

Протокол проверки пакета плагинов КладК

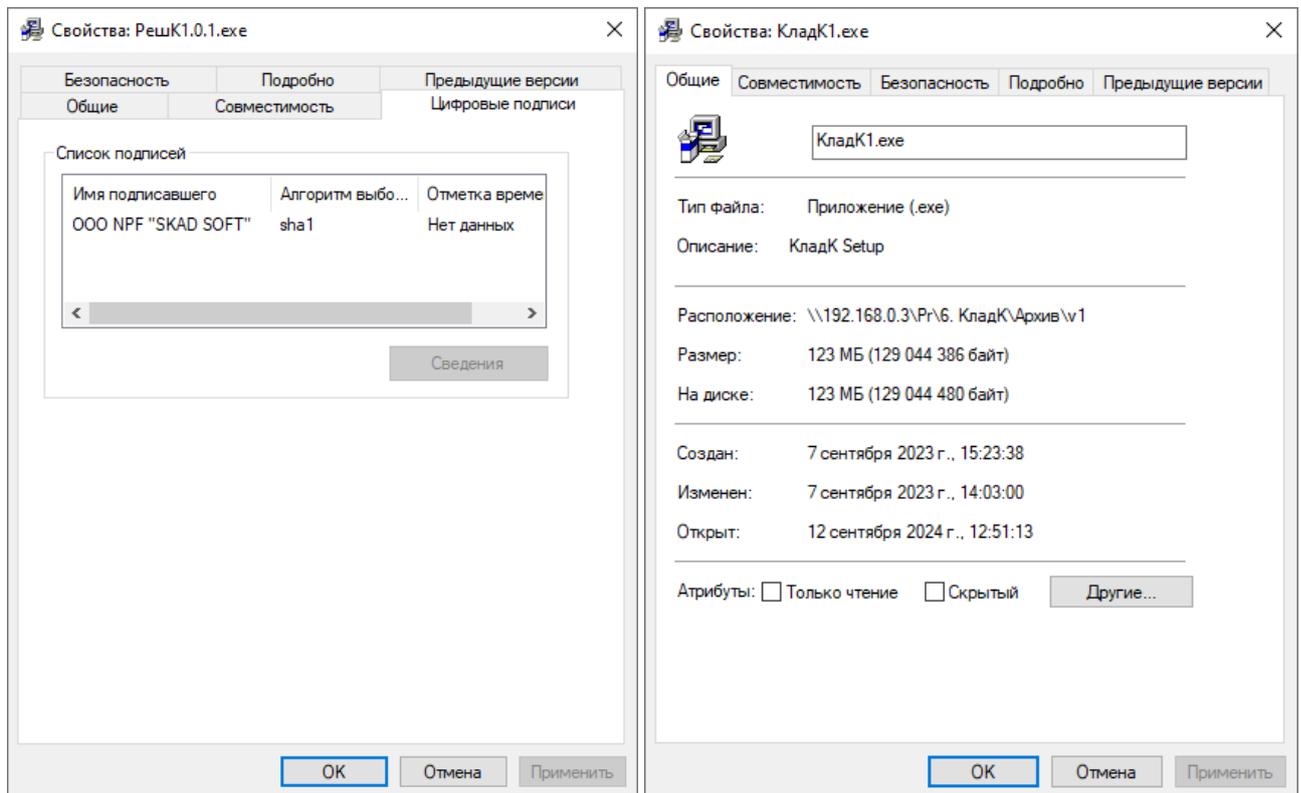
Оглавление

1	Протокол проверки.....	2
2	Контрольные тесты для плагина BrickWalls.....	7
2.1	Расчет несущего простенка внешней стены (группа № 11) толщиной 510 мм на первом этаже	7
2.2	Расчет несущего простенка внешней стены (группа № 11) толщиной 510 мм на среднем (8-м) этаже	26
2.3	Расчет несущего простенка внешней стены (группа № 11) толщиной 510 мм на верхнем (15-м, чердачном) этаже	43
2.4	Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 510 мм на первом этаже при опирании плит перекрытия с двух сторон	61
2.5	Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 510 мм и 380 мм на среднем (4-м) этаже при опирании плит перекрытия с двух сторон с учетом эксцентриситета от изменения толщины стен ниже перекрытия.....	76
2.6	Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 380 мм на среднем (12-м) этаже при опирании плит перекрытия с двух сторон с учетом эксцентриситета от изменения толщины стен в уровне перекрытия.....	89
2.7	Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 250 мм на среднем (13-м) этаже при опирании плит перекрытия с двух сторон.....	102
2.8	Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 250 мм на верхнем (15-м, чердачном) этаже при опирании плит покрытия с двух сторон	116
2.9	Расчет ненесущего простенка внешней стены (группа № 44) толщиной 510 мм на первом этаже	126
2.10	Расчет ненесущего простенка внешней стены (группа № 44) толщиной 510 мм на среднем (8-м) этаже	144
	среднем (8-м) этаже	144
2.11	Расчет ненесущего простенка внешней стены (группа № 44) толщиной 510 мм на последнем (15-м, чердачном) этаже	157
3	Контрольные тесты для плагина BrickBiaxialStrength	176
3.1	Тестовая модель BrickBiaxialStrength_Testing.SPR	176
3.1.1	Двухосное сжатие	176
3.1.2	Двухосное растяжение.....	177
3.1.3	Срез по неперевязанному сечению	179
3.1.4	Срез по перевязанному сечению	181
3.1.5	Главные растягивающие напряжения (ГРН).....	182
3.1.6	Подбор армирования на действие ГРН	184
3.2	Тестовая модель Модель_1_kred=0.8-BBS.SPR.....	185
3.3	Тестовая модель Модель_1_kred=0.8-BBSH.SPR	188

1 Протокол проверки

Окончательную проверку перед выпуском дистрибутива выполнять на полноценной (не тестовой лицензии) на том дистрибутиве, который будет передаваться пользователям!

1.1 Проверить наличие цифровой подписи (через правую кнопку – на рис. ниже слева цифровая подпись есть, а справа нет).



1.2 Произвести деинсталляцию, выполненной ранее установки

%ALLUSERSPROFILE%\SCAD Soft\Plugins\КладК Uninstall.exe и убедиться, что по адресу **%ALLUSERSPROFILE%\SCAD Soft\Plugins** нет следующих файлов и папок (если есть, то удалить):

- **KladKdoc** (папка);
- **grdcontrol-3.15.msi** (файл)
- **license_wizard.exe** (файл);
- **КладК Uninstall.exe** (файл);
- **КладК Uninstall.ini** (файл),

по адресу **%ALLUSERSPROFILE%\SCAD Soft\Plugins\PreProcessor** нет следующих папок (если есть, то удалить):

- **0_OpenPluginsFolderPre;**
- **BrickBiaxialStrengthPre;**
- **BrickRebarPre;**
- **BrickReductionPre;**
- **BrickWallPre,**

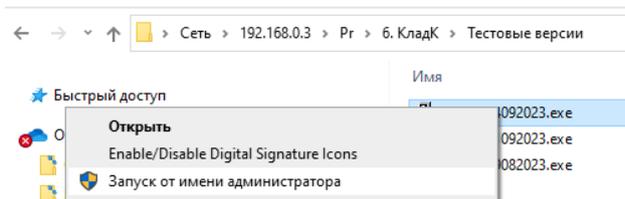
по адресу **%ALLUSERSPROFILE%\SCAD Soft\Plugins\PreProcessor** нет следующих папок (если есть, то удалить):

- **0_OpenPluginsFolderPost;**
- **BrickBiaxialStrengthPost;**
- **BrickReductionPost;**
- **BrickWallPost.**

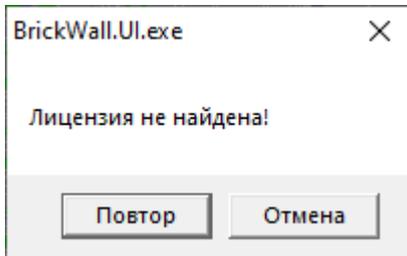
1.3 При необходимости (в случае, если меняются защита) получить у Булгакова сериный номер для новой лицензии.

1.4 По адресу **%ALLUSERSPROFILE%\Guardant\DL\Licenses** удалить локальную лицензию (или временно перенести ее в другую папку).

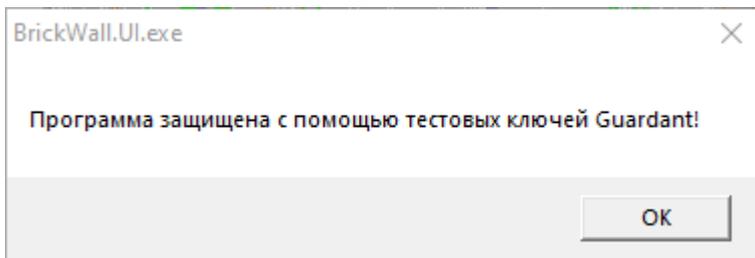
1.5 Выполнить установку от имени администратора.



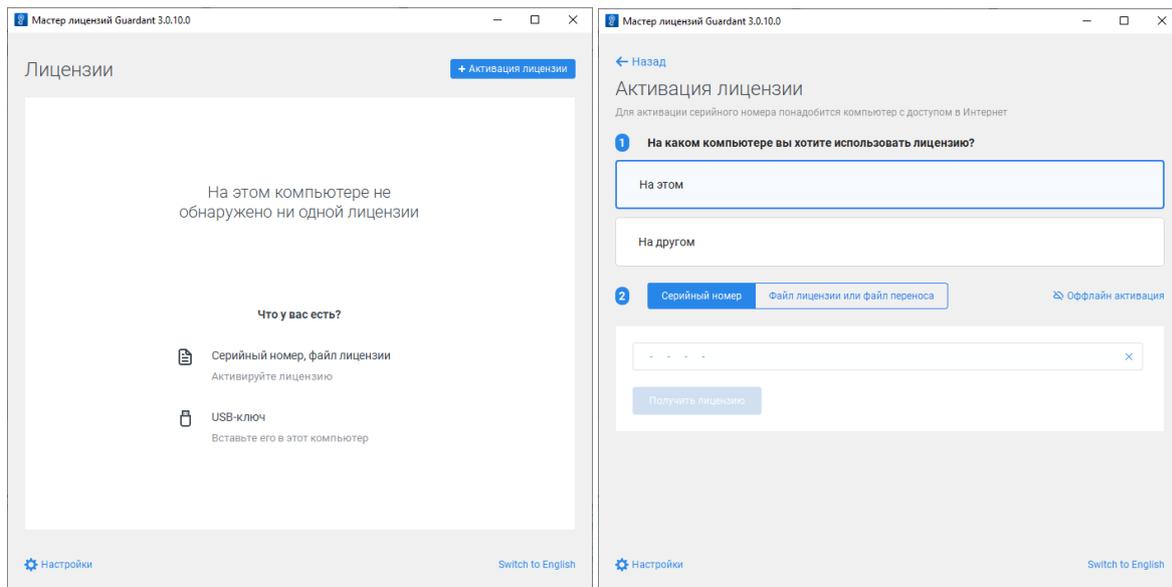
1.6 Отключить сетевой провод (чтобы не использовалась сетевая лицензия) и проверить, что без лицензии в разделе **Расчетная схема** плагин **BW** не запускается (например на модели %ALLUSERSPROFILE%\SCAD Soft\Plugins\KladKdoc\Тестовые модели\Модель_1_kred=0.8.SPR).



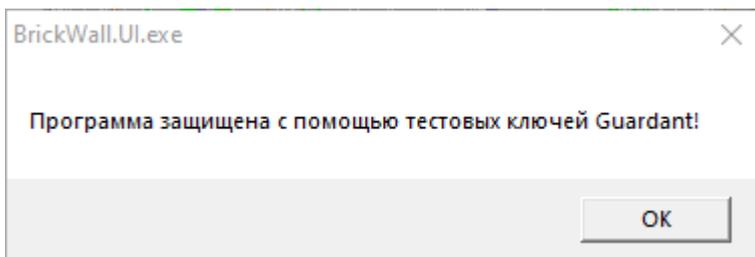
1.7 Подключить сетевой провод и проверить работу с сетевой лицензией.



