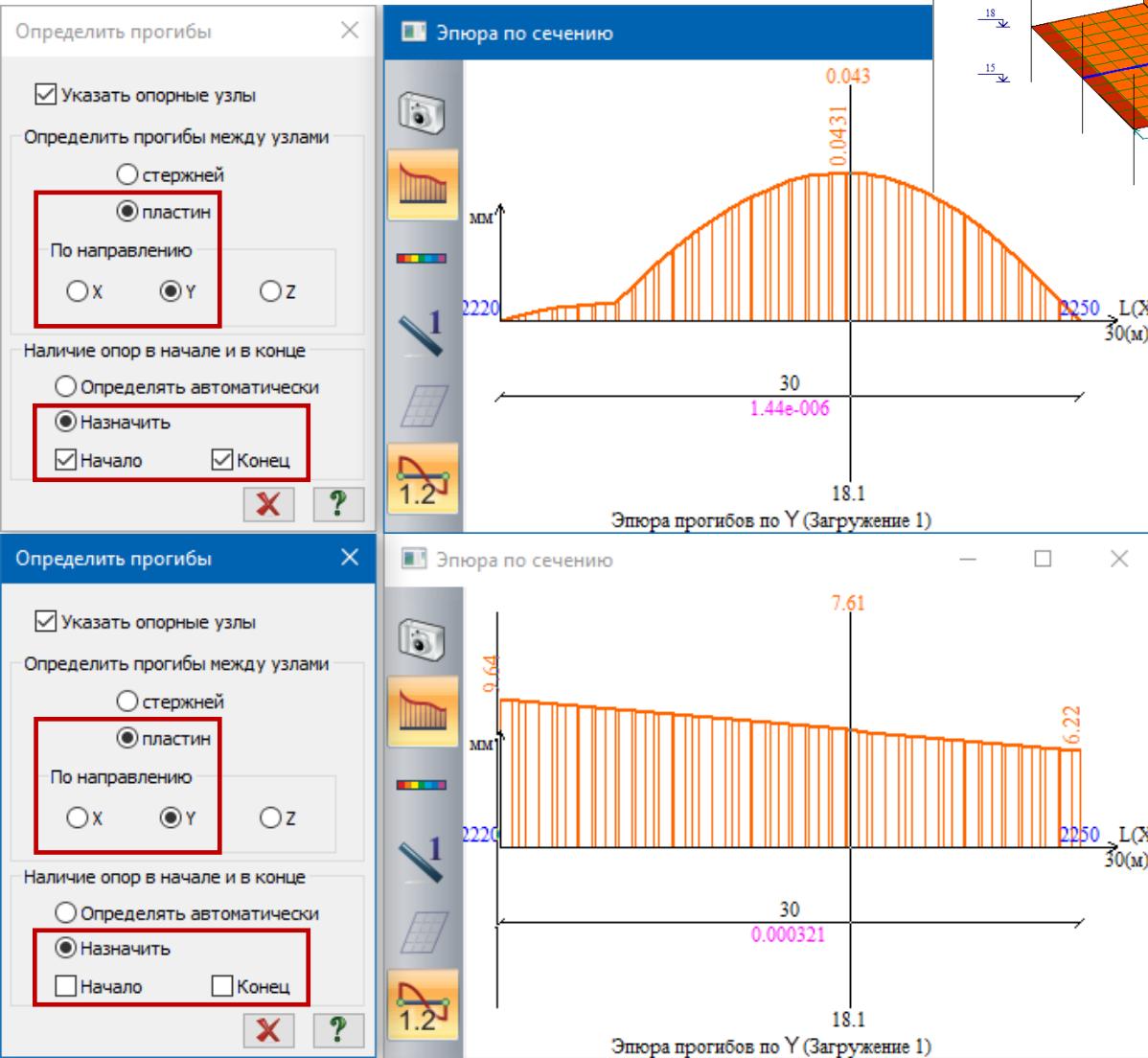
Или есть другой вариант – задаем конденсацию масс так, чтобы в список попали КЭ оболочек плит перекрытий. Тогда массы от перекрытий будут собраны в узлы пересечений перекрытий с вертикальными элементами расчетной схемы (со стенами, колоннами). А в этих местах уже есть необходимые степени свободы, позволяющие воспринять плечо массы, создающее момент относительно вертикальной оси расчетной схемы.

Кроме того, такой подход позволит избавиться от вертикальных форм колебаний плит перекрытий, которые, как правило, являются «мусорными» не нужными формами.

Однако, если в вашей конструкции необходимо определить вертикальное сейсмическое воздействие на плиты перекрытий (большой пролет или вылет консоли), и такие воздействия нельзя заменить статическими нагрузками, то конденсацию масс в таких плитах задавать не стоит.



Классификация перекрытие как жесткого в своей плоскости (функция горизонтальной диафрагмы)



В новом НТП РК 08-01.2-2021 появился альтернативный подход классификации перекрытия, как жесткого в своей плоскости (раньше было обязательно проводить второй расчет с абсолютно жестким диском перекрытия). Теперь если при расчетах на сейсмическое воздействие, выполненных с учетом его реальной податливости, полученные значения горизонтальных перемещений контурных точек перекрытия в рассматриваемом направлении (δ_{fl}) не отличаются более чем на 10 % от значений горизонтальных перемещений соответствующих точек на линии хорды (δ_{ch}).

В версии 2022 уже сделали возможным вывод прогибов в плоскости пластин. Но еще постараемся автоматизировать вычисления по формуле 2.2.

В соответствии с альтернативным подходом перекрытие может быть классифицировано как жесткое в своей плоскости, если соблюдается условие (2.2):

$$\frac{\delta_{fl} - \delta_{ch}}{\delta_{ch}} \cdot 100\% \leq 10\% \quad (2.2)$$

Условные обозначения, принятые в (2.2), показаны на рисунке 2.10.

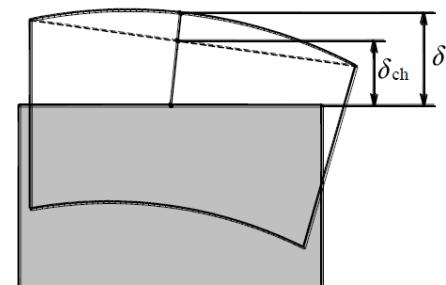


Рисунок 2.9 – К классификации перекрытий по жесткости в соответствии с условием (2.2)



Сейсмическое воздействие в Лира-САПР 2022

The screenshot shows two main windows of the Lira-SAPR 2022 software:

- Формирование динамических загружений из сейсмического воздействия**: This window allows users to define dynamic loads from seismic action. It includes fields for selecting loading types (loads from PCH code 1 or element densities), defining the number of dynamic and static loads, and specifying import options from SAPFIR:SPK EN.
- Расчетные сочетания нагрузок**: This window is used for defining seismic combinations. It lists various load cases (e.g., self-weight, wind, snow, seismic) and their coefficients for different load combinations (I, IV-VI, II-III). A red box highlights the column for combination III, which is being modified. The table also includes columns for static load combinations I, II, III, IV, V, VI, and VII.

The software interface at the bottom includes tabs for "Создание и редактирование" (Creation and editing), "Расширенное редактирование" (Advanced editing), "Расчет" (Calculation), "Анализ" (Analysis), and "Расширенный" (Advanced). Buttons for "Выполнить расчет" (Run calculation), "МЕТЕОР" (METEOR), and various structural analysis tools like "Динамические массы" (Dynamic masses), "Конденсация масс" (Mass condensation), and "Динамические массы в элементах" (Dynamic masses in elements) are visible.

В новой версии Лира-САПР 2022 упрощен сбор масс. Теперь будет достаточно указать конкретную заданную сейсмическую комбинацию, и из неё будут взяты коэффициенты сочетаний Ψ для сбора масс.

Кроме того, будет добавлена возможность для каждого динамического загружения указать с каких элементов собирать массы (по умолчанию собираются со всех элементов). Такая функция нужна, например, чтобы не собирать массы с массивного фундамента при задании горизонтальных сейсмических воздействий. Поскольку фундамент закреплен по горизонтали, то его масса не может дать вклад в модальную массу по горизонтали. И если масса фундамента, например, 30% от веса здания, то по горизонтали невозможно набрать модальных масс более 70%. Поэтому массу такого фундамента лучше исключить из расчета, поскольку контролировать набор 90% модальных масс нужно для надфундаментных конструкций.

Дополнительный коэффициент φ для сбора масс

КР НТК 08-01.2-2021
НТП РК 08-01.2-2021

4 КОЭФФИЦИЕНТЫ СОЧЕТАНИЙ В КОМБИНАЦИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, УЧИТЫВАЕМЫХ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МАСС ЗДАНИЯ

4.1 Инерционные эффекты расчетного сейсмического воздействия должны оцениваться с учетом наличия масс, связанных со всеми гравитационными нагрузками, возникающими при следующей комбинации воздействий, определяемой с помощью выражения (4.1):

$$\sum_k G_{k,j} + \sum_i [\psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}], \quad (4.1)$$

где

$G_{k,j}$ – характеристическое значение j-го постоянного воздействия;

$Q_{k,i}$ – характеристическое значение i-го переменного воздействия;

$\psi_{E,i}$ – коэффициент сочетаний для переменного воздействия i, используемый при определении эффектов расчетного сейсмического воздействия и для вычисления масс здания, учитываемых при определении расчетных сейсмических нагрузок на конструктивную систему здания.

Примечание – Из выражения (4.1) следует, что при вычислении масс здания, учитываемых при определении сейсмических нагрузок, постоянные воздействия учитываются полностью, а переменные воздействия умножаются на понижающий коэффициент $\psi_{E,i}$.

4.2 [4.2.4(2)Р] Коэффициент $\psi_{E,i}$, принятый в выражении (4.1) для вычисления эффектов сейсмических воздействий, определяется с использованием следующего выражения:

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{S,i}, \quad (4.2)$$

где

φ – коэффициент, значения которого приведены в национальном приложении к СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в таблице 4.1;

$\psi_{S,i}$ – коэффициент, значения которого (для квазипостоянного значения переменного воздействия) приведены в национальном приложении к СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 и в таблице 4.2 настоящего НТП.