1.8 Активировать локальную лицензию (ввести серийный номер).



1.9 Отключить сетевой провод и проверить работу с локальной лицензией.

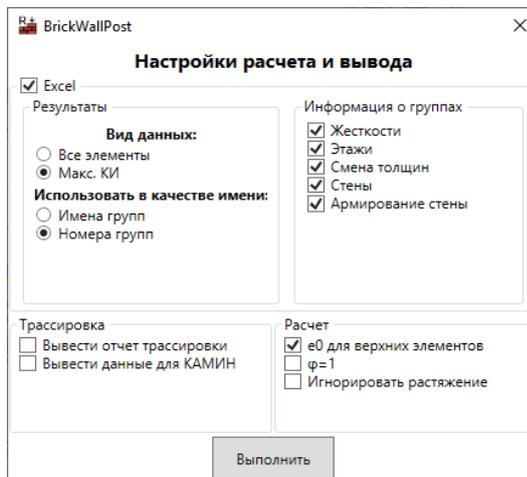


1.10 Выполнить расчет следующих моделей, находящихся в папке **Протокол проверки**:

- **Модель_1_kred=0.8.SPR;**
- **Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR;**
- **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR;**

- **Вариация.VPR (перед запуском на расчет, если все остальные указанные выше файлы открыты в других окнах, то их закрыть).**

1.11 Проверить время расчета плагина **BWPost** для файла **Вариация.VPR** из тестового комплекта (при применении защиты в случае установки параметров по умолчанию может быть применена обфускация и существенное увеличение времени расчета). Для проверки перейти в раздел **Расчетная схема**, активировать панель **Расширения** (меню **Вид**), нажать на кнопку  и запустить на расчет со следующими параметрами



Время расчета записывается в файл

`%ALLUSERSPROFILE%\SCAD Soft\Plugins\PreProcessor\BrickWallPre\dll\Logs\log.txt` и для компьютера с параметрами **11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-1155G7 @ 2.50GHz 2.50 GH** временные показатели выполнения должны быть примерно следующими:

- Время выполнения расчета: 01:15:33.3908598;
- Время заполнения отчетов: 00:15:12.188562.

При существенном увеличении (более чем в 1,5 раза) провести сборку дистрибутива заново, выполнив контроль отсутствия обфускации.

Если менялась только защита, перекомпиляция не выполнялась и все приведенные далее тесты были выполнены с использованием тестовой лицензии, то выполнять п. 1.11 – 1.18 нет необходимости

1.12 Выполнить сравнение полученных результатов с результатами контрольных тестов, приведенных в разделе 2 настоящего документа в следующем порядке:

1. с таблицами 2.1.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.4.1, 2.6.1, 2.7.1, 2.8.1, 2.9.1, 2.10.1, 2.11.1;
2. по табл. 2.5.1 проверка выполняются по модели **Модель_1_kred=0.8_test_dh.SPR**;
3. выполнить сравнение с трассировками для КАМИНа (то что выделено синим цветом в п. 2.1-2.6, 2.7-2.11).

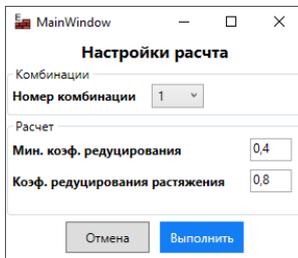
Если контрольные тесты не сходятся с текущими результатами более чем на 3 % – выяснить причину.

1.13 Выполнить сравнение результатов расчета плагином **BBS** модели **BrickBiaxialStrength_Testing.SPR**, размещенной в папке **Протокол проверки** с результатами расчета, приведенным в разделе 3.1 настоящего документа.

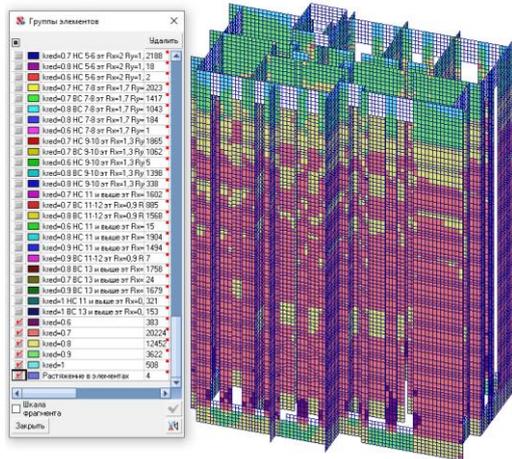
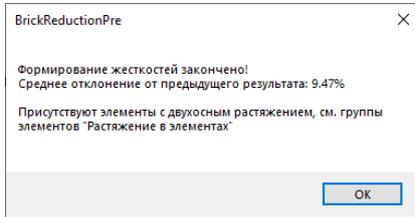
1.14 Выполнить сравнение результатов расчета плагином **BBS** группы элементов № 108 «Стены для BBS и BR» модели **Модель_1_kred=0.8-BBS.SPR**, размещенной в папке **Протокол проверки** с результатами расчета, приведенным в разделе 3.2 настоящего документа.

1.15 Выполнить сравнение результатов расчета плагином **BBS** группы элементов № 108 «Стены для BBS и BR» модели **Модель_1_kred=0.8-BBSH.SPR**, размещенной в папке **Протокол проверки** с результатами расчета, приведенным в разделе 3.3 настоящего документа.

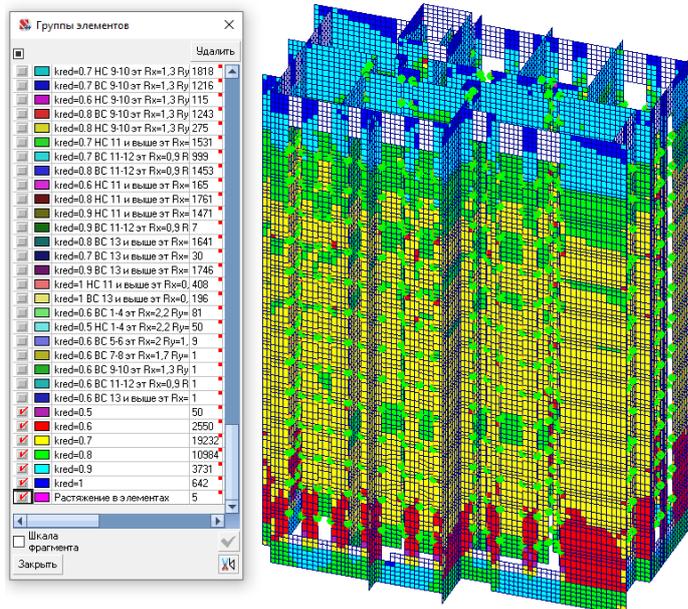
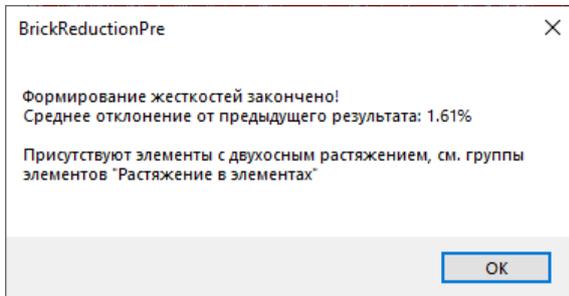
1.16 Выполнить проверку получения плагином **BR** модели № 2 из модели **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR**, размещенной в папке **Протокол проверки** с приведенными далее результатами. Расчет выполнять для группы № 108 «Стены для BBS и BR» по комбинации № 1.



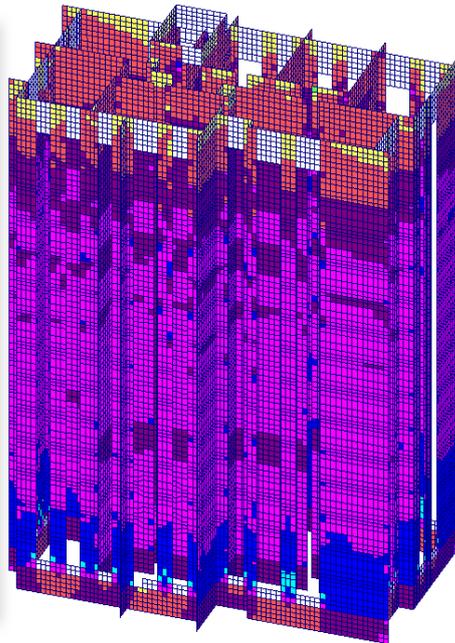
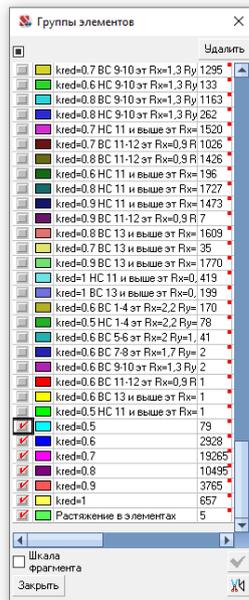
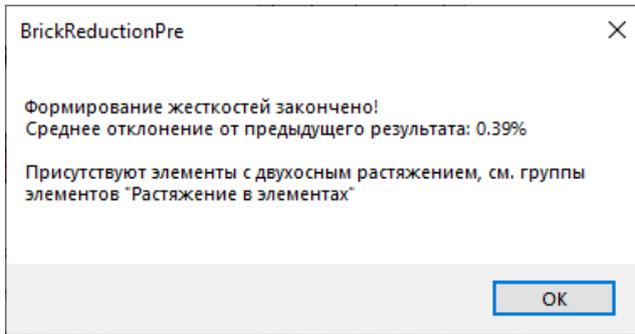
Итерация 1



Итерация 2



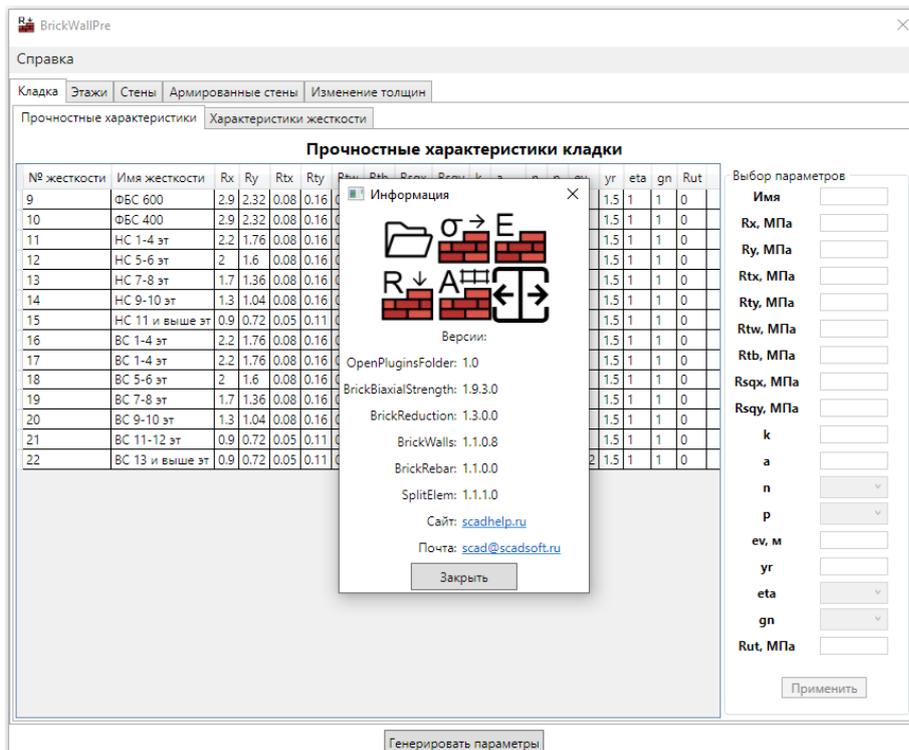
Итерация 3



1.17 Для модели **Модель_1_kred=0.8** для теста ввода ИД.SPR выполнить проверку задания всех исходных с помощью плагина **BR** по исходным данным модели **Модель_1_kred=0.8.SPR**

1.18 Для модели из п. 1.9 выполнить задание армирования плагинов **BRb**.

1.19 Проверить соответствие номеров версий в справке номерам версий, указанных в руководствах.



2 Контрольные тесты для плагина BrickWalls

2.1 Расчет несущего простенка внешней стены (группа № 11) толщиной 510 мм на первом этаже

Расчет выполнен для группы элементов № 11 (рис. 2.1.1), которая соответствует простенку № 16 примера из пособия [8] с использованием следующих прилагаемых файлов **SCAD++**:

- **Вариация.VPR;**
- **Модель_1_kred=0.8.SPR;**
- **Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR;**
- **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR.**

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.1.2.

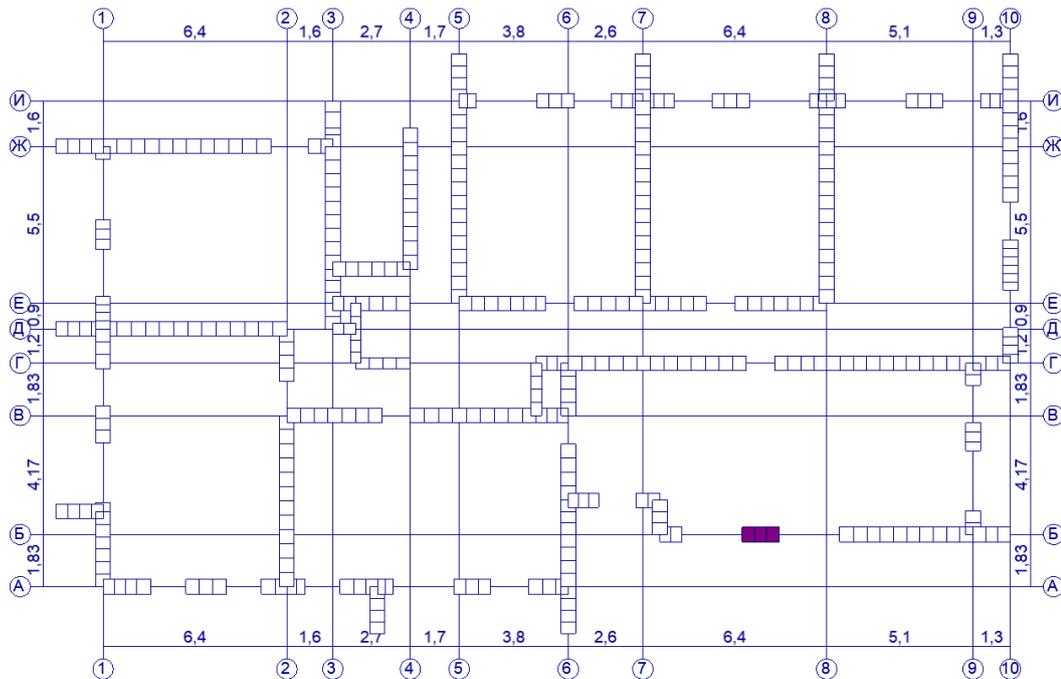


Рис. 2.1.1 – Расположение рассматриваемого участка стены на плане

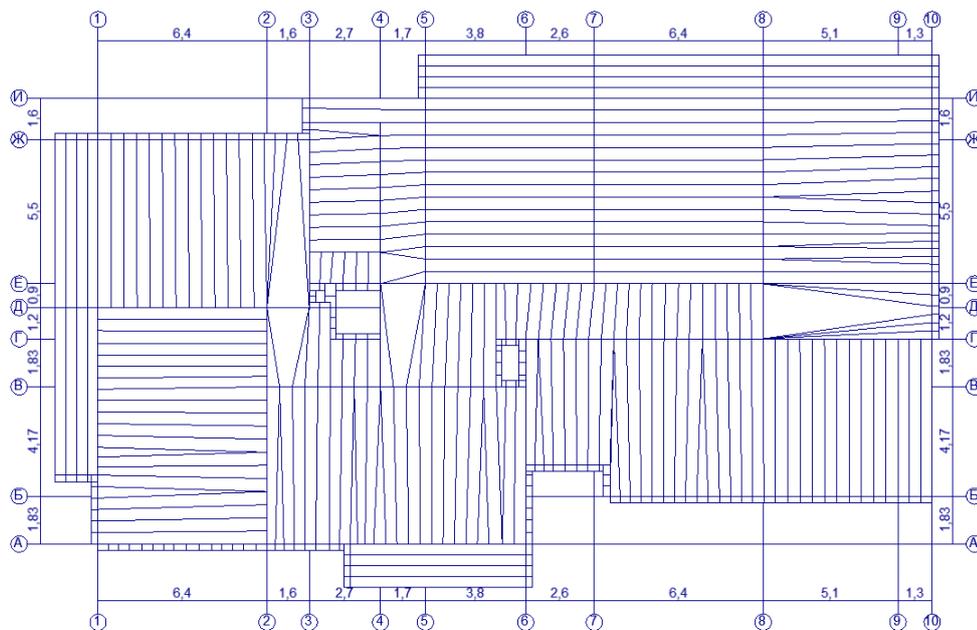


Рис. 2.1.2 – Схема опирания перекрытий

На рис. 2.1.3 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCU в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

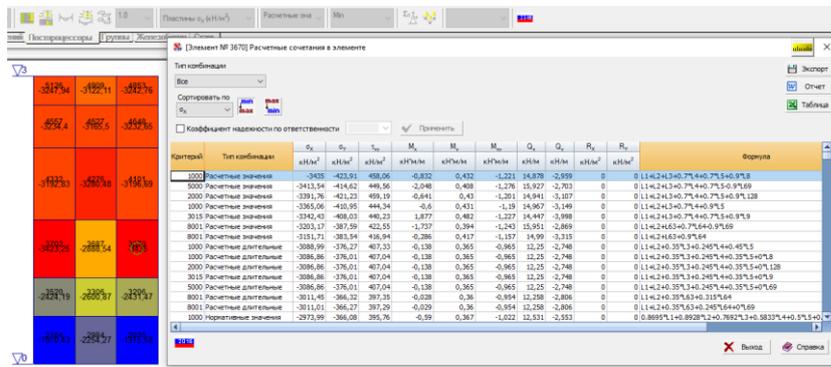


Рис. 2.1.3 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCU (σ_x)

Из рис. 2.1.3 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения в несущем простенке приняты полностью по модели 1 (для рассмотренного элемента ветер по X в модели 1 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль Y).

По результатам расчета в примере приложения 8 пособия [8] (см. табл. 3.1.3 настоящих рекомендаций) максимальное напряжение в рассматриваемом простенке (№ 16 на первом этаже) составило 2710 кН/м². Среднее напряжение по результатам расчета $(3423,25+2888,54+3435)/3=3249$, что больше в $3249/2710=1,2$ раза по сравнению результатами из примера в пособии [8].

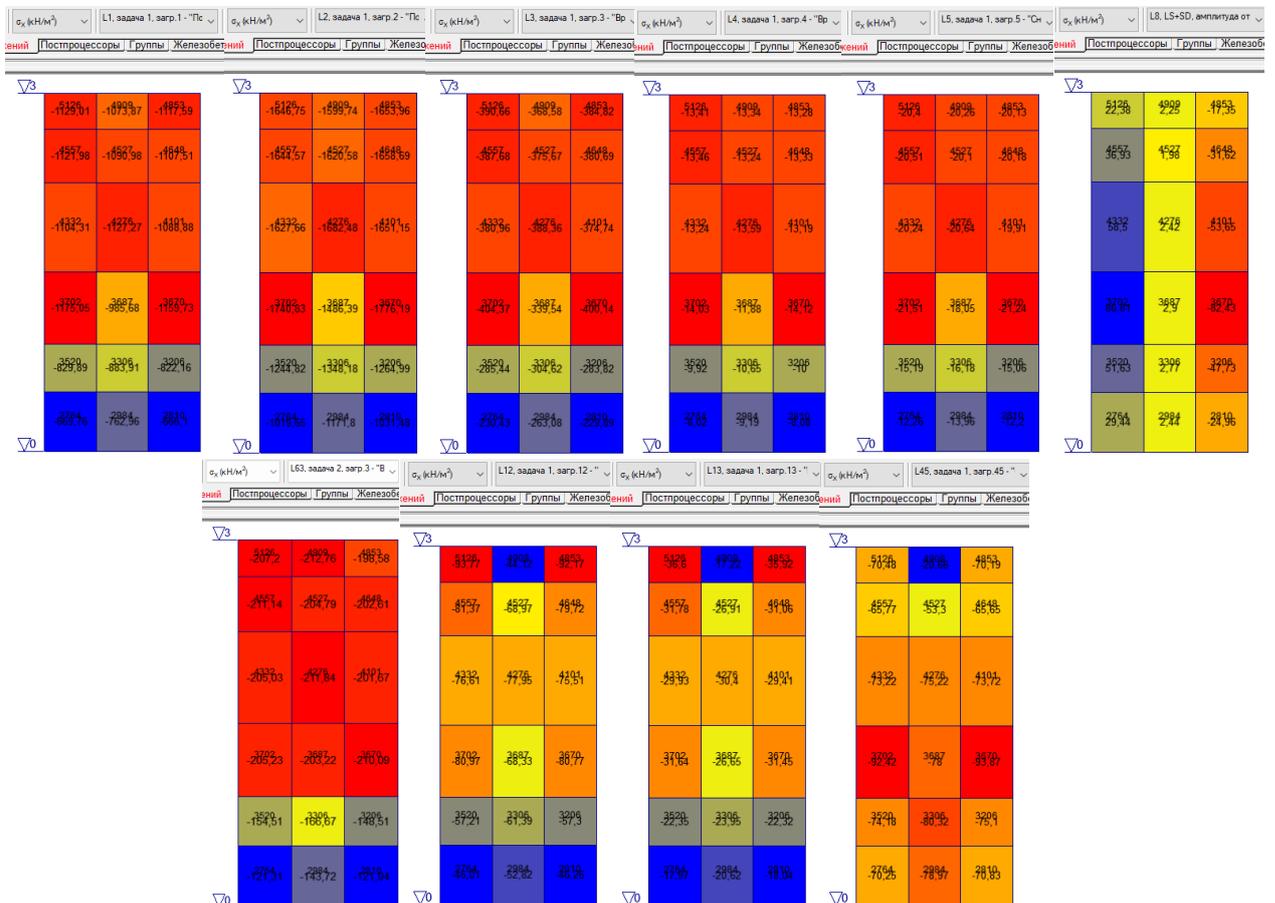


Рис. 2.1.4 – Необходимые для расчета напряжения

На рис. 2.1.4 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_1 по загрузению «L1, задача 1, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 1);
- σ_2 по загрузению «L2, задача 1, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 1);
- σ_3 по загрузению «L3, задача 1, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 1);
- σ_4 по загрузению «L4, задача 1, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 1);
- σ_5 по загрузению «L5, задача 1, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 1);
- σ_8 по загрузению «L8, задача 1, загр. 8 – полная ветровая нагрузка вдоль X» (Модель № 1);
- σ_{63} по загрузению «L63, задача 2, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 3);

- σ_{qp} по загрузке «L12, задача 1, загр. 12 – постоянные нагрузки на перекрытие на отм. +3.000» (Модель № 1, вспомогательное нагружение);
- σ_{qt} по загрузке «L13, задача 1, загр. 13 – временные нагрузки на перекрытие на отм. +3.000» (Модель № 1, вспомогательное нагружение);
- σ_{xfw} по загрузке «L45, задача 1, загр. 45 – собственный вес стен в отметка 0-3» (Модель № 1, вспомогательное нагружение).

Поскольку опирание плит перекрытий с одной стороны, то коэффициенты приведения эксцентриситета $k_p=k_t=1$.

Коэффициент, учитывающий снижение временной нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3])

$$\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1 - 0,4) / 13^{0,5} = 0,566.$$

Согласно п. 9.14 [1] при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления, допускается принимать расстояние от точки приложения опорной реакции прогонов, балок или настила до внутренней грани стены или опорной плиты равным одной трети глубины заделки, но не более 7 см.