Примечание – Коэффициент φ включен в выражение (4.2) по двум причинам.

Первая причина – силы инерции создаются не полной массой, соответствующей $\psi_{S,i}Q_{k,i}$, а ее долей, присутствующей в здании во время сейсмического воздействия.

Присутствие в здании переменного воздействия $\psi_{S,i}Q_{k,i}$ со 100 % квазипостоянным значением считается маловероятным событием.

Вторая причина – некоторые массы имеют нежесткие связи с конструктивной системой и в результате этого при сейсмических воздействиях могут колебаться в противофазе с ней или с меньшей амплитудой.

КР НТК 08-01.2-2021
НТП РК 08-01.2-2021

Таблица 4.1 – Величины φ для вычисления $\psi_{E,i}$

Категории помещений	Этажи и помещения	φ
A – C*	Крыши, покрытия (неэксплуатируемые)	1,0
	Помещения или этажи с помещениями, соответствующими основному функциональному назначению здания	0,8
	Помещения или этажи с помещениями, не соответствующими основному функциональному назначению здания	0,5
D – F* и архивы		1,0

* Категории помещений соответствуют определениям, приведенным в СП РК ЕН 1990:2002+A1:2005/2011 и в таблице 4.2.

Примечания:

1 В здании с помещениями категории А (например, в жилом здании) значение коэффициента $\varphi=0,8$ должно быть принято для всех жилых этажей. Если какой-либо этаж в здании является нежилым, например, предназначенным для размещения инженерных коммуникаций и оборудования, то значение коэффициента φ для этого конкретного этажа может быть принято 0,5.

Аналогичным образом, для всех этажей здания больницы с помещениями спален и палат или для всех этажей гостиницы с помещениями спален и бытовых помещений значение коэффициента φ следует принимать 0,8. Если какие-либо этажи в указанных зданиях предназначены для размещения помещений иного назначения (например, инженерных коммуникаций, оборудования, бассейнов, кафе или ресторанов), то значение коэффициента φ для этих этажей или помещений на этих этажах может быть принято 0,5.

В здании с помещениями категории В (например, в офисном здании) значение коэффициента φ также должно составлять 0,8 для всех этажей с офисными помещениями. Если в этом здании какой-либо этаж или какое-либо помещение имеет иное назначение, то значение коэффициента φ для этого конкретного этажа или помещений иного назначения этого этажа может составлять 0,5.

В здании с помещениями категории С (являющимися помещениями с большим скоплением людей), значение коэффициента φ следует принимать 0,8 для всех этажей, кроме помещений технического этажа, для которых значение коэффициента φ может быть принято равным 0,5.

2 В здании многофункционального назначения, включающем, например, подиум с торговыми помещениями (категория D) и вышерасположенную часть с жилыми помещениями (категория A), значение коэффициента φ должно быть принято:

- для всех этажей подиума с торговыми помещениями 1,0;
- для всех этажей и помещений вышерасположенной части здания, предназначенных для проживания людей, 0,8;

3 В тех случаях, когда покрытие здания является эксплуатируемым, значение

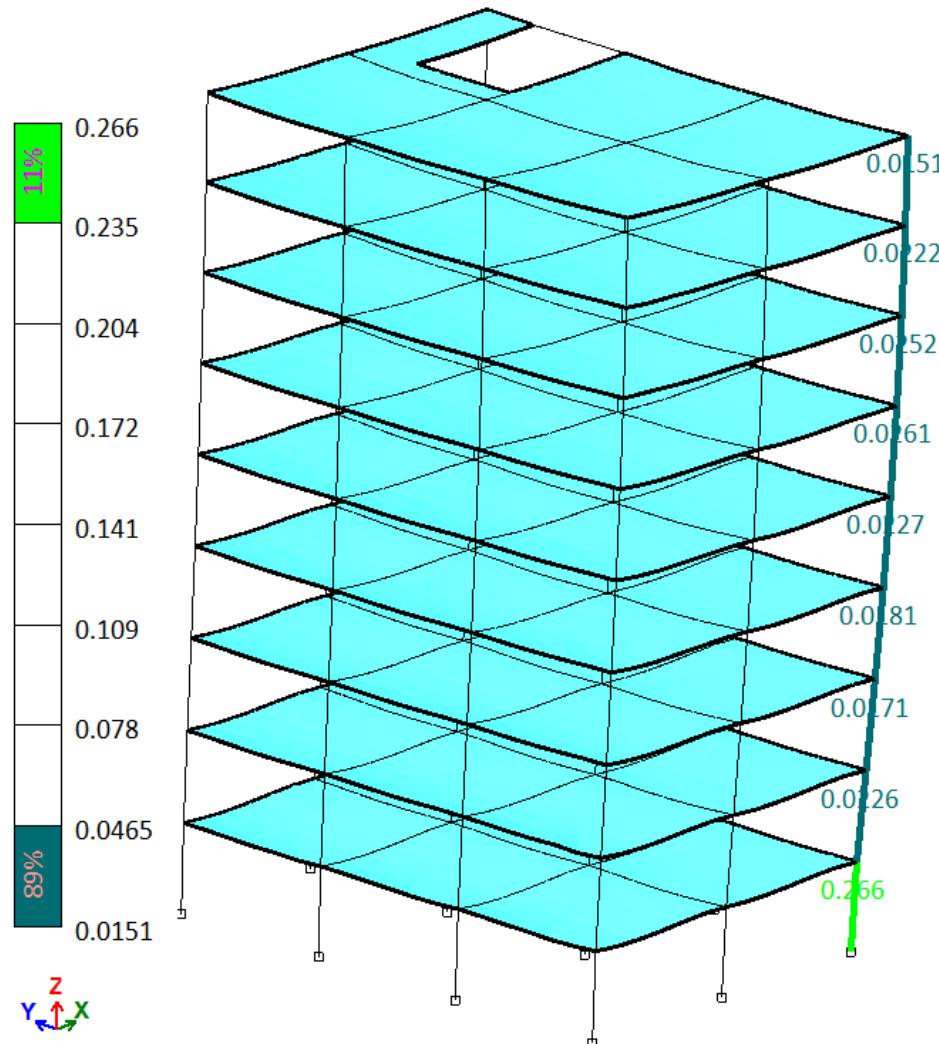
С учетом положения НТП РК 08-01.2-2021 важно помнить, что есть возможность уменьшить массы для расчета на сейсмические воздействия. В п. 4.1 правила применения коэффициента φ описаны. Но его применение довольно многообразно, см. таблицу 4.1 и примечания к ней. Поэтому полностью автоматизировать применение такого коэффициента не получится.

Отсюда предложение – создаем временную комбинацию с сейсмикой, вручную редактируем коэффициенты сочетаний ψ для временных загружений умножением на этот коэффициент φ , из этой комбинации создаем сбор масс, и удаляем эту уже не нужную комбинацию. Или можно создать новую таблицу РСН, которую мы не будем использовать для конструирования, а будем использовать только для сбора масс, тогда удалять эту комбинацию РСН уже не нужно, она может еще пригодиться. Так же напомню, что редактировать коэффициенты сочетаний можно в Excel, скопировав туда через буфер обмена столбец данных, там умножить на коэффициента φ нужные ячейки, и через буфер скопировать обратно.



Сейсмическое воздействие в Лира-САПР 2022

РЧН9_III_6.12b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_1)
Мозаика коэффициентов перекосов



Перекосы

Pz >> Pxy >> #S 1
Teta <<

Пары узлов для определения перекосов
 Отметка с автоматическим определением характерных пар узлов

Узлы	dZ	Перекос	№	#S	Teta	Pz	Pxy
3, 25	3	0.00263...	9	4	0.266473	185.44	1.83444
25, 260	3	0.00410...	9	4	0.0225931	370.878	67.4607
260, 495	3	0.00396...	9	4	0.0171263	370.878	85.8103
495, 730	3	0.00356...	9	4	0.0180551	370.878	73.2741
730, 965	3	0.00316...	9	4	0.0227012	370.878	51.6846
965, 1200	3	0.00269...	9	4	0.0260626	370.878	38.3189
1200, 1435	3	0.00216...	9	4	0.0251656	370.878	31.9462
1435, 1670	3	0.00160...	9	4	0.0221977	370.878	26.822
1670, 1905	3	0.00099...	9	4	0.0151289	370.878	24.3019

Добавлена возможность вычисления коэффициента, характеризующего перекос этажа - θ по формуле 4.28 (2) п. 4.4.2.2 СП РК EN 1998-1:2004/2012 (или она же – формула 7.2 в новом НТП РК 08-01.2-2021).

Данная реализация позволит оценить необходимость учета эффектов второго рода ($P-\Delta$) в расчетной модели при расчете на сейсмические воздействия.

7.2.2.2 [4.4.2.2 (2)] Эффекты второго порядка ($P-\Delta$ эффекты) могут не учитываться, если для всех этажей здания выполняется следующее условие:

$$\theta = \frac{P_{\text{tot}} \cdot d_r}{V_{\text{tot}} \cdot h \cdot q_d} \leq 0,10 . \quad (7.2)$$

В выражении (7.2):

θ – коэффициент чувствительности к перекосу этажа;

h – высота рассматриваемого этажа;

P_{tot} – полная гравитационная нагрузка на рассматриваемом этаже и над ним в сейсмической расчетной ситуации;

d_r – разность средних горизонтальных перемещений d_s верхнего и нижнего перекрытий рассматриваемого этажа (см. рисунок 7.1 и 7.2.2.3);

V_{tot} – суммарная сейсмическая поперечная сила в уровне рассматриваемого этажа;

q_d – коэффициент поведения для перемещений, принимаемый равным q , если иное не определено.

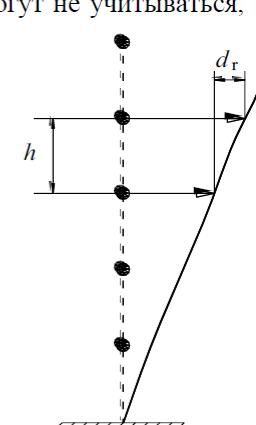
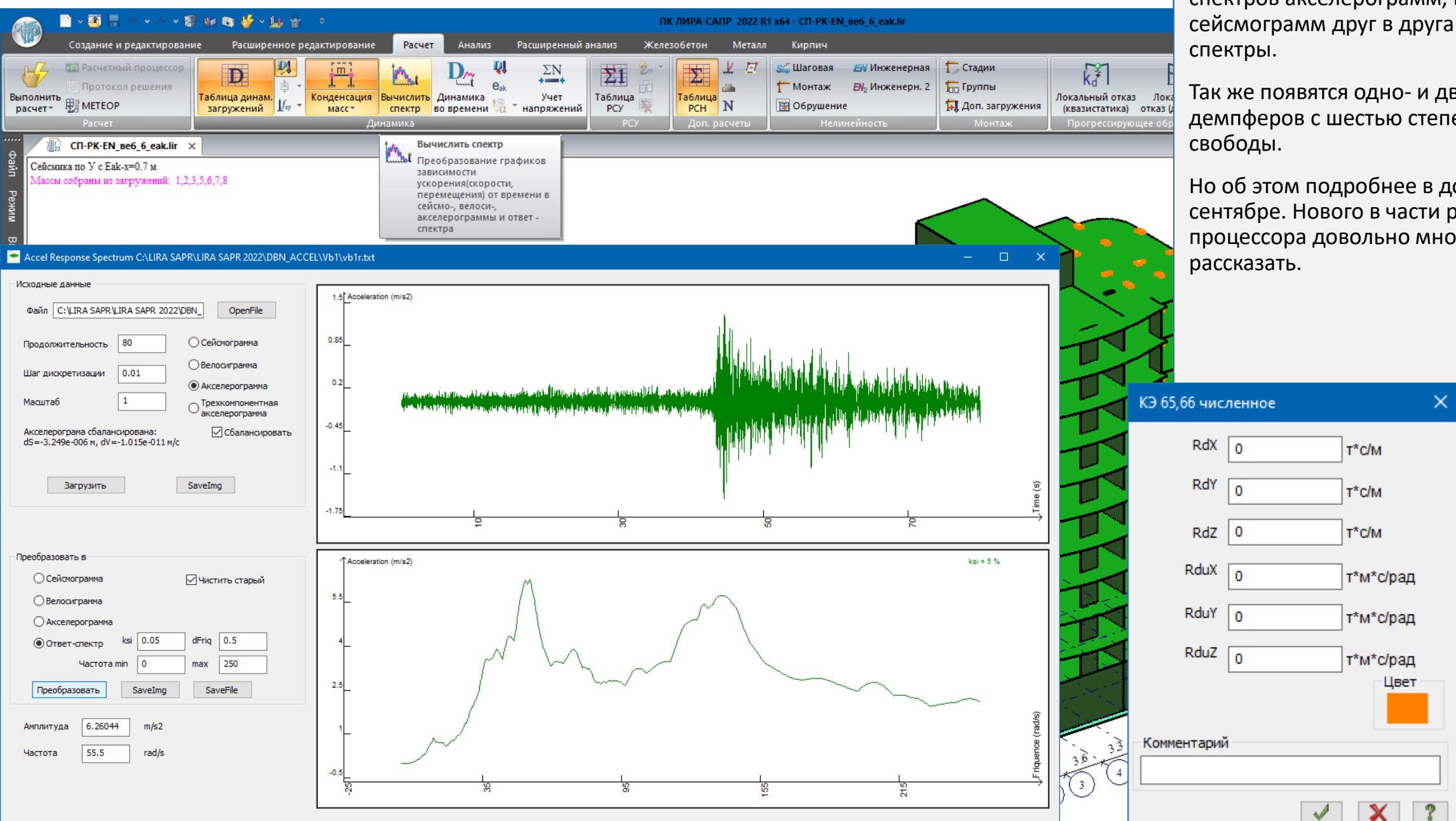


Рисунок 7.1 – К определению значений d_r



Сейсмическое воздействие в Лира-САПР 2022



В новой версии Лира-САПР 2022 появится программа преобразования спектров акселерограмм, велосиграмм и сейсмограмм друг в друга и в ответ-спектры.

Так же появятся одно- и двух- узловые КЭ демпферов с шестью степенями свободы.

Но об этом подробнее в докладах в сентябре. Нового в части расчетного процессора довольно много, будет о чем рассказать.



Моделирование фундаментов на естественном и свайном основании

Учет положений СП РК 5.01-102-2013 и СП РК 5.01-103-2013
в Лира-САПР 2021

Учет жесткости основания (коэффициенты постели)

В июне 2021 года вышел доклад о работе подсистемы Грунт: «[Основы системы Грунт и новый функционал версии 2021: котлован, модель условного фундамента для КЭ57](#)».



Изменение напряженного состояния грунтового массива от естественного до возведения сооружения

25

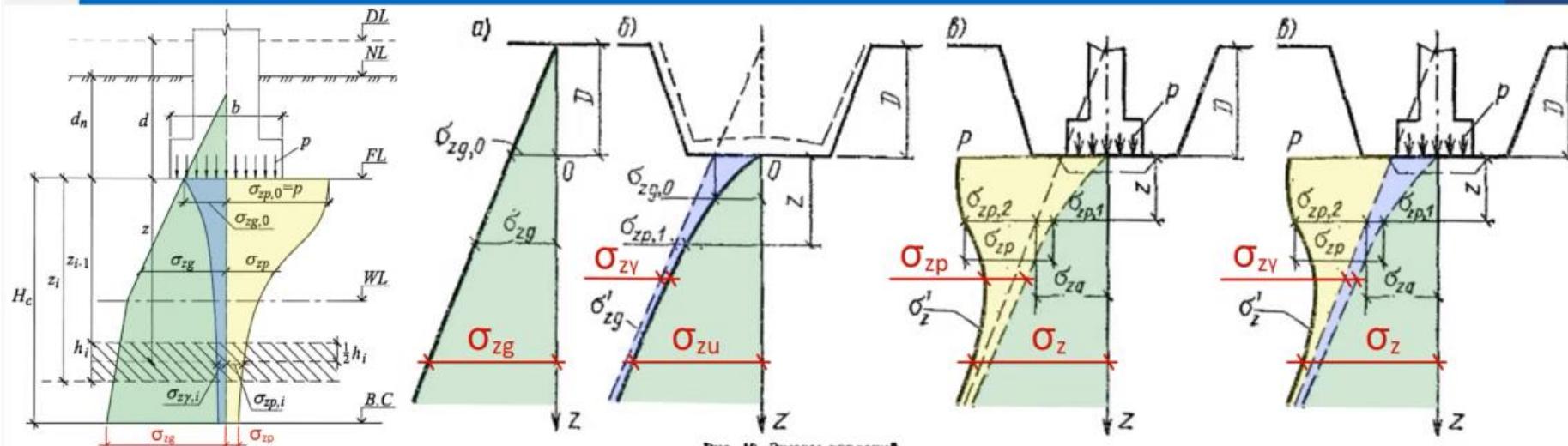


Рис. 18. Эпюры давлений

a — в природном массиве; б — после откопки котлована; в — после устройства фундамента и возведения сооружения

DL — отметка планировки; NL — отметка поверхности природного рельефа; FL — отметка подошвы фундамента; WL — уровень подземных вод; $B.C.$ — нижняя граница сжимаемой толщи; d и d_n — глубина заложения фундамента соответственно от уровня планировки и поверхности природного рельефа; b — ширина фундамента; p — среднее давление под подошвой фундамента; σ_{zg} и $\sigma_{zp,0}$ — вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы; σ_{zp} и $\sigma_{zp,0}$ — вертикальное напряжение от внешней нагрузки на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы; $\sigma_{zp,i}$ — вертикальное напряжение от собственного веса вынутого в котловане грунта в середине i -го слоя на глубине z от подошвы фундамента; H_c — глубина сжимаемой толщи

Рисунок 5.2 – Схема распределения вертикальных напряжений в линейно-деформируемом полупространстве

СП 22.13330.2016

как полу сумму соответствующих напряжений на верхней z_i и нижней z , границах слоя.

3 При возведении сооружения в отрываемом котловане следует различать три следующих значения вертикальных напряжений: σ_{zg} — от собственного веса грунта до начала строительства; σ_{zp} — после откопки котлована; σ_z — после возведения сооружения.

4 При определении средней осадки основания фундамента \bar{s} все используемые в формуле (5.16) величины допускается определять для вертикали, проходящей не через центр фундамента, а через точку, лежащую посередине между центром и углом (для прямоугольных фундаментов) или на расстоянии $r_c=(r_1+r_2)/2$ от центра, где r_1 — внутренний, а r_2 — внешний радиус круглого или кольцевого фундамента (для круглого фундамента $r_1=0$).

СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений

Порядок к ЧП 2.01-85 19.54 / 46.14 Напряженное состояние грунтового массива на разных стадиях >



Учет жесткости основания по СП РК 5.01-102-2013

СП 22.13330.2016

Определение осадки основания фундаментов

5.6.31 Осадку основания фундамента s , см, с использованием расчетной схемы в виде линейно деформируемого полупространства (см. 5.6.6) вычисляют методом послойного суммирования по формуле

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{z_p,i} - \sigma_{z_y,i})h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z_y,i}h_i}{E_{e,i}}, \quad (5.16)$$

где β – безразмерный коэффициент, равный 0,8;

СП РК 5.01-102-2013

4.7 Определение осадки основания

4.7.1 Осадку основания s , см, с использованием расчетной схемы в виде линейно деформируемого полупространства определяют методом послойного суммирования по формуле

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{z_p,i} - \sigma_{z_y,i})h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z_y,i}h_i}{E_{e,i}}, \quad (17)$$

где β – безразмерный коэффициент, равный 0,8;

4.7.10 Нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_e$, где выполняется условие $\sigma_{z_p} = k\sigma_{z_y}$:

- $k = 0,2$ при $b \leq 5$ м;
- $k = 0,5$ при $b > 20$ м;
- при $5 \leq b \leq 20$ м k определяют интерполяцией ($\sigma_{z_p}, \sigma_{z_y}$ определяют по формулам (18) и (24). При этом глубина сжимаемой толщи принимают не меньше $b/2$ при $b/10$ м и $(4+0,1b)$ при $b > 10$ м.