Соответственно $e_1 = \max(0,5h - b/3; 0,5h - 0,07)$ м, где h – толщина стены, b – ширина опирания плиты.

При $b=0,12$ м и $h=0,51$ м $e_1 = \max(0,5 * 0,51 - 0,12/3; 0,5 * 0,51 - 0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м.

Соответственно для схемы в программе **КАМИН** (рис. 2.1.6 и 2.1.7):

- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = 3435 - 1 * 400,14 + 0,566 * 1 * 400,14 = 3261,34$ кН/м² (пояснение про коэффициенты $k_{ts,rsu}$ и $k_{p,rsu}$ см. ниже);
- $N = h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \sigma_{xfw}) = 0,51 * (3261,34 - 1 * 80,77 - 0,566 * 1 * 31,45 - 93,87) = 1565,14$ кН/м;
- поскольку стена толщиной 510 > 300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt} = 1 * 1 * 80,77 + 1 * 1 * 31,45 = 112,22$ кН/м²;
- $M_3 = h\sigma_{x1}e_1 = 0,51 * 112,22 * 0,215 = 12,305$ кНм/м;
- $N_3 = h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = 0,51 * (1 * 80,77 + 1 * 1 * 31,45) = 57,23$ кН/м;
- проверка по грузовой площади $N_3 = (5 + 1,95) * (6/2) * (0,5 * 2,1 + 1,29 + 0,5 * 2,1) / 1,29 = 54,79$ кН/м (5 кН/м² и 1,95 кН/м² – постоянная и временная нагрузка на перекрытие, 6 м – размер пролета, 2,1 м – размер проема слева и справа, 1,29 м – ширина простенка);
- $E_3 = \frac{M_3}{N_3} = 12,305 / 57,23 = 0,215$ м.

Пояснения к определению коэффициентов $k_{ts,rsu}$ и $k_{p,rsu}$ при расчете σ_{xs} , N , σ_{x1} , N_3 в плагине **BrickWalls** при отключенном чекбоксе $\varphi=1$ в окне настроек расчета:

- $k_{ts,rsu} \geq 1$, то $k_{t,rsu} = k_{ts,rsu}$ ($k_{ts,rsu}$ – коэффициент сочетания в РСУ);
- если для временной нагрузки $0 < k_{ts,rsu} < 1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (так сделано из-за того, что РСУ в **SCAD++** определяются по критериям максимальных напряжений по поверхностям элементов, из-за чего в некоторых случаях для напряжений по срединной плоскости появляются понижающие коэффициенты);
- если нагружение с номером L_t в РСУ не обнаружено (или $k_{ts,rsu} = 0$), то $k_{t,rsu} = 0$;
- если $-1 < k_{ts,rsu} < 0$, то $k_{t,rsu} = -1$;
- $k_{ts,rsu} \leq 1$, то $k_{t,rsu} = k_{ts,rsu}$;
- $k_{p,rsu}$ принимается по фактическому значению коэффициента в РСУ ($k_{p,rsu} < 1$ возможен в случаях, когда через столбец К1 учитывается коэффициент надежности $\gamma_f=0,9$).

При включенном чекбоксе $\varphi=1$ в окне настроек расчета $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy}$, N , σ_{x1} , N_3 рассчитываются также как и при отключенном чекбоксе $\varphi=1$.

Ветровое давление принято с учетом коэффициента 1,72, равного отношению максимальных перемещений от полного ветра к максимальным перемещениям от статического ветра (см. п. 3.2).

Приведенное ветровое давление на простенок с учетом нагрузки от окон:

- напор $0,265 * 1,72 * (1,29 + 2,1/2 + 2,1/2) / 1,29 = 1,20$ кН/м² (0,265 кН/м² статическая часть ветровой нагрузки согласно рис. 2.4.1, 1,29 м – ширина простенка, 2,1 м – ширина примыкающих к простенку проемов) в исходных данных для плагина **BrickWalls** в группе для 8-го этажа № 81 давление от ветра задано $w = 0,265 * 1,72 = 0,46$ кН/м²;
- отсос $0,166 * 1,72 * (1,29 + 2,1/2 + 2,1/2) / 1,29 = 0,75$ кН/м².

Исходные данные для программы «КАМИН» (рис. 2.1.8 и 2.1.9), выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам простенка между отметкам 0,000 и +3,000 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Наружная стена», «Армированная наружная стена», «Стена подвала», «Армированная стена подвала» программы КАМИН

-----Группа элементов № 11, имя группы «11», этаж «1 эт 0-3»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 3670

Козф. использования $a_1 = 1,53$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Кэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=1,21$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)=57,23263 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э$ ($E_п$)=0,215 м

Кэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=1593,99$ кН/м

Кэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании:

- Тип сетки: Прямоугольные;
- Класс арматуры: А240;
- Диаметр: 6 мм;
- Шаг стержней в сетках: 60 мм;
- Расстояние между сетками: 162 мм.

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-3261,5$ кН/м² от РСУ $L_1+L_2+0,566*L_3+0,7*L_4+0,7*L_5+0,9*L_8$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=0,566$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 12) $\text{sqp}=-80,76962$ кН/м²

Кэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_p\text{rsu}=1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 13) $\text{sqт}=-31,45122$ кН/м²

Кэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № 13) $f_i*kt\text{rsu}=0,566$ (если $kt\text{rsu}\leq-1$, то $kt\text{rsu}=kt\text{rsu}$, если $-1<kt\text{rsu}<0$, то $kt\text{rsu}=-1$, если $0<kt\text{rsu}<1$, то $kt\text{rsu}=1$, если $kt\text{rsu}\geq 1$, то $kt\text{rsu}=kt\text{rsu}$)

Кэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Кэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $kt=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э$ $sx_1=k_p*k_p\text{rsu}*sqп+kt*f_i*kt\text{rsu}*sqт/f_i=-112,22084$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=1,8$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Кэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=1,2098$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э=1*B*sx_1*E_1=-12,30502$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)= $1*(k_p\text{rsu}*sqп+kt*f_i*kt\text{rsu}*sqт/f_i)*B=57,23263$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э=M_э/N_э=-0,215$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{гэ}$ ($N_{гп}$)= $1*(d_p*k_p\text{rsu}*sqп+dt*kt*f_i*kt\text{rsu}*sqт/f_i)*B=46,81$ кН/м (d_p и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для N_3 ($N_{п3}$)= $N_{г3}/N_3$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N=-1*(\text{Sig_xs}-k_p\text{rsu}*\text{sqrt}(f_i*k_t\text{rsu}*\text{sqrt}(x*g)))*B=1593,99$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g=-1*(\text{Sig_xgs}-d_p*k_p\text{rsu}*\text{sqrt}(d_t*f_i*k_t\text{rsu}*\text{sqrt}(x*g)))*B=-63,47$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : N_g/N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- в исходных данных для группы элементов № 11 параметры $k_p=k_t=1$;
- в исходных данных для группы этажа № 81 параметры $n=13$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4+(1-0,4)/13^{0,5}=0,566$ ($n=13$);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -3435-1*-400,14+0,566*1*-400,14 = -3261,34$ кН/м² ($\text{Sig_xs} = -3261,5$ кН/м²), так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. выше);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \gamma x) = -0,51*(-3261,34-1*-80,77-0,566*1*-31,45+20,8*1,8) = 1593,92$ кН/м ($N=1593,99$ кН/м).
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt} = 1*1*-80,77+1*1*-31,45 = -112,22$ кН/м²;
- $(s_x1 = k_p*k_p\text{rsu}*\text{sqrt}(k_t*f_i*k_t\text{rsu}*\text{sqrt}(f_i)) = -112,22084$ кН/м²);
- $M_3 = h\sigma_{x1}e_1 = 0,51*-112,22*0,215 = -12,305$ кНм/м ($M_3 = 1*B*s_x1*E_1 = -12,30502$ кН*м);
- $N_3 = -1 * h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = -0,51*(1*-80,77+1*1*-31,45) = 57,23$ кН/м (N_3 ($N_{п3} = 38,09438$ кН/м);
- $E_3 = \left| \frac{M_3}{N_3} \right| = 12,305/57,23 = 0,215$ мм (E_3 ($E_{п3} = 0,215$ м).

По максимальному коэффициенту a_3 (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 4853

Козф. использования $a_3 = 0,101$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=1,21$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_3 ($N_{п3}$)= $55,12456$ кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену E_3 ($E_{п3}$)= $0,215$ м

Коэффициент длительной части для N_3 ($N_{п3}$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=655,85$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании:

- Тип сетки: Прямоугольные;
- Класс арматуры: A240;
- Диаметр: 6 мм;
- Шаг стержней в сетках: 60 мм;
- Расстояние между сетками: 162 мм.

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig_xs} = -1381,61$ кН/м² от РСУ $-0,9*L_8+0,783*L_{61}+0,804*L_{62}+0,566*L_{63}+0,7*L_{64}+0,7*L_{65}$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=0,566$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig_xgs} = 0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 12) $\text{sqrt} = -92,16511$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_p\text{rsu} = 0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 13) $\text{sqrt} = -35,92209$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № 13) $f_i*k_t\text{rsu} = 0,566$ (если $k_t\text{rsu} \leq -1$, то $k_t\text{rsu} = k_t\text{rsu}$, если $-1 < k_t\text{rsu} < 0$, то $k_t\text{rsu} = -1$, если $0 < k_t\text{rsu} < 1$, то $k_t\text{rsu} = 1$, если $k_t\text{rsu} > 1$, то $k_t\text{rsu} = k_t\text{rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_e s_{x1}=k_p*k_p_{rsu}*sq+kt*fi*kt_{rsu}*sq/ fi=-108,08737$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,15$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=1,2098$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_e=1*B*s_{x1}*E_1=-11,85178$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_e ($N_{п}$)=
 $1*(k_p*rsu*sq+kt*fi*kt_{rsu}*sq/ fi)*B=55,12456$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_e=M_e/N_e=-0,215$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок N_{ge} (N_{gp})=
 $1*(dp*k_p*rsu*sq+dt*kt*fi*kt_{rsu}*sq/ fi)*B=43,22$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для N_e ($N_{п}$)= N_{ge}/N_e не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N=-1*(Sig_{xs}-k_p*rsu*sq-dt*fi*kt_{rsu}*sq+x*g)*B=655,85$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g=-1*(Sig_{xgs}-dp*k_p*rsu*sq-dt*fi*kt_{rsu}*sq+x*g)*B=-42,03$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : N_g/N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

PCU для элемента № 4853, соответствующие $Sig_{xs}=-1381,61$ приведены на рис. 2.1.5.