Если осадку принять по методике п.4.7 СП РК 5.01-102-2013 (текущая практика применения, более подробное описание есть в 50 НТП РК 07-01.2-2011, в Приложении Б), то она идентична российскому СП 22.13330.2016, только коэффициент определения глубины сжимаемой толщи определяется иначе, но его в любом случае задает пользователь.

В версии 2021 в релизе 2 была сделана отдельная позиция в выборе норм – СП РК 5.01-102-2013. И дальше в новых версиях к этой опции будут добавляться свои особенности.

Параметры расчета

Коэффициент глубины сжимаемой толщи	0.5
Минимальная глубина сжимаемой толщи	5 м
Дополнительное постоянное напряжение по всей глубине	0 т/м ²
<input checked="" type="checkbox"/> Учитывать вес грунта выше отметки приложения нагрузки	
Шаг триангуляции нагрузок для построения изополей	2 м
<input type="checkbox"/> Вычислять результаты в пределах площади импортированных нагрузок по укрупненной прямоугольной сетке	
Шаг сетки	0 м

Выбор норм

СНиП 2.02.01-83
 СП 50-101-2004
 ДБН В.2.1-10:2009
 СП 22.13330.2011/2016
 СП РК 5.01-102-2013

✓ ✗ ?



Расчетное сопротивление грунта основания

СП 22.13330.2016

Определение расчетного сопротивления грунта основания

5.6.7 При расчете деформаций основания фундаментов с использованием расчетных схем, указанных в 5.6.6, среднее давление под подошвой фундамента p не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания R , вычисляемого по формуле

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_i b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}] \quad (5.7)$$

где γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 5.4;

k - коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта (φ_{II} и c_{II}) определены непосредственными испытаниями, и $k=1,1$, если они приняты по таблицам приложения А;

M_γ , M_q , M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 5.5;

k_z - коэффициент, принимаемый равным единице при $b < 10$ м; $k_z = z_0/b + 0,2$ при $b \geq 10$ м (здесь $z_0 = 8$ м);

СП РК 5.01-102-2013

4.6.1 При расчете деформаций основания с использованием расчетной схемы, среднее давление под подошвой фундамента p не превышают расчетное сопротивление грунта основания R , определяемое по формуле

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_i b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}], \quad (8)$$

где γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 4;

k - коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта (φ и c) определены непосредственными испытаниями, и $k = 1,1$, если они приняты по таблицам приложения Г;

M_γ , M_q , M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 5;

k - коэффициент, принимаемый равным единице при $b < 10$ м; $k_2 = z_0/b + 0,2$, при $b < 10$ м (здесь $z_0 = 8$ м);

То же касается и расчета сопротивления грунта R , формулы в СП РК 5.01-102-2013 и СП 22.13330.2016 идентичны.

В базе знаний есть подробно разобранный пример с верификацией расчета R в статье «[Определение расчетного сопротивления грунта основания](#)». Ссылка будет в описании к этому видео.

Параметры расчета

Коэффициент глубины сжимаемой толщи	0.5
Минимальная глубина сжимаемой толщи	5 м
Дополнительное постоянное напряжение по всей глубине	0 Т/м ²
<input checked="" type="checkbox"/> Учитывать вес грунта выше отметки приложения нагрузки	
Шаг триангуляции нагрузок для построения изополей	2 м
<input type="checkbox"/> Вычислять результаты в пределах площади импортированных нагрузок по укрупненной прямоугольной сетке	
Шаг сетки	0 м
<input type="checkbox"/> Расчет осадки существующих зданий от строящихся сооружений	
Параметры вычисления расчетного сопротивления грунта	
$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_i b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}]$	
Yc1	По таблице
Yc2	По таблице
k	1.1

Выбор норм

- СНиП 2.02.01-83
- СП 50-101-2004
- ДБН В.2.1-10:2009
- СП 22.13330.2011/2016
- СП РК 5.01-102-2013

✓ ✗ ?



Учет жесткости свайного основания



Моделирование свайных фундаментов – модель условного фундамента

40

Расчет осадки свайного фундамента как условного фундамента

7.4.6 Осадка большепериметрического свайного фундамента (свайного поля) подсчитывается по формуле
 $s = s_{sf} + \Delta s_p + \Delta s_e$, (7.41)

где s_{sf} — осадка условного фундамента;
 Δs_p — дополнительная осадка за счет продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента;

Δs_e — дополнительная осадка за счет сжатия ствола свай.

7.4.7 Границы условного фундамента (см. рисунок 1) определяют следующим образом:

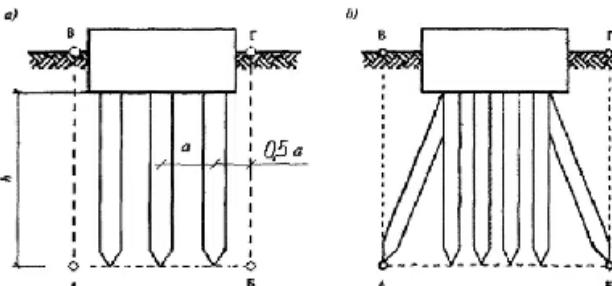


Рисунок 1 — Определение границ условного фундамента при расчете осадки свайных фундаментов

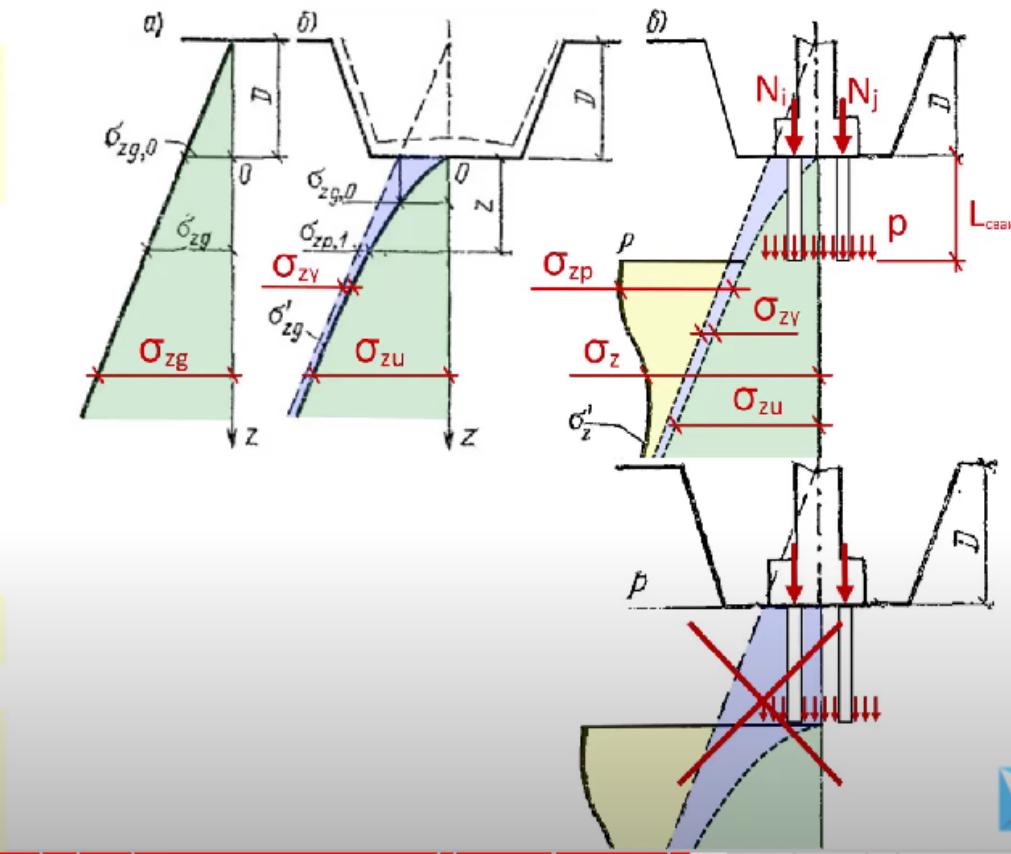
снизу — плоскостью АБ, проходящей через нижние концы свай;

с боков — вертикальными плоскостями АВ и БГ, отстоящими от осей крайних рядов вертикальных свай на расстоянии 0,5 шага свай (рисунок 1, а), но не более 2d (d — диаметр или сторона поперечного сечения свай), а при наличии наклонных свай — проекциями через низшие концы этих свай (рисунок 1, б);

сверху — поверхностью шакировки грунта ВГ.

Расчет осадки условного фундамента производят методом послойного суммирования деформаций линейно-деформируемого основания с условным ограничением сжимаемой толщи (см. СП 22.13.330). Вертикальное нормальное напряжение σ_p , определяющее деформации и глубину сжимаемой толщи, подсчитывается только от действия нагрузки, приложенной к свайному фундаменту, т.е. вес грунта в пределах условного фундамента не учитывается. Начальные напряжения σ_0 определяются с учетом отрывки котлована.

Возможен также трехмерный численный расчет осадки условного фундамента как анизотропного массива (см. 36.31 / 46.34 «Модель условного фундамента»).



В [том же докладе](#) рассматривается работа свайного основания по модели условного фундамента. Предложен механизм формирования условного фундамента для каждой отдельной сваи, а уже их совокупность формирует свайные поля или кусты свай или ленточные свайные фундаменты.

При этом для построения условных фундаментов в каждой строке параметров свай задается радиус, с которым вокруг каждой сваи группы будет сформирован круглый условный фундамент.

Далее по коэффициентам постели, полученным в этом условном фундаменте, получаем суммарную жесткость отдельной сваи, и дальше жесткости пружин Rz в каждом КЭ57 по длине сваи считается пропорционально вкладу этого участка в несущую способность сваи Fd.



Учет жесткости свайного основания

СП РК 5.01-103-2013

4.6 Расчет свай и свайных фундаментов по деформациям

4.6.1 Осадка фундамента из висячих свай может быть определена как осадка условного фундамента на естественном основании в соответствии с 4.4.2 и 4.4.3.

При однородных или улучшающихся по физико-механическим характеристикам с глубиной грунтах основания расчет осадки свайного фундамента рекомендуется выполнять по методике, учитывающей взаимное влияние свай в кусте (4.4.4 - 4.4.9).

Осадку ленточных свайных фундаментов допускается определять в соответствии с приложением В.

Полученные по расчету значения осадки свайного фундамента не превышают предельных значений по условию (4).

Свайные фундаменты из свай, работающих как сваи-стойки, висячие одиночные сваи, воспринимающие вне кустов выдергивающие нагрузки, а также свайные кусты, работающие на действие выдергивающих нагрузок, рассчитывать по деформациям не требуется.

4.6.2 Расчет осадки фундамента из висячих свай, производимый как для условного фундамента на естественном основании, выполняют в соответствии с требованиями нормативных документов.

Границы условного фундамента (см. рисунок 1) определяют следующим образом:

- снизу - плоскостью АБ, проходящей через нижние концы свай;
- с боков - вертикальными плоскостями АВ и БГ, отстоящими от наружных граней крайних рядов вертикальных свай на расстоянии $htg(\phi_{II,mt}/4)$ (рисунок 1), но не более $2d$ в случаях, когда под нижними концами свай залегают глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,6$ (d - диаметр или сторона поперечного сечения свай), а при наличии наклонных свай - проходящими через нижние концы этих свай;
- сверху - поверхностью планировки грунта ВГ;

здесь $\phi_{II,mt}$ - осредненное расчетное значение угла внутреннего трения грунта, определяемое по формуле:

$$\phi_{II,i} = \frac{\sum_0^h \phi_{II,i} h_i}{\sum h_i}, \quad (34)$$

где $\phi_{II,i}$ - расчетные значения углов внутреннего трения для отдельных пройденных сваями слоев грунта толщиной h_i , град.;
 h - глубина погружения свай в грунт, м.

В соответствии с СП РК 5.01-103-2013 можно посчитать радиус «одиночного условного фундамента», предварительно вычислив по формуле 34 осредненное значение расчетного угла внутреннего трения грунтов, которые пересекает свая.

Через тангенс этого угла и длину сваи в грунте вычислим искомый радиус. И задаем его в метрах в параметрах группы свай в явном виде.

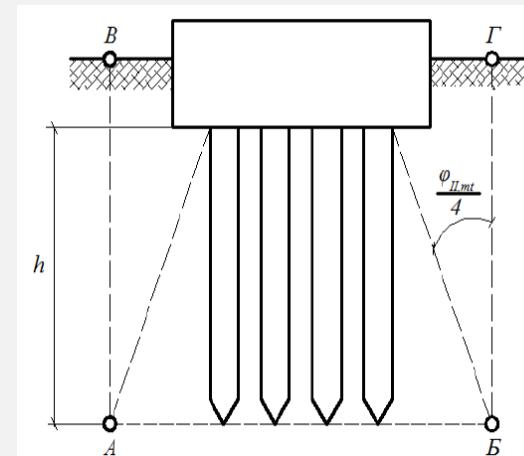
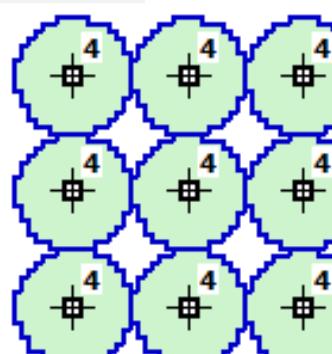
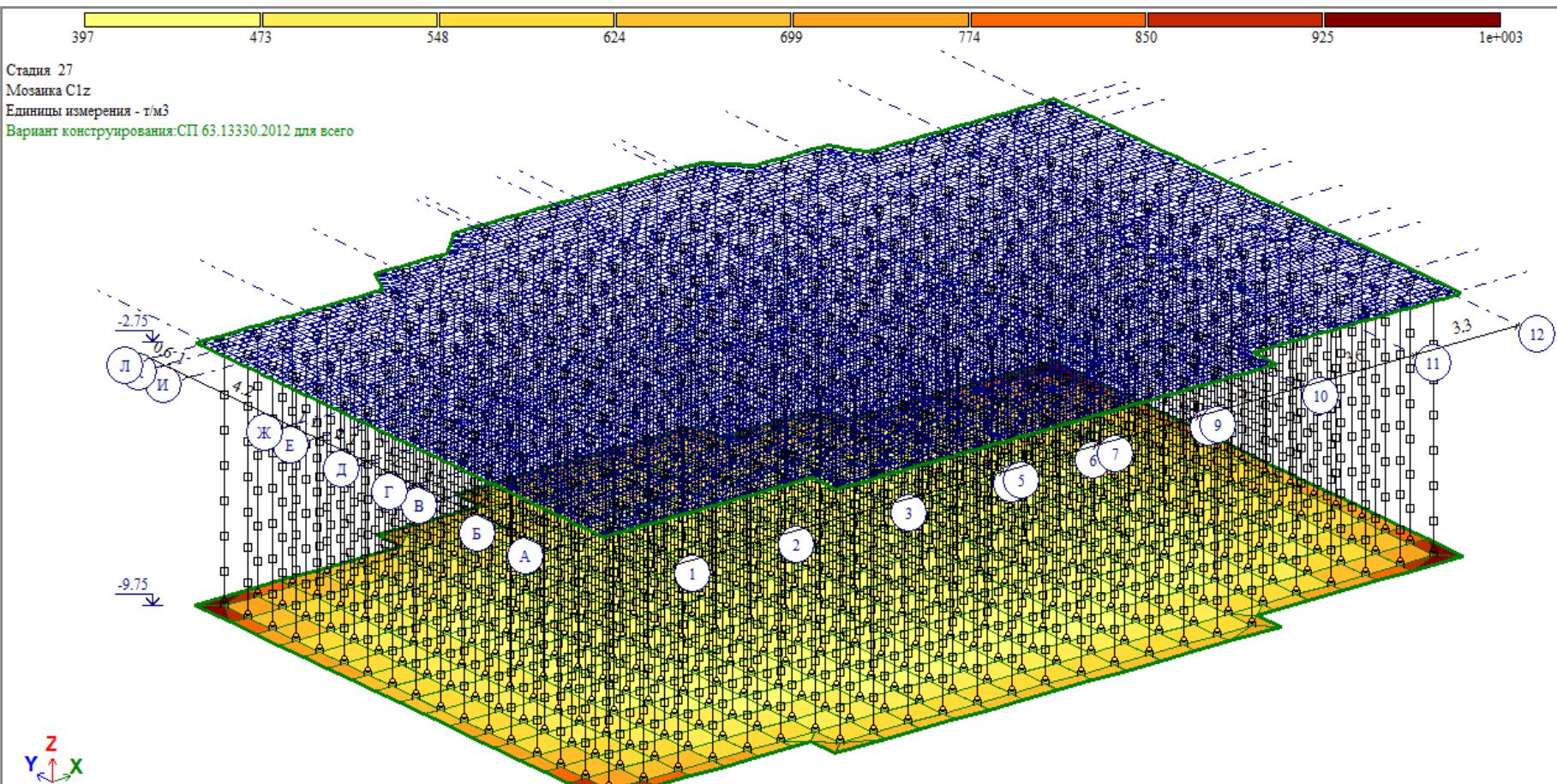


Рисунок 1
Определение границ условного фундамента
при расчете осадки свайных фундаментов



Учет жесткости свайного основания

Или всегда можно сделать «условный фундамент вручную». Об этом тоже рассказывается в [докладе по системе Грунт](#).



Учет жесткости свай на горизонтальную нагрузку

СП РК 5.01-103-2013

Приложение А (обязательное)

Расчет свай на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента

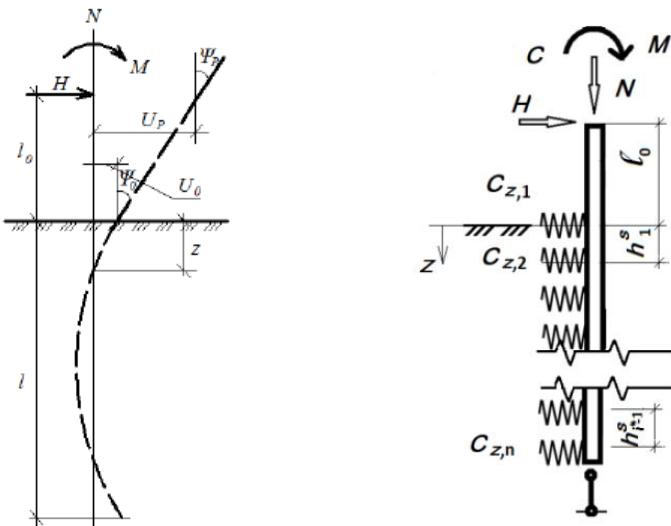


Рисунок А.1 - Схема нагрузок на сваю

Таблица А.1 - Коэффициент пропорциональности K

Грунты, окружающие сваю, и их характеристики	Коэффициент пропорциональности K , кН/м ⁴ , для свай	
	забивных	набивных, буровых, свай-оболочек и свай-столбов
Глины и суглинки текучепластичные ($0,75 < I_L \leq 1$)	650 - 2500	500 - 2000
Глины и суглинки мягкопластичные ($0,5 < I_L \leq 0,75$); супеси пластичные ($0 \leq I_L \leq 1$); пески пылеватые ($0,6 \leq e \leq 0,8$)	2500 - 5000	2000 - 4000
Глины и суглинки тугопластичные и полутвердые ($0 \leq I_L \leq 0,5$); супеси твердые ($I_L < 0$); пески мелкие ($0,6 \leq e \leq 0,75$); пески средней крупности ($0,55 \leq e \leq 0,7$)	5000 - 8000	4000 - 6000
Глины и суглинки твердые ($I_L < 0$); пески крупные ($0,55 \leq e \leq 0,7$)	8000 - 13000	6000 - 10000
Пески гравелистые ($0,55 \leq e \leq 0,7$); гравий и галька с песчаным заполнителем	-	10000 - 20000

ПРИМЕЧАНИЯ 1 Меньшие значения коэффициента K в таблице соответствуют более высоким значениям показателя текучести I_L глинистых и коэффициентов пористости e песчаных грунтов, указанным в скобках, а большие значения коэффициента K - соответственно более низким значениям I_L и e . Для грунтов с промежуточными значениями характеристик I_L и e значения коэффициента K определяются интерполяцией.