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН/м	M_y кН/м	M_z кН/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
8003	Расчетные длительные	-1451,6	-159,49	-45,9	1,511	0,505	-0,749	8,881	-10,631	0	0	0 0,315%+4+0,35%*L8+0,7826*L121+0,8035%L122
8003	Расчетные длительные	-1454,08	-159,77	-45,91	1,512	0,506	-0,749	8,881	-10,63	0	0	0 0,35%+4+0,45%*L8+0,7826*L121+0,8035%L122
12090	Нормативные значения	-1458	-160,12	-47,6	1,875	0,562	-0,932	11,195	-13,329	0	0	0 0,6805%L121+0,7174%L122+0,7892%L122+0,5833%L124+0,6428%L125
12000	Расчетные значения	-1460,55	-160,45	-50,94	2,127	0,433	-1,123	12,602	-16,925	0	0	0 0,5+0,7826*L61+0,8035*L62+0,9*L63+0,7*L64+0,7*L65
12075	Нормативные длительные	-1462,52	-164,46	-50,75	1,818	0,586	-0,898	10,662	-13,041	0	0	0 0,7*L8+0,8695*L61+0,8928*L62+0,1884*L123+0,2625*L124+0,3571*L125
2000	Нормативные длительные	-1465,92	-196	-30,4	1,857	0,593	-0,918	10,904	-13,332	0	0	0 0,7*L8+0,8695*L61+0,8928*L62+0,2423*L63+0,25*L65
12045	Расчетные значения	-1466,38	-193,6	-29,78	2,209	0,498	-1,02	13,174	-14,947	0	0	0 0,9+0,7826*L61+0,8035*L62+0,9*L63+0,7*L64+0,7*L65
12000	Нормативные длительные	-1467,15	-196,16	-30,41	1,857	0,594	-0,918	10,904	-13,333	0	0	0 0,7*L8+0,8695*L61+0,8928*L62+0,2423*L63+0,2041*L64+0,25*L65
12045	Нормативные длительные	-1467,15	-196,16	-30,41	1,857	0,594	-0,918	10,904	-13,333	0	0	0 0,7*L8+0,8695*L61+0,8928*L62+0,2423*L63+0,2041*L64+0,25*L65
8004	Расчетные значения	-1467,71	-203,98	-50,79	2,246	0,706	-1,028	14,998	-17,675	0	0	0 -0,9*L8+0,7826*L61+0,8035*L62+0,65+0,7*L64+0,7*L65
8003	Расчетные значения	-1471,77	-161,77	-45,97	1,512	0,509	-0,751	8,878	-10,621	0	0	0 1+0,9*L8+0,7826*L61+0,8035*L122
2000	Нормативные длительные	-1471,95	-196,8	-30,56	1,877	0,598	-0,928	11,026	-13,476	0	0	0 0,8695*L61+0,8928*L62+0,2692*L63+0,3214*L65
8004	Нормативные длительные	-1472,5	-196,87	-30,56	1,877	0,598	-0,928	11,025	-13,476	0	0	0 0,7*L8+0,8695*L61+0,8928*L62+0,2692*L63+0,2041*L64+0,25*L65
12000	Нормативные длительные	-1473,18	-196,96	-30,56	1,877	0,598	-0,928	11,025	-13,476	0	0	0 0,8695*L61+0,8928*L62+0,2692*L63+0,2041*L64+0,3214*L65
2000	Расчетные значения	-1476,6	-188,49	-23,71	2,051	0,584	-1,14	11,492	-13,96	0	0	0 0,8+0,7826*L61+0,8035*L62+0,9*L63+0,7*L65

Рис. 2.1.5 – PCU для элемента № 4853, соответствующие Sig_{xs}

Тестовая проверка и пояснения:

- по комбинации РСУ $-0,9*L8+0,783*L61+0,804*L62+L63+0,7*L64+0,7*L65$
 $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} = -1467,71 - 1* -198,58 + 0,566*1* -198,58 = -1381,53$ кН/м²
 $(Sig_{xs} = -1381,61$ кН/м²), так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 63 $k_{ts,rsu}=1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. выше), по параметру $L=3$ в группе этажа № 82 плагин BrickWalls идентифицирует, что в режиме **Вариация моделей** коэффициент φ необходимо применить к загрузке № 63 (№ 3 в Модели № 2);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \gamma x) = -0,51*(-1381,61 - 0,7826*-92,17 - 0,566*1* -35,92 + 20,8*0,15) = 655,87$ кН/м, ($N=655,85$ кН/м);
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,7826*-92,17 + 1*1*-35,92 = -108,05$ кН/м²;
- $(s_{x1} = k_p * k_p_{rsu} * sq + k_t * fi * k_{t,rsu} * sq / fi = -108,08737$ кН/м²);
- $M_3 = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 * -108,09 * 0,215 = -11,85$ кНм/м ($M_e = 1 * B * s_{x1} * E_1 = -11,85178$ кН*м);
- $N_3 = -1 * h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51 * (0,7826 * -92,17 + 1 * 1 * -35,92) = 55,11$ кН/м (N_e ($N_{п}$) = 55,12456 кН/м);
- $E_3 = \left| \frac{M_3}{N_3} \right| = 11,85 / 55,11 = 0,215$ мм (E_e ($E_{п}$) = 0,215 м).

Исходные данные и результаты расчета в программе КАМИН приведены на рис. 2.1.6 – 2.1.9.

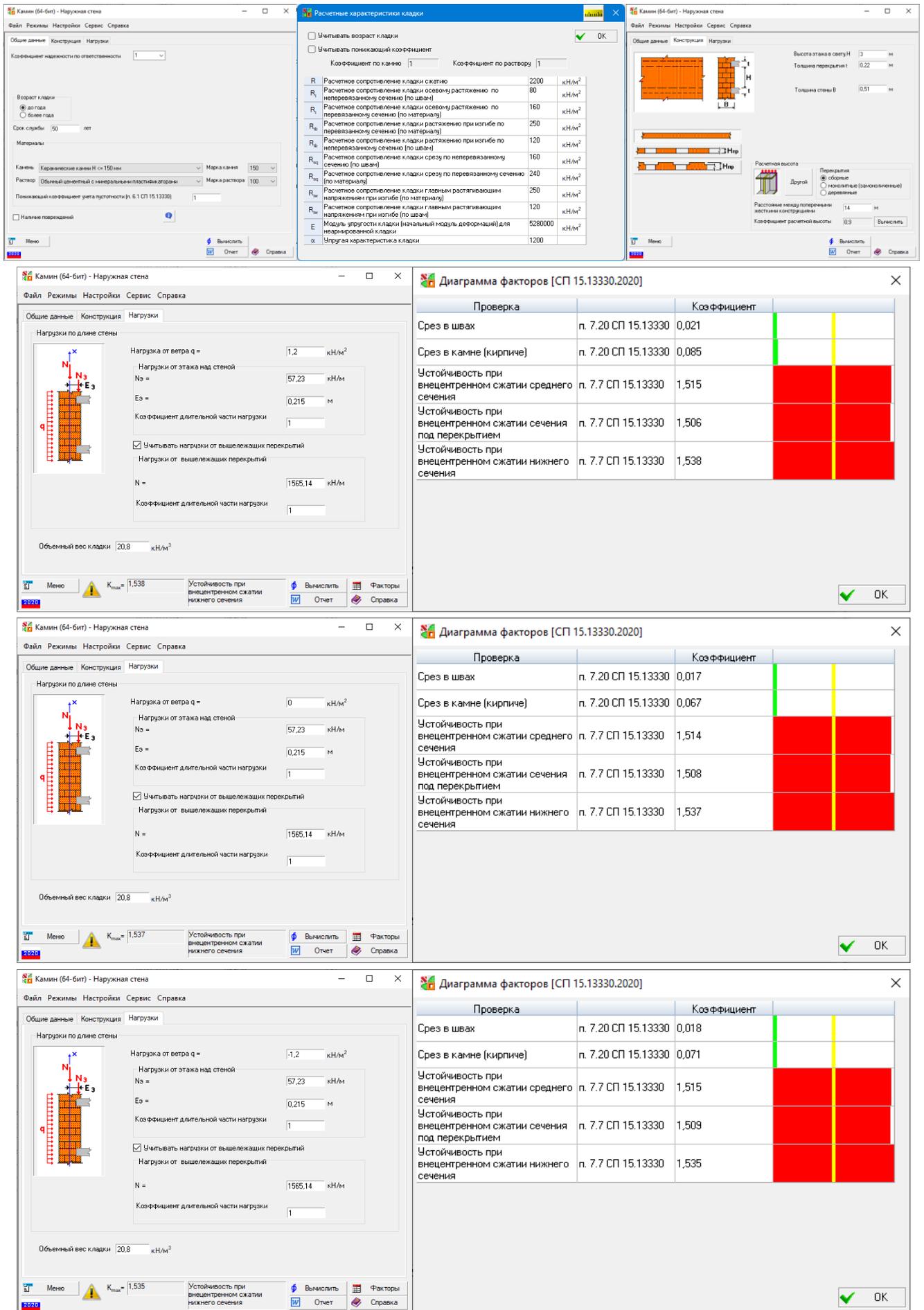


Рис. 2.1.6 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе KAMIN без армирования при ручном определении исходных данных по результатам расчета в SCAD++

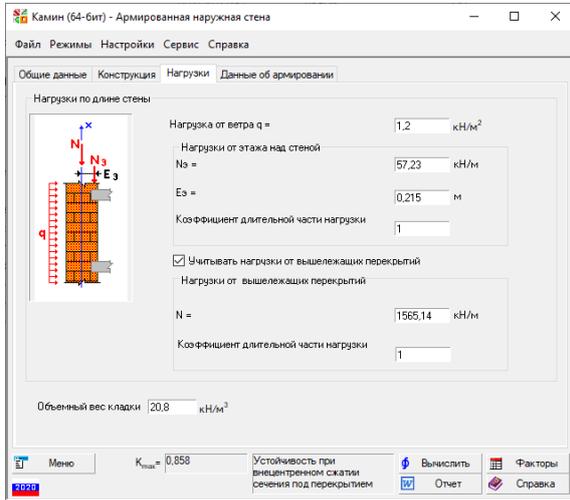
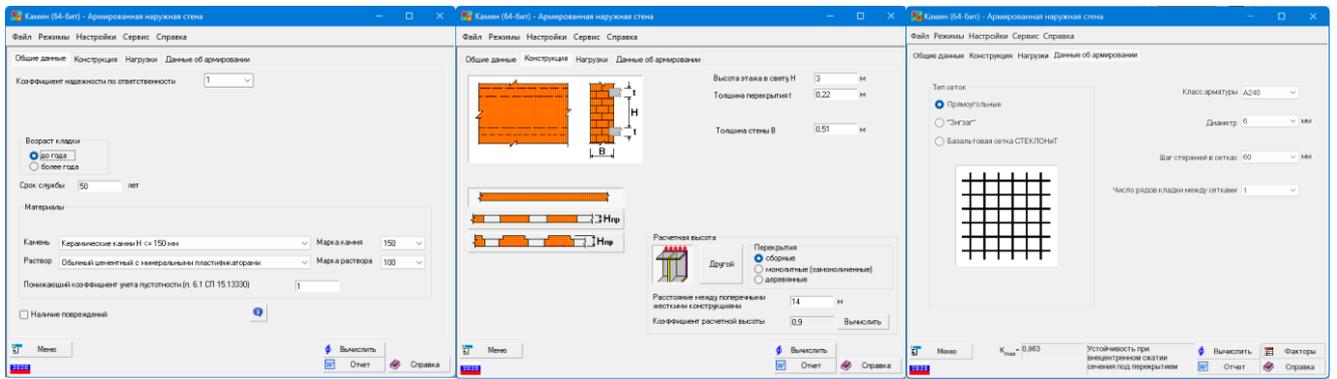


Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,021
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,085
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,842
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,853
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,858

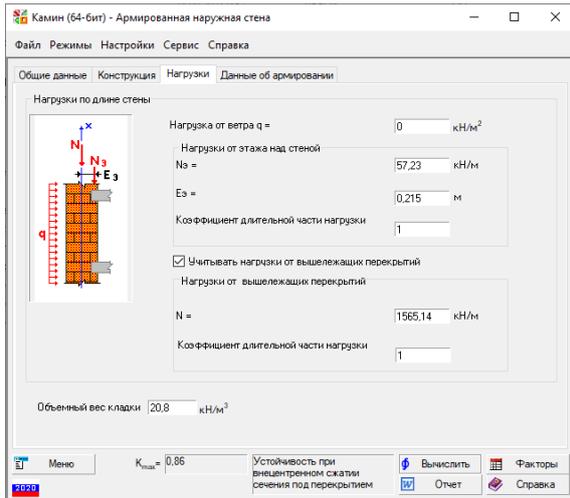


Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,017
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,067
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,84
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,851
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,86

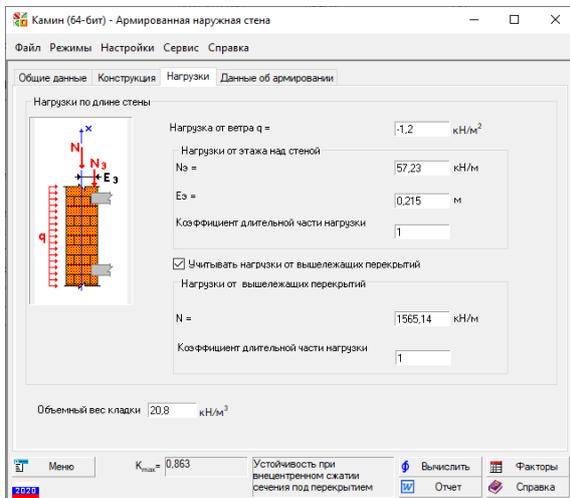


Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,018
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,071
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,843
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,852
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,863

Рис. 2.1.7 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН с учетом армирования при ручном определении исходных данных по результатам расчета в SCAD++

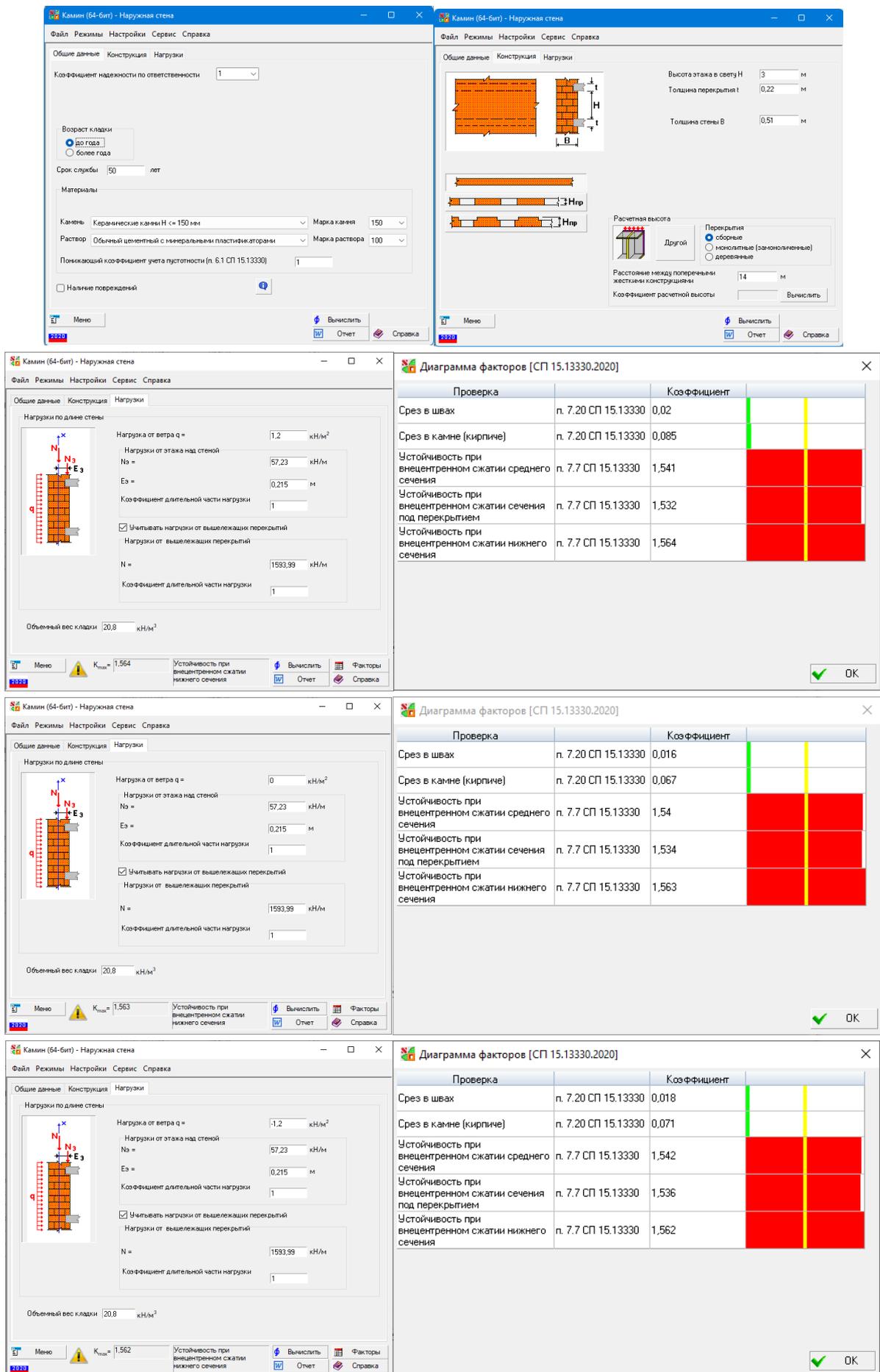


Рис. 2.1.8 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе **КАМИН** без армирования при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а1

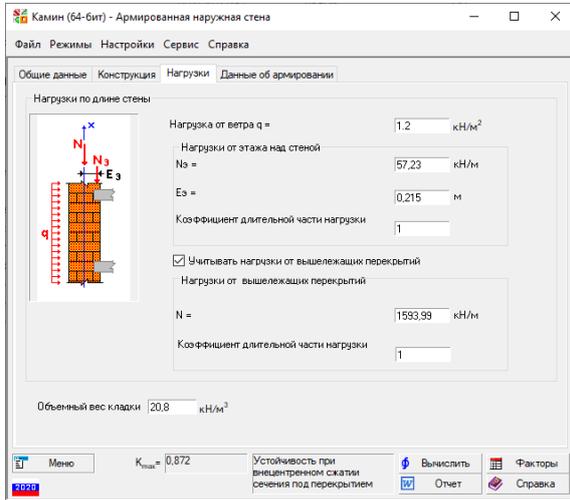
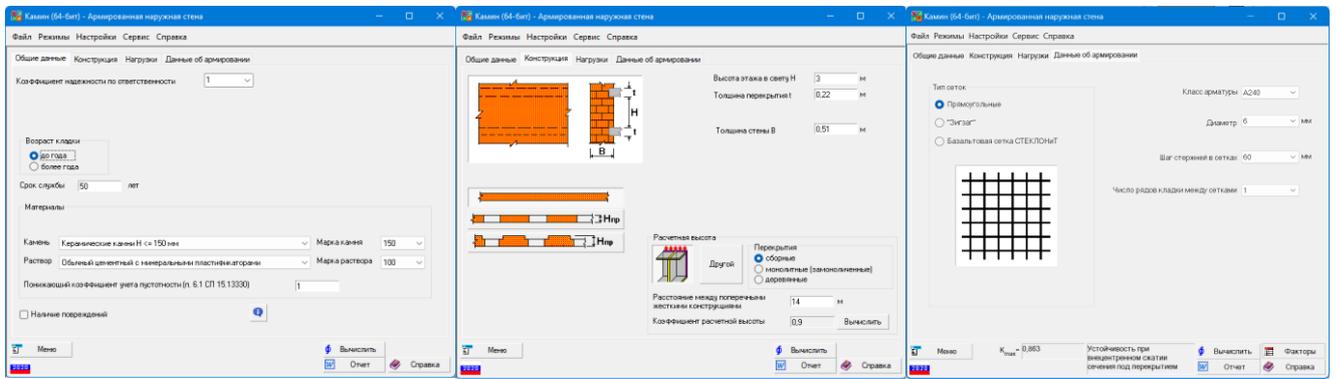


Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,02
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,085
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,857
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,868
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,872

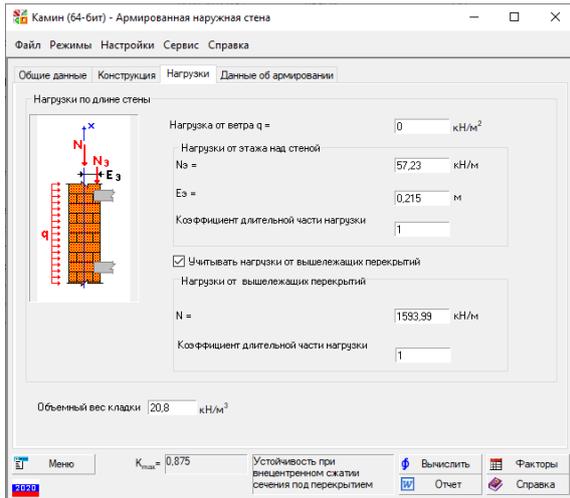


Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,016
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,067
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,855
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,865
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,875

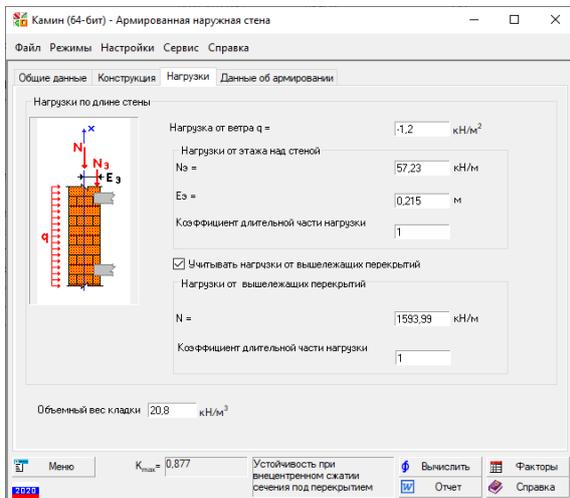


Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,018
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,071
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,857
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,866
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,877

Рис. 2.1.9 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН с учетом армирования при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а1

Из рис. 2.1.6 – 2.1.9 следует, что ветровое давление для несущего простенка нижнего этажа не оказывает существенного влияния.

Результаты расчета через плагин **BrickWalls** для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 11, отметки от 0,000 до +3,000) в режиме **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**) приведены в таблице 2.1.1 с учетом коэффициента $\varphi < 1$, в таблице 2.1.2 при $\varphi = 1$, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элемента № 3670, а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин BrickWalls.

В таблице 2.1.1 использованы следующие обозначения:

- а1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- а2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- а3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- а4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$);
- а5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- а6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y - 0.02))$.

Таблица 2.1.1 – Результаты расчета стены через плагин **BrickWalls** с учетом коэффициента $\varphi < 1$

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	№ эл.	а1	№ эл.	а2	№ эл.	а3	№ эл.	а4	№ эл.	а5	№ эл.	а6
1 эт 0-3												
11	2764	0,87	2764	0,49	2764	0,01	2764	-	2764	0,03	2764	0,91
11	2810	0,88	2810	0,49	2810	0,01	2810	-	2810	0,03	2810	0,91
11	2984	1	2984	0,56	2984	0,01	2984	-	2984	0,02	2984	0,91
11	3206	1,08	3206	0,6	3206	0,02	3206	-	3206	0,04	3206	0,91
11	3306	1,16	3306	0,65	3306	0,02	3306	-	3306	0,03	3306	0,91
11	3520	1,08	3520	0,6	3520	0,02	3520	-	3520	0,03	3520	0,91
11	3670	1,53	3670	0,86	3670	0,03	3670	-	3670	0,06	3670	0,91
11	3687	1,29	3687	0,72	3687	0,02	3687	-	3687	0,05	3687	0,91
11	3702	1,52	3702	0,85	3702	0,03	3702	-	3702	0,06	3702	0,91
11	4101	1,43	4101	0,81	4101	0,05	4101	-	4101	0,09	4101	0,91
11	4276	1,47	4276	0,83	4276	0,04	4276	-	4276	0,09	4276	0,91
11	4332	1,43	4332	0,8	4332	0,04	4332	-	4332	0,09	4332	0,91
11	4527	1,42	4527	0,8	4527	0,06	4527	-	4527	0,12	4527	0,91
11	4557	1,45	4557	0,83	4557	0,07	4557	-	4557	0,14	4557	0,91
11	4648	1,45	4648	0,83	4648	0,07	4648	-	4648	0,14	4648	0,91
11	4853	1,47	4853	0,84	4853	0,1	4853	-	4853	0,21	4853	0,91
11	4909	1,4	4909	0,79	4909	0,05	4909	-	4909	0,1	4909	0,91
11	5126	1,47	5126	0,84	5126	0,1	5126	-	5126	0,21	5126	0,91

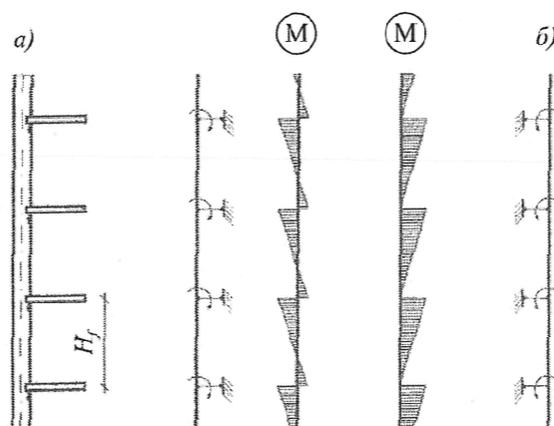
Таблица 2.1.2 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls при $\varphi = 1$