ПРИМЕЧАНИЯ 2 Коэффициент K для плотных песков принимается на 30 % выше, чем наибольшие значения указанных в таблице коэффициентов K для заданного вида грунта.

Теперь про жесткость грунта окружающего сваю и вычисление горизонтальных жесткостей R_x и R_y в КЭ57 по длине сваи.

По СП 24.13330.2011 коэффициент пропорциональности грунта K меняется в зависимости от грунта окружающего сваю на каждом участке сваи, на какие свая разбита.

А по СП РК 5.01-103-2013 рекомендуется принимать единый приведенный K для расчета C_z .

Кроме того, в СП РК 5.01-103-2013 и сами значения K из таблицы А.1 несколько отличаются.



Учет жесткости свай на горизонтальную нагрузку

Поэтому в таблице характеристик грунтов в любом случае вносим такие значения коэффициента пропорциональности грунта K , какие хотим применить в своих расчетах.

А дальше уже имеющийся инструментарий позволяет создать конечно-элементную модель свай по ее длине и автоматически вычислить жесткости граничных условий, заменяющих грунт.

Характеристики грунтов

Характеристики грунтов													
№ ИГЭ	Усл. обозн.	Наименование грунта	Цвет	Модуль деформации, т/м ²	Коэффициент Пас-сона	Удельный вес грунта, т/м ³	Коэффициент перехода ко 2 модулю деформации	Природная влажность, доли	Показатель текучести IL	Вода Лёсс Насыпь Органо-	Коэффициент пористости e	Содержание растительных остатков, q	Коэффициент пропорциональности K, тс/м**4 и код грунта
1		Насыпной	1100	0.3	1.8	5	0.05	0.2		0.7	0	500	Sh
2		Супесь текучая	200	0.3	1.65	5	0.51	1.27		1.38	0	235	Sp
3		Песок палеватый	1100	0.3	1.87	5	0.221		W	0.72	0	301	S0
4		Песок средний	2500	0.3	1.94	5	0.216		W	0.68	0	426.667	S2
5		Глина мягкопластичная	700	0.35	1.55	5	0.645	0.6		1.76	0	334	Cp
6		Глина твердая с ф	2100	0.25	1.66	5	0.471	-0.13		1.38	0	800	Ch
7		Глина полутвердая	3800	0.3	2.13	5	0.185	-0.24		0.52	0	600	Cs
8		Суглинок мягкопла	4300	0.35	2.15	5	0.167	0.55		0.46	0	367	Lp
9		Известняк малопр	9000	0.2	2.06	5	0.077			0.1	0	4335.5	Z4

Примечания: значения R_c , F_i , R_s в расчете коэффициентов постели C_1 , C_2 не используются, но задаются для последующего экспорта в жесткости ЛИРА-САПР. Значения IL и K используются для расчета жесткости свай (КЭ 57)



Учет осадки специфических грунтов



Сочетание нескольких видов специфических грунтов

5

Просадочный грунт S_{sl} – деформации просадки

Набухающий грунт S_{sh} – деформации усадки

Засоленный грунт S_{sf} – суффозионная осадка

Органический грунт S_o – деформации осадки

Насыпной грунт S_m – деформации осадки

Вечномёрзлый грунт S_f – деформации осадки

$$S_s = S + S_{sh} + S_{sf}$$



В мае 2021 были выложены доклады к версии Лира-САПР 2021.

В частности доклад «[Система ГРУНТ версия 2021. Определение осадок и коэффициентов постели для специфических грунтов](#)». Ссылка в описании.

Кроме того, есть подробная статья со ссылками на все необходимые первоисточники –

<https://help.liraland.com/ru-ru/high-technology-innovations/determination-of-deformations-of-foundations-built-from-specific-soils.html>

В версии 2021 эти виды расчетов доступны только при выборе норм СП 22.13330.2011/20, а в версии 2022 они будут доступны и при выборе норм СП РК 5.01-102-2013.

Кроме того, в версии 2022 добавится учет консолидации и ползучести:

- осадка для любого времени t за счёт консолидации определяется по НТП РК 07-01.4-2012, пункт 7.2.2.1, формулы 7.5, 7.6, 7.7;
- осадка ползучести определяется по НТП РК 07-01.4-2012, пункт 7.2.3.5, формула 7.16.



Система Грунт в Лира-САПР 2022

Модель грунта

Файл грунта (*.sld), связанный с текущей моделью грунта:
C:\LIRA SAPR\LIRA SAPR 2022\Data-2022\Геология.sld

Передать в ГРУНТ плиты с ненулевым Рz как группу нагрузок 1

Не обновлять нагрузки на грунт

Передать параметры из закладки «Расчет С1, С2»

Параметры расчета

Коэффициент глубины сжимаемой толщи 0.50

Минимальная глубина под нагрузкой

Минимальная глубина до отметки
Минимальная глубина до отметки 98 м

Дополнительное постоянное напряжение по всей глубине 0 т/м²

Учитывать вес грунта выше отметки приложения нагрузки

Шаг триангуляции нагрузок для построения изополей 2 м

Вычислять результаты в пределах площади импортированных нагрузок по укрупненной прямоугольной сетке
Шаг сетки 0 м

Расчет осадки существующих зданий от строящихся сооружений

Параметры вычисления расчетного сопротивления грунта

$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} [M_y k_z b \gamma_{\pi} + M_q d_1 \gamma'_{\pi} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{\pi} + M_c c_{\pi}]$

γ_{c1} По таблицам γ_{c2} По таблицам k 1.1

Расчет С1, С2 | Привязка |

Параметры расчета

Минимальная глубина под нагрузкой

Минимальная глубина до отметки
Минимальная глубина до отметки 98

Коэффициент глубины сжимаемой толщи 0.5

Учитывать вес грунта выше отметки приложения нагрузки

Вычислять результаты в пределах площади импортированных нагрузок по укрупненной прямоугольной сетке
шаг сетки 0 Время, годы 0

Объединение нагрузок

В новой версии 2022 в системе Грунт добавится возможность автоматического вычисления глубины сжимаемой толщи с учетом слабых грунтов. При этом модуль слабого грунта по умолчанию установлен 510 т/м² (5 МПа).

Кроме того, появляется альтернативный ввод минимальной глубины сжимаемой толщи. До сих пор в параметрах расчета указывалась глубина Нс,мин единая для всех нагрузок. Т.о. если нагрузки были заданы на разных отметках, то нижняя граница Нс тоже получалась на разных отметках. Теперь появилась возможность ограничить Нс,мин единой отметкой.

4.7.10 Нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_c$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = k \sigma_{zg}$:

- a) $k = 0,2$ при $b \leq 5$ м;
- b) $k = 0,5$ при $b > 20$ м;
- в) при $5 \leq b \leq 20$ м k определяют интерполяцией (σ_{zp}, σ_{zg} определяют по формулам (18) и (24)). При этом глубина сжимаемой толщи принимают не меньше $b/2$ при $b/10$ м и $(4 + 0,1b)$ при $b > 10$ м.

Если в пределах глубины H_c , найденной по указанным выше условиям, залегает слой грунта с модулем деформации $E > 100$ МПа, сжимаемую толщу допускается принимать до кровли этого грунта.

Если найденная по указанным выше условиям нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации $E < 5$ МПа или такой слой залегает непосредственно ниже глубины $z = H_c$, то этот слой включают в сжимаемую толщу, а за H_c принимают минимальное из значений, соответствующих подошве слоя или глубине, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,1 \sigma_{zg}$.

При расчете осадок различных точек плитного фундамента, глубину сжимаемой толщи допускается принимать постоянной, в пределах всего плана фундамента (при отсутствии в ее составе грунтов с модулем деформации $E > 100$ МПа).



Конструктивные расчеты АРМ и СТК

Расчет по нормам СП РК EN 1992-1-1:2004/2011 и
СП РК EN 1993-1-1:2005/2011

Расчет железобетонных конструкций по СП РК EN

СП РК EN 1992-1-1:2004/2011
Название

Вертикальные элементы

Класс бетона C20/25
Вид бетона тяжелый
Марка легкого бетона по средней плотности 1000
Диаграмма билинейная зависимость н
Относительная влажность воздуха, % 40
 Учесть в расчете точный размер сечения

Коэффициенты			
α_{ct}	1	1	k_1 0.6
Основ	0.85	0.85	Сейсм
α_{cc}	0.85	0.85	II ПС
γ_c	1.5	1.2	1.3

Случайные эксцентрикитеты (стержень)
По высоте сечения EY 0 см
По ширине сечения EZ 0 см

C20/25 (МПа)	
E_cm	30000.00
f_ck	20.00
f_ck_cube	25.00
f_cm	28.00
f_ctm	2.20
f_ctk_005	1.50
f_ctk_095	2.90
Eps_c1 (*1000)	2.00
Eps_cu1 (*1000)	3.50
Eps_c2 (*1000)	2.00
Eps_cu2 (*1000)	3.50
n	2.00

СП РК EN 1992-1-1:2004/2011
Название

Вертикальные элементы

Арматура
Продольная Поперечная

Класс A A
Вид Стержни Стержни

f_yk МПа	500	240
$k=f_{yk}/f_{yk}$	1	1
$\varepsilon_{uk}, \%$	2.5	2.5

γ_s	Основ	1.15	1.15
γ_s	Авар	1	1
γ_s	Сейсм	1	1
γ_s	II ПС	1	1

Коэффициенты
 k_3 0.8 k_4 1

Расчет армирования изгибающего элемента 53

НТП РК 02-01-1.1-2011

Пример 3.
Дано: Плита прямоугольного сечения с нижней арматурой с размерами $b = 1000$ мм, $h = 200$ мм; $c_1 = 30$ мм; Бетон нормальный класса C25/30 ($f_{ck} = 25$ МПа), $\gamma_c = 1.5$, $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 14.2$ МПа, $\alpha_{cc} = 0.85$. Арматура класса S500 ($f_{yk} = 500$ МПа, $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 435$ МПа). На плиту действует изгибающий момент $M_{Ed} = 25$ кН·м (рис. 7.2).