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	№ эл.	а1	№ эл.	а2	№ эл.	а3	№ эл.	а4	№ эл.	а5	№ эл.	а6
1 эт 0-3												
11	2764	0,92	2764	0,51	2764	0,01	2764	-	2764	0,03	2764	0,91
11	2810	0,92	2810	0,51	2810	0,01	2810	-	2810	0,03	2810	0,91
11	2984	1,05	2984	0,59	2984	0,01	2984	-	2984	0,02	2984	0,91
11	3206	1,14	3206	0,64	3206	0,02	3206	-	3206	0,04	3206	0,91
11	3306	1,22	3306	0,68	3306	0,02	3306	-	3306	0,04	3306	0,91
11	3520	1,13	3520	0,63	3520	0,02	3520	-	3520	0,03	3520	0,91

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	N эл.	a1	N эл.	a2	N эл.	a3	N эл.	a4	N эл.	a5	N эл.	aб
11	3670	1,61	3670	0,9	3670	0,03	3670	-	3670	0,06	3670	0,91
11	3687	1,35	3687	0,76	3687	0,03	3687	-	3687	0,05	3687	0,91
11	3702	1,61	3702	0,9	3702	0,03	3702	-	3702	0,06	3702	0,91
11	4101	1,5	4101	0,85	4101	0,05	4101	-	4101	0,09	4101	0,91
11	4276	1,54	4276	0,87	4276	0,04	4276	-	4276	0,09	4276	0,91
11	4332	1,5	4332	0,85	4332	0,05	4332	-	4332	0,09	4332	0,91
11	4527	1,49	4527	0,85	4527	0,06	4527	-	4527	0,12	4527	0,91
11	4557	1,53	4557	0,87	4557	0,07	4557	-	4557	0,14	4557	0,91
11	4648	1,53	4648	0,87	4648	0,07	4648	-	4648	0,14	4648	0,91
11	4853	1,54	4853	0,89	4853	0,1	4853	-	4853	0,22	4853	0,91
11	4909	1,47	4909	0,83	4909	0,05	4909	-	4909	0,1	4909	0,91
11	5126	1,55	5126	0,89	5126	0,1	5126	-	5126	0,21	5126	0,91

Выводы:

- результаты расчета в плагине **BrickWalls** неармированной кладки отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** (рис. 2.1.6) в $1,53/1,54=0,99$ раза;
- результаты расчета в плагине **BrickWalls** армированной кладки отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** (рис. 2.1.7) в $0,86/0,86=1,00$ раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** неармированной кладки при приближенном учете веса стен при определении N (без учета веса перемычек рис. 2.1.8) отличаются от более точного расчета (рис. 2.1.6) в $1,564/1,538=1,02$ раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** армированной кладки при приближенном учете веса стен при определении N (без учета веса перемычек рис. 2.1.9) отличаются от более точного расчета (рис. 2.1.7) в $0,872/0,858=1,02$ раза;
- в программе **КАМИН** стена рассматривается как пролет неразрезной балки, что соответствует схеме а) рис. Б.1. СП 15.13330.2020, а плагине **BrickWalls** при расчете на вертикальную нагрузку используется расчетная схема б) рис. Б.1. СП 15.1333.2020 (рис. 2.1.9), а при расчетах на ветровую нагрузку согласно п. Б.1 СП 15.13330.2020 (в пределах каждого этажа как для балки с заделанными концами, за исключением верхнего этажа, в котором верхняя опора принимается шарнирной), но результаты расчета между разными схемами отличаются несущественно, соответственно нет смысла применять схему неразрезной балки;
- при $\varphi=1$ коэффициент использования для первого этажа увеличивается в $1,61/1,53=1,052$ раза без армирования, и в $0,9/0,86=1,047$ раза с армированием.



а – стена рассчитывается как неразрезная балка; б – стена рассчитывается в пределах каждого этажа как однопролетная балка

Рис. 2.1.9 – Расчетные схемы и эпюры изгибающих моментов от вертикальных внецентренно приложенных нагрузок согласно рис. Б.1 СП 15.13330.2020

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 3670 (max a1) с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_trace_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 1 эт 0-3
Имя группы: 1 эт 0-3 f=1 h=3 l0=2,7 Lp=1 qp=12 Lt=3 qt=13 b=0,12 w=0,46 L=3 n=13 u=0 (BWL)
Нижний уровень: 0 м; Верхний уровень: 3 м;

Параметры группы этажа:
-Номер этажа (f)=1;
-Высота этажа (h)=3 м | Расчетная высота (l0)=2,7 м;
-qp=12 (Пост. пп +3 qp=1 эт 0-3);
-qt=13 (кр. пп +3 qt=1 эт 0-3);
-b=0,12 м;
-w=0,46 кН/м2;
-L=3 (Врем-типовые (L));
-n=13;
-u=0 (не является последним этажом);

****Номер элемента 3670****

Номер группы: 11
Имя группы: 11 a1=9 a2=0 kw=2,63 kp=1 kt=1 kwf16=1 (BWW)
Координаты высоты КЭ:
-Низ: 0,9 м
-Середина: 1,2 м
-Верх: 1,5 м

Параметры стены:
-Толщина: 0,51 м
-a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-kw=2,63 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: НС 1-4 эт
-Прочностные характеристики: Rx=2,2 МПа | Ry=1,76 МПа | Rtx=0,08 МПа | Rty=0,16 МПа | Rsqx=0,8 МПа | Rsqy=0,16 МПа | Rtw=0,12 МПа | k=2 | a=1200 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены:

-Имя: Арм нс 6x60x60 ч 1 р (162 мм)
-Параметры: d=6 мм | Rs=210 МПа | Rsn=240 МПа | y_cs=0,75 | c=60 мм | s=162 мм | Rsn=240

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
-Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 1,53

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -3261,5 кН/м2 | Комбинация: L1+L2+0,566*L3+0,7*L4+0,7*L5+0,9*L8
-Sig_x: -3261,5 кН/м2 | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)
-Sig_xgs: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
-Sig_xg: 0 кН/м2 | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
-Sig_x1: -112,221 кН/м2 | Комбинация: L12+L13
-Sig_x1g: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
-Sig_x2: -3261,5 кН/м2 | Комбинация: Sig_x
-Sig_x2g: 0 кН/м2 | Комбинация: Sig_xg

Комбинация $L1+L2+0,566*L3+0,7*L4+0,7*L5+0,9*L8$ для Sig_{xs} приводится с учетом коэффициента, учитывающего для загрузки № 3 временные нагрузки от двух и более этажей $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1 - 0,4)/13^0,5 = 0,566$. При $\sigma_{xs,pcy} = -3435$ по рис. 2.1.3 (остальные напряжения по рис. 2.1.4)

$$\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = -3435 - 1 * -400,14 + 0,566 * 1 * -400,14 = -3261,34 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_{xs} : -3261,5 кН/м²).

Sig_{xgs} , Sig_{xg} , Sig_{x1g} определять не требуется, поскольку толщина стены $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$.

Коэффициенты управления эксцентриситетом от перекрытий $k_p = k_i = 1$, поэтому

$$\text{Sig}_x = \text{Sig}_{xs} = -3261,5 \text{ кН/м}^2 \text{ (Sig}_x\text{: -3261,5 кН/м}^2\text{)}.$$

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.1.10) для группы № 81 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина **BrickWalls**:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p = 1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_p = 12$ (является частью загрузки № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t = 3$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_t = 13$ (является частью загрузки № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по загрузению 12 ($q_p = 12$), а коэффициент сочетания из РСУ по загрузению 1 ($L_p = 1$), напряжение от временных нагрузок принято по загрузению 13 ($q_t = 13$), а коэффициент сочетания из РСУ по загрузению 3 ($L_t = 3$).

The screenshot shows the 'BrickWallPre' application window. The main area contains a table titled 'Параметры этажей' (Floor Parameters) with columns for floor number, name, height, and various load parameters. The row for floor 81 is highlighted. To the right of the table is a 'Выбор параметров' (Parameter Selection) panel with dropdown menus for selecting floor number, height, load parameters (Lp, Lt, qt), width (b), weight (w), and length (L). A 'Признак верхнего этажа' (Top floor indicator) checkbox is also present.

№ группы	Имя этажа	Номер этажа	h	Ю	Lp	qp	Lt	qt	b	w	L	n
80	-1 эт -2,2-0	-1	2,2	1,98	1	10	3	11	0,12	0	3	14
81	1 эт 0-3	1	3	2,7	1	12	3	13	0,12	0,46	3	13
82	2 эт 3-6	2	3	2,7	1	14	3	15	0,12	0,46	3	12
83	3 эт 6-9	3	3	2,7	1	16	3	17	0,12	0,46	3	11
84	4 эт 9-12	4	3	2,7	1	18	3	19	0,12	0,46	3	10
85	5 эт 12-15	5	3	2,7	1	20	3	21	0,12	0,46	3	9
86	6 эт 15-18	6	3	2,7	1	22	3	23	0,12	0,54	3	8
87	7 эт 18-21	7	3	2,7	1	24	3	25	0,12	0,54	3	7
88	8 эт 21-24	8	3	2,7	1	26	3	27	0,12	0,54	3	6
89	9 эт 24-27	9	3	2,7	1	28	3	29	0,12	0,54	3	5
90	10 эт 27-30	10	3	2,7	1	30	3	31	0,12	0,54	3	4
91	11 эт 30-33	11	3	2,7	1	32	3	33	0,12	0,54	3	3
92	12 эт 33-36	12	3	2,7	1	34	3	35	0,12	0,54	3	2
93	13 эт 36-39	13	3	2,7	1	36	3	37	0,12	0,54	3	1
94	14 эт 39-42	14	3	2,7	1	38	4	39	0,12	0,54	3	1
95	15 эт чердак под надстройкой	15	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1
96	15 эт чердак	16	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1
97	Надстройка над кровлей	17	1,6	1,44	1	42	5	43	0,12	0,54	3	1

Рис. 2.1.10 – Исходные данные по этажам для плагина **BrickWalls**

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.1.4) от комбинации $L12+L13$

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 1 * -80,77 + 1 * 1 * -31,45 = -112,22 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_{x1} : -112,221 кН/м²);

Проверка по грузовой ширине $\sigma_{x1} = (5+1,95) * (6/2) * (0,5 * 2,1 + 1,29 + 0,5 * 2,1) / (1,29 * 0,51) = 107,44$ кН/м² (5 кН/м² и 1,95 кН/м² – постоянная и временная нагрузка на перекрытие, 6 м – размер пролета, 2,1 м – размер проема слева и справа, 1,29 м – ширина простенка, 0,51 м – толщина стены).

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,215 м – эксцентриситет от перекрытия
- M1: -4,92201 кН * м – момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м – момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м – эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м – момент от разности толщин стен по высоте

-M_{2g}: 0 кН * м – момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
 -M₃: 0,39923 кН * м – момент от ветра
 -M_{3g}: 0 кН * м – момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
 -E₀: 0,002719 м – действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный e_v=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)
 -E_{0g}: 0 м – действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный e_v=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E_1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5*0,51-0,12/3; 0,5*0,51-0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,51$ м – толщина стены), ($E_1: 0,215$ м).

Для проверки усилий от вертикальной нагрузки и от ветра на рис. 2.1.11 приведены эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине **BrickWalls**.