Расчет с использованием безразмерных коэффициентов по таблице B.1 приложения B.

Определяем значение коэффициента $a_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{25 \cdot 10^3}{14.2 \cdot 1.00 \cdot 0.177} = 0.061 \leq a_{Eds,lim} = 0.372$ (см. табл. B.1, приложение B) где $d = h - c_1 = 20 - 3 = 17$ см.

По табл. B.1. Приложение B для нормального бетона находим $\leq C50/60$ $a_{Eds} = 0.061$ и $\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.8$ МПа $\rightarrow \omega = 0.0636$, $\zeta = \frac{z}{d} = 0.96$, $z = 0.96 \cdot 17 = 16.32$ м.

Требуемая площадь растянутой арматуры:

$$A_{s1} = \frac{1}{\sigma_{sd}} (\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_{Ed}) = \frac{1}{434.8} (0.0636 \cdot 1000 \cdot 170 \cdot 14.2) = 353.1 \text{ мм}^2$$

Сравним результаты подбора арматуры в ПК ЛИРА-САПР с результатом, приведенным в НТП РК 02-01-1.1-2011. Результаты очень близкие 353.1мм² и 370мм². Разница по отношению к примеру из НТП составляет: 100% $(370 - 353.1) / 353.1 = 4.8\%$.

Данная разница объясняется методиками расчета. Расчетное армирование согласно НТП определяется исходя из условия равенства усилий в сжатой зоне бетона $Nc = Ac \cdot f_{cd} = w \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$ и в растянутой арматуре $Ns = As \cdot \sigma_{sd} = Es \cdot Nc / (asd \cdot w \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} / \sigma_{sd})$.

Помимо этого, в примере из НТП рассматривается постоянство, где принимается пропорциональная связь напряжений в сжатой зоне бетона.

В ПК ЛИРА-САПР реализован общий случай расчета – деформационная расчетная модель. Эпюра напряжений в сжатой зоне бетона соответствует приложенному диаграмме.

В докладе декабря 2020 года «[Реализация новых функций для расчета по нормам СП РК EN во втором релизе ПК ЛИРА-САПР 2020](#)» начиная со слайда 52 говорится как раз об армировании. С тех под добавились новые параметры бетона и арматуры (например, сделали разделение некоторых коэффициентов по видам комбинаций РСН).

В настоящее время проводим верификацию модуля армирования по нормам СП РК EN 1992-1-1:2004/2011.

Ближе к выпуску новой версии будут сделаны доклады по верификации расчета железобетонных конструкций.



Расчет стальных конструкций по СП РК ЕН



Положения норм EN 1993-1-1

5

(7) Начальные перекосы и начальные местные искривления могут быть заменены системой эквивалентных горизонтальных сил, приложенных к каждой из колонн, см. Рисунки 5.3 и 5.4.



Рисунок 5.4 — Замена начальных горизонтальных

(7) В соответствии с (3) устойчивость с

следующим образом:

а) если эффекты второго рода в несовершенства элемента (см. 5.3.4) под-

контрукции [требуются](#) положения норм

Начальные перекосы и начальные местные искривления могут быть заменены системой эквивалентных горизонтальных сил (п. 5.3.2.7). То есть вместо моделирования реальной геометрии, что на практике является сложной задачей, допускается приложение сил, которые вызовут данные перемещения. Такой подход оказывается значительно проще. Дополнительно есть указания, что если произведен учет несовершенств и эффектов второго рода, то проверка устойчивости отдельных элементов не требуется. Но следует отметить, что для стержней при таком подходе моделирования несовершенств, мы

Реализация несовершенств в ЛИРА САПР 2022

Начальные несовершенства и геомнелинейный расчет

Формировать на основе:

- Загружение
- PCH

Список сочетаний

#	Имя	cosX	cosY	cosZ
1	PCH1_I_6_10тир	0.647746	-0.128603	-0.750924
2	PCH2_I_6_10тир	-0.09472415	0.90579	-0.4237
3	PCH3_I_6_10тир	0.778187	-0.104936	-0.619204
4	PCH4_I_6_10тир	-0.00461794	0.915205	-0.402961
5	PCH5_I_6_10тир	0.666729	-0.125324	-0.734688
6	PCH6_I_6_10тир	-0.00285742	0.957154	-0.289565
7	PCH7_I_6_10тир	-0.659881	-0.131024	-0.739858
8	PCH8_I_6_10тир	-0.00683363	-0.927347	-0.374141
9	PCH9_I_6_10тир	-0.78499	-0.108462	-0.609953
10	PCH10_I_6_10тир	-0.00679067	-0.933785	-0.35777
11	PCH11_I_6_10тир	-0.678452	-0.127836	-0.723437
12	PCH12_I_6_10тир	-0.00545254	-0.964174	-0.265215

Куда

- NР загр.
- Список

Сист.координат

- Глобальная
- Местная
- Направляющие координаты

Направление

- X
- Y
- Z

Оси

Коэффициент к нагрузкам

Коэффициент к нагрузкам

Несовершенства

- Абсолютные
- Относительные

Отклонение: 200

Кривизна: 300

Длина стержня

- Задать: 1.0 м
- Авто

Конструктивные элементы

Коэффициент к нагрузкам

8:41 / 13:22 • Реализация несовершенств в ЛИРА САПР 2021 и 2022 >

Автоматическое формирование начальных несовершенств. Таблицы ввода ЛИРА-САПР 2021-2022

По расчету стальных конструкций сделано 2 доклада:

в мае 2021 года – «[Начальные несовершенства и геомнелинейный расчет для стальных конструкций в ПК ЛИРА САПР 2021](#)»;

в мае 2022 года – «[Автоматическое формирование начальных несовершенств. Таблицы ввода ЛИРА-САПР 2021-2022](#)».

Ссылки в описании.

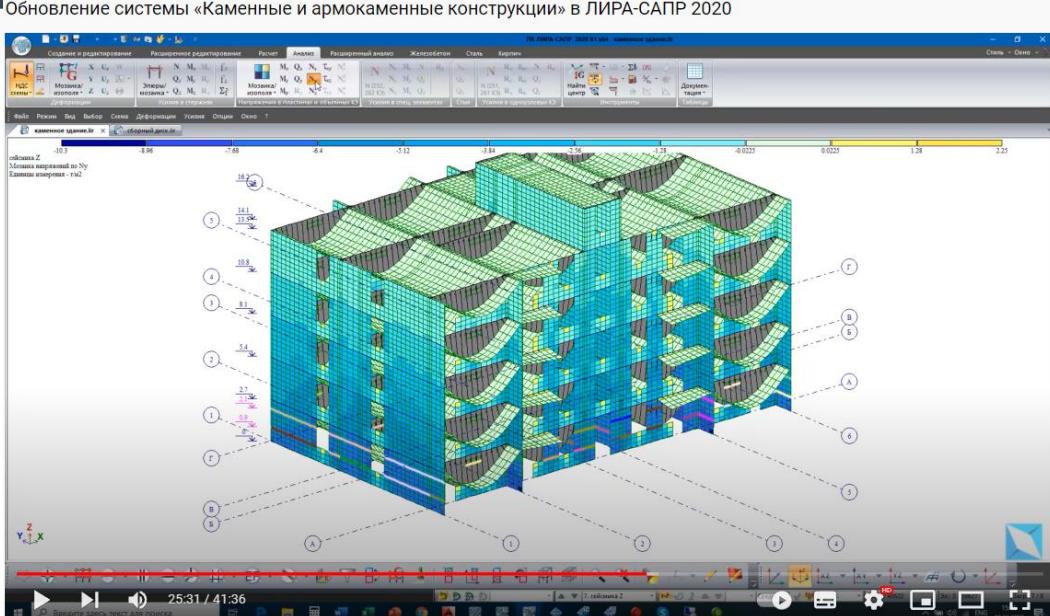
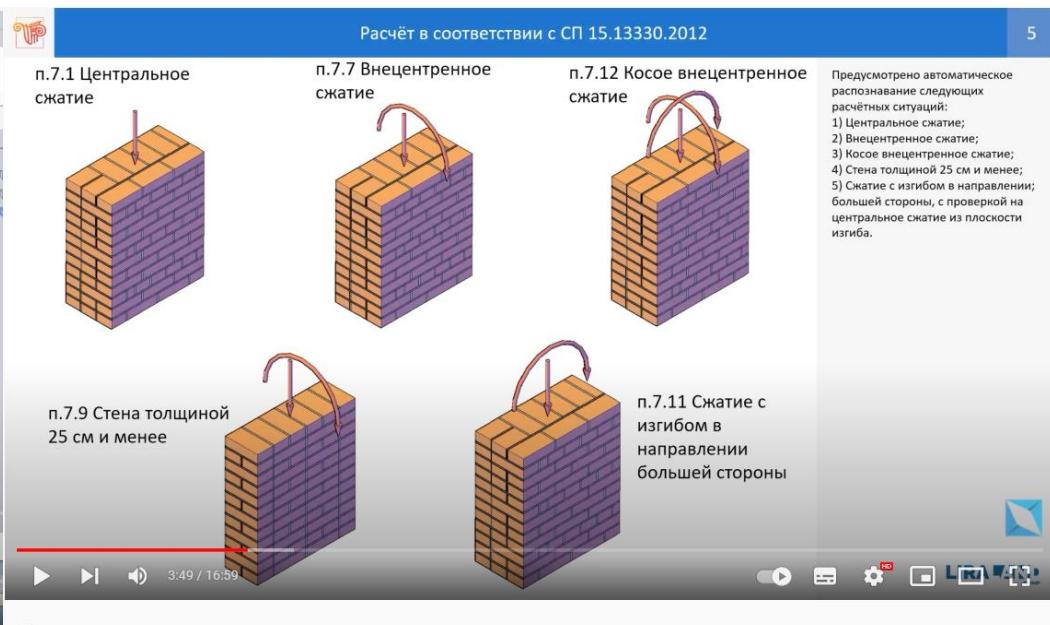
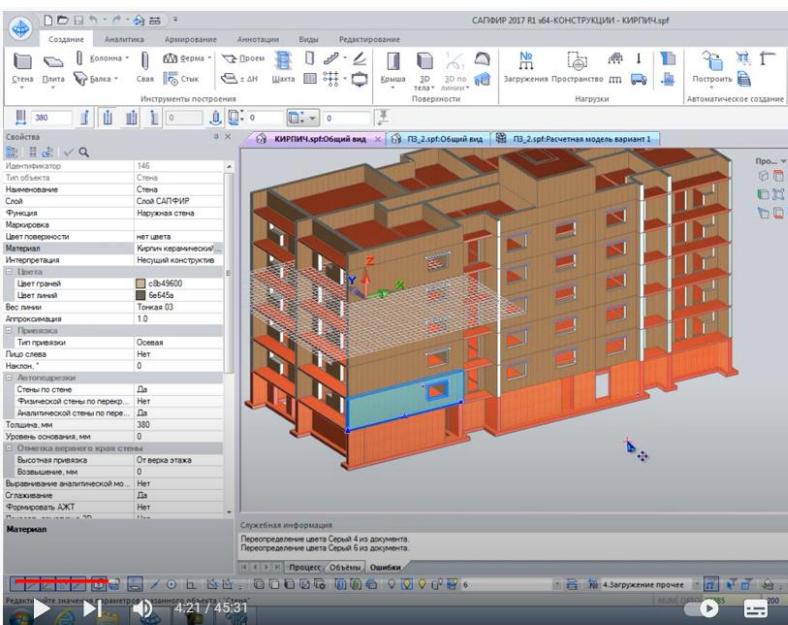
В сентябре будут сделаны доклады по новым возможностям для расчета стальных конструкций и верификации этих расчетов.



Моделирование и расчет каменных зданий

Что уже есть, и что можно сделать по СП РК EN 1996-1-2:2005/2011

Моделирование и расчет каменных конструкций



В Лира-САПР с 2017 года есть подсистема «КИРПИЧ» для расчета каменных и армокаменных конструкций. Реализованные на данный момент нормы: СНиП II-22-81*, ДБН В.2.6-162:2010, СП 15.13330.2012

Есть хорошие доклады на эту тему, под видео будут ссылки:

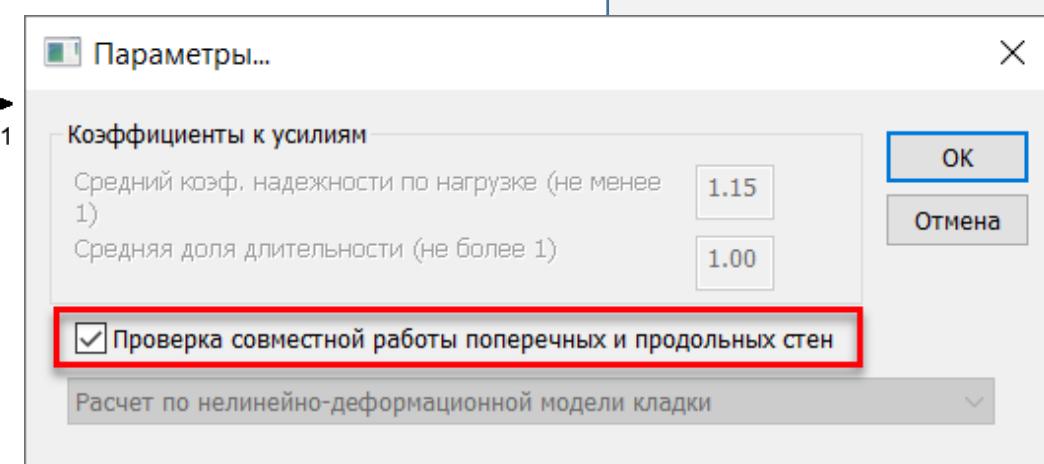
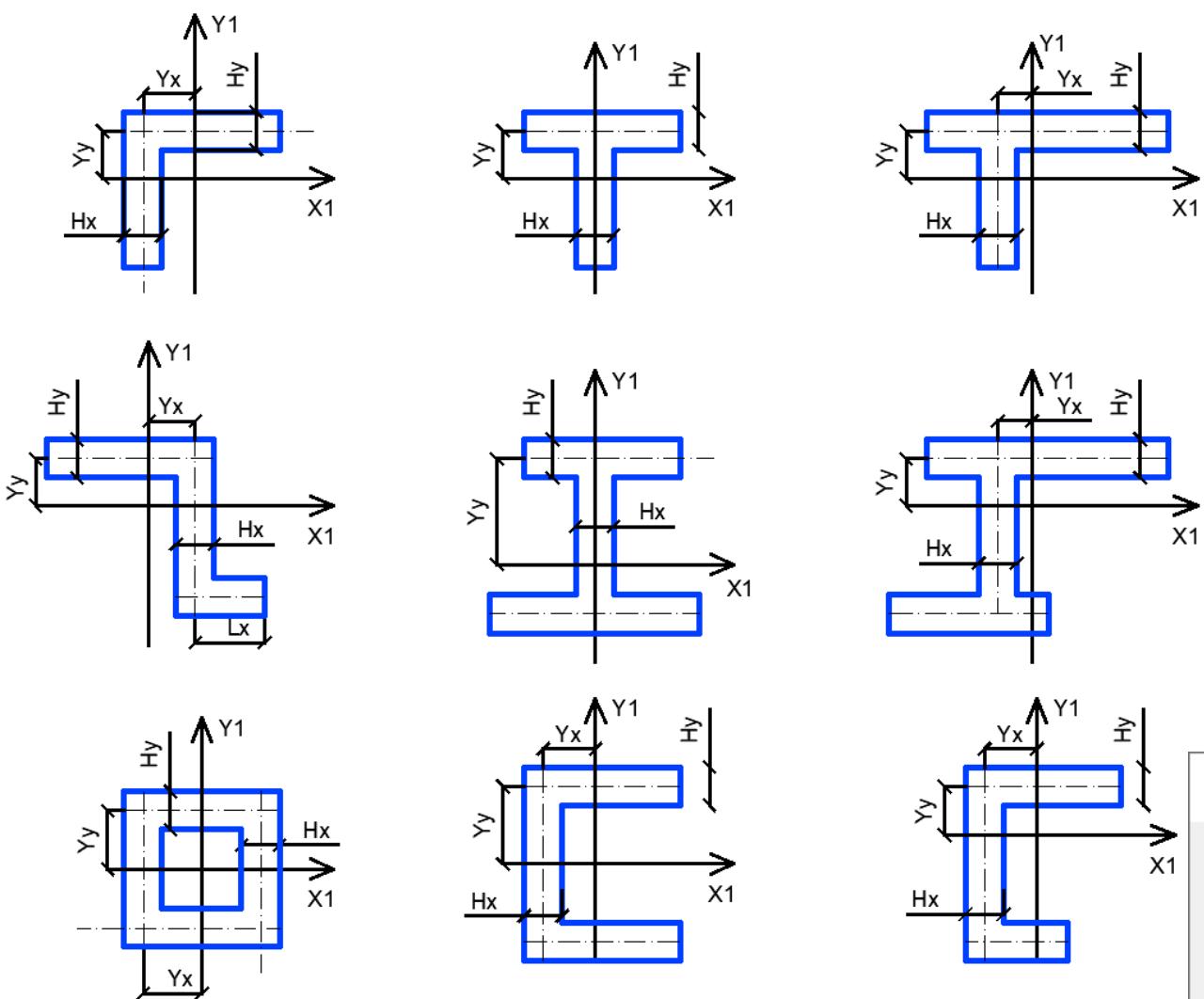
- [ЛИРА САПР 2017: система Каменные и армокаменные конструкции](#)
- [Обновление системы «Каменные и армокаменные конструкции» в ЛИРА-САПР 2020](#)
- [Расчет каменных зданий на сейсмические воздействия](#)
- [Верификационные тесты по расчету каменных простенков в Базе знаний](#)

В наличии уже имеются все необходимые инструменты для моделирования и сбора усилий на простенки. В том числе можно экспортить информацию о габаритах простенков и полученных усилий в Excel. И уже там добавить необходимые проверки по СП РК EN 1996-1-2:2005/2011

Сейчас собираем материалы и готовим постановку для автоматизации расчетов каменных конструкций по Еврокоду.



Учёт совместной работы поперечных и продольных стен



В версии 2022 планируется реализация проверки на действие горизонтальной нагрузки с учётом совместной работы поперечных и продольных стен. В основе данного расчёта заложен алгоритм, который автоматически определяет форму простенков, а также анализирует взаимное расположение продольных и поперечных элементов стен.

Каждое из рассматриваемых сечений имеет свою собственную систему координат с осями X_1, Y_1 , которая может не совпадать с общей системой координат расчётной модели.

Результаты расчета представляются в виде мозаик и соответствующих таблиц результатов. Кроме этого, по каждой группе простенков можно посмотреть детальный протокол с трассировкой, который служит для контроля последовательности всех вычислений.



Спасибо за внимание!

Водопьянов Роман Юрьевич
сопровождение ЛИРА-САПР



| 05/2022