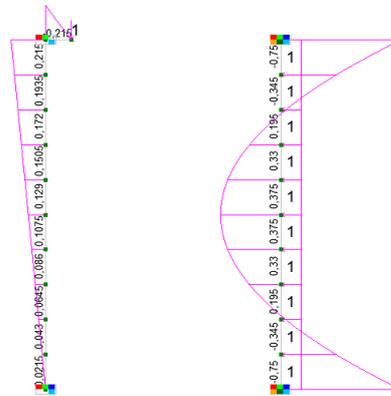


Рис. 2.1.11 – Эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине **BrickWalls** (размер конечного элемента 0,3 м)

$M_1 = \text{Sig}_x \cdot 1 \cdot m \cdot h \cdot E_1 (1-x/H) = -112,22 \cdot 0,51 \cdot 0,215 \cdot (1-(3-1,2)/3) = -4,922$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа). По эпюре моментов на рис. 2.1.9 $M_1 = -112,22 \cdot 0,51 \cdot 0,086 = -4,922$ ($M_1: -4,92201$ кН * м)

По эпюре моментов, приведенной на рис. 2.1.9

$M_3 = kw \cdot w \cdot 0,33 = 0,46 \cdot 2,63 \cdot 0,33 = 0,399$ кНм ($M_3: 0,399$ кН * м). В плагине **BrickWalls** правило знаков для моментов от ветра при положительном значении w или kw принято по рис. 2.1.9, т.е. таким, чтобы момент от ветра под перекрытием суммировался с моментом от перекрытия.

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M_1 + M_2 + M_3)| / (|\text{Sig}_x| \cdot h) + e_v = \text{ABS}(-4,922 + 0 + 0,399) / (3262 \cdot 0,51) + 0 = 0,00272 \text{ м} (E_0: 0,00272 \text{ м}).$$

Проверка допустимости эксцентриситета:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,00272 / (0,7 \cdot 0,51/2) = 0,015$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0)/(k \cdot \gamma); E_1/(\gamma - 0,02)) = \max(0,00272 / (0,9 \cdot 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,012; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)
 -Fi₁: 0,974 (ф. 7.6)
 -Omega: 1,005331 (таб. 7.2)
 -A_c: 0,505 м² (ф. 7.5)
 -Mu: 0,582 % (п. 7.31)
 -Fi_{1_Arm}: 0,957 (ф. 7.6)
 -R: 2,2 МПа

M_G=1 поскольку толщина стены $h=51$ см > 30 см (последний абзац п. 7.7 [1]), (M_G: 1).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_n = l_0/h = 2,7/0,51 = 5,294$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi = 0,979$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,51 - 2 \cdot 0,00272 = 0,505$ м.

$\lambda_{nc} = H/h_c = 3/0,505 = 5,941$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c = 0,969$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,979 + 0,969)/2 = 0,974$ (Fi₁: 0,974).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51 * 1 * (1 - 2 * 0,00272 / 0,51) = 0,505 \text{ м}^2$ (A_c : 0,505 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,00272 / 0,51 = 1,00533 < 1,45$ (ω : 1,005).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \phi_1 R A_c \omega} = 3262 * 0,51 / (1 * 0,974 * 2200 * 0,505 * 1,00533) = 1,529$ (КИ: 1,53).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020; (a₂)-----

Доп информация: п.7.32, ф. (7.26)

КИ: 0,858

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -3261,5 кН/м² | Комбинация: L1+L2+0,566*L3+0,7*L4+0,7*L5+0,9*L8

-Sig_x: -3261,5 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -112,221 кН/м² | Комбинация: L12+L13

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -3261,5 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -4,92201 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0,39923 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,002719 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)

-Fi_1: 0,974 (ф. 7.6)

-Omega: 1,005331 (таб. 7.2)

-A_c: 0,505 м² (ф. 7.5)

-Mu: 0,582 % (п. 7.31)

-Mu_ult: 0,714 % (п. 7.31)

-Fi_1_Arm: 0,957 (ф. 7.6)

-R: 2,2 МПа

-Rskb: 3,994 МПа (ф. 7.27)

$E_0=0,00272 \text{ м} < 0,17 * 0,51 = 0,09 \text{ м}$ и условие применимости формулы (7.25) [1] выполнено.

Процент армирования по объему согласно п. 7.31 [1]

$$\mu = 2 \frac{A_{st}}{CS} 100 = 2 * 3,1416 * 6^2 * 100 / (4 * 60 * 162) = 0,5818 \% < \frac{50R}{(1 - \frac{2e_0}{y})R_s} =$$

$$= 50 * 2200 / ((1 - 2 * 0,00271 / (0,51/2)) * 210000 * 0,75) = 0,7136 \% > 0,1\% \text{ (Mu: 0,582, Mu_ult: 0,714 \%)}$$

По формуле (7.27) [1] $R_{skb} = R + \frac{\nu \mu R_s}{100} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right) =$

$$= 2200 + 2 * 0,5818 * 210000 * 0,75 * (1 - 2 * 0,00271 / (0,51/2)) / 100 = 3993,72 \text{ кН/м}^2 < 2R = 2 * 2200 = 4400 \text{ кН/м}^2$$

(Rskb: 3,994 МПа).

По формуле (6.1) [1] $R_u = kR = 2 * 2200 = 4400 \text{ кН/м}^2$.

По формуле (6.6) [1] $R_{sku} = kR + \frac{2R_{sn}\mu}{100} = 2 * 2200 + 2 * 240000 * 0,5818 / 100 = 7192,64 \text{ кН/м}^2$.

По формуле (6.4) [1] $\alpha_{sk} = \alpha \frac{R_u}{R_{sku}} = 1200 * 4400 / 7192,64 = 734,08$.

По таблице (7.1) при определенных выше $\alpha_{sk}=734,08$, $\lambda_h=5,294$ и $\lambda_{hc}=5,941$:

- $\phi=0,966$;
- $\phi_c=0,949$.

По формуле (7.6) [1] $\phi_1 = \frac{\phi + \phi_c}{2} = (0,966 + 0,949) / 2 = 0,958$ (Fi_1_Arm: 0,957).

По формуле (7.25) $a_2 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \Phi_1 R_{skb} A_c \omega} = 3262 * 0,51 / (1 * 0,957 * 3993,72 * 0,505 * 1,00533) = 0,857$ (КИ: 0,858)

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (a3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0.7 (h/2)$

КИ: 0,028

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1448,388 кН/м² | Комбинация: 0,783*L61+0,804*L62+0,566*L63+0,7*L64+0,7*L65+0,9*L69

-Sig_x: -1448,388 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -94,662 кН/м² | Комбинация: 0,783*L12+L13

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1448,388 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -4,15189 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0,39923 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,00508 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{x,pcy}$ соответствующее Sig_xs=-1448,388 кН/м² приведено на рис. 2.1.12.

Критерий	Тип комбинации	σ_x	σ_y	τ_{xy}	M_x	M_y	M_{xy}	Q_x	Q_y	R_x	R_y	Формула
		кН/м ²	кН/м ²	кН/м ²	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м ²	кН/м ²	
12150	Нормативные длительные	-1526,96	-184,34	211,13	0,037	0,27	-0,681	9,347	-2,245	0	0	0 0*9+0.8695*L61+0.8928*L62+0.2625*L64+0.25*L65
12150	Нормативные длительные	-1527,89	-184,46	211,26	0,038	0,27	-0,68	9,347	-2,245	0	0	0 0.8695*L61+0.8928*L62+0.2916*L64+0.3214*L65
11000	Нормативные значения	-1534,02	-179,7	207,89	-0,485	0,273	-0,772	10,385	-2,275	0	0	0 0.7692*L63+0.6805*L121+0.7174*L122
12150	Нормативные значения	-1534,64	-185,26	212,2	0,046	0,271	-0,681	9,346	-2,25	0	0	0 0.8695*L61+0.8928*L62+0.8333*L64+0.6428*L65
2015	Нормативные значения	-1537,31	-185,73	213,34	-1,934	0,228	-0,651	9,759	-1,568	0	0	0 0.7142*L9+0.8695*L61+0.8928*L62
11045	Расчетные значения	-1539,1	-186,04	211,97	2,415	0,377	-0,935	11,617	-3,662	0	0	0 L9+0.7826*L61+0.8035*L62+0.9*L63
8003	Расчетные значения	-1539,48	-188,48	214,7	1,085	0,352	-0,839	11,654	-3,25	0	0	0 0.7826*L61+0.8035*L62+L63+0.7*L64+0.7*L65+0.9*L69
12150	Нормативные значения	-1547,23	-186,92	214,73	-1,922	0,229	-0,651	9,759	-1,575	0	0	0 0.7142*L9+0.8695*L61+0.8928*L62+0.75*L64+0.5*L65
8004	Расчетные значения	-1550,77	-187,44	213,61	2,428	0,379	-0,935	11,617	-3,67	0	0	0 L9+0.7826*L61+0.8035*L62+0.9*L63+0.7*L64+0.7*L65
12135	Расчетные значения	-1550,87	-187,74	215,78	-2,992	0,247	-0,79	11,931	-1,628	0	0	0 L9+0.7826*L61+0.8035*L62+0.7*L63+0.9*L64+0.7*L65
8003	Расчетные длительные	-1554,92	-181,14	209,93	-0,212	0,237	-0,613	8,229	-1,918	0	0	0 0.315*L4+0*L9+0.7826*L121+0.8035*L122
8003	Расчетные длительные	-1555,41	-181,2	210	-0,212	0,237	-0,613	8,229	-1,918	0	0	0 0.35*L4+0.7826*L121+0.8035*L122
8002	Расчетные длительные	-1557,53	-181,4	210,31	-0,207	0,237	-0,612	8,228	-1,922	0	0	0 0*69+0.7826*L121+0.8035*L122+0.245*L124+0.45*L125
8002	Расчетные длительные	-1558,62	-181,53	210,46	-0,206	0,237	-0,612	8,228	-1,923	0	0	0 0.7826*L121+0.8035*L122+0.315*L124+0.5*L125
8003	Расчетные значения	-1564,59	-182,36	211,23	-0,212	0,238	-0,614	8,228	-1,915	0	0	0 L4+0.7826*L121+0.8035*L122
12135	Нормативные длительные	-1566,56	-189,21	216,66	-0,04	0,286	-0,739	10,139	-2,392	0	0	0 0*9+0.8695*L61+0.8928*L62+0.1884*L63+0.2625*L64+0.25*L65

Рис. 2.1.12 – РСУ для элемента № 3670

Напряжение для расчета эксцентриситета

$$\sigma_x = \sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \phi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = -1539,48 - 1 * -210,09 + 0,566 * 1 * -210,09 = -1448,301 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_x: -1448,388 кН/м²), так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 63 $k_{ts,rsu}=1$, то $k_{t,rsu}=1$ (пояснения см. выше) по параметру $L=3$ в группе этажа № 81 плагин **BrickWalls** идентифицирует, что в режиме **Вариация моделей** коэффициент ϕ необходимо применить к загрузке № 63 (№ 3 в Модели № 3).

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.2.2) по комбинации РСУ $0,783*L61+0,804*L62+L63+0,7*L64+0,7*L65+0,9*L69$ от комбинации $0,783*L12+L13$

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 0,7826 * -80,77 + 1 * -31,45 = -94,66 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_x1: -94,662 кН/м²)

$M1 = \text{Sig}_x1 * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -94,662 * 0,51 * 0,215 * (1-(3-1,2)/3) = -4,152 \text{ кН} * \text{м}$ (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M1$: -4,15189 кН * м)

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|Sig_x| * h) + ev = ABS(-4,152+0+0,399) / (1448,388 * 0,51) + 0 = 0,005081$$

(E₀: 0,00508 м);

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1]

$$a3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,00508 / (0,7 * 0,51 / 2) = 0,028 \text{ (КИ: } 0,028)$$

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a3-----

-----Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020; (a5)-----

Доп информация: п.7.32 $e_0 \leq 0,17h$

КИ: 0,059

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1448,388 кН/м² | Комбинация: 0,783*L61+0,804*L62+0,566*L63+0,7*L64+0,7*L65+0,9*L69

-Sig_x: -1448,388 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_xl1: -94,662 кН/м² | Комбинация: 0,783*L12+L13

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1448,388 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -4,15189 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0,39923 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E₀: 0,00508 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_{0g}: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Коэффициент использования согласно п. 7.32 [1]

$$a5 = E_0 / (0,17h) = 0,00508 / (0,17 * 0,51) = 0,059 \text{ (КИ: } 0,059)$$

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k * \gamma); e_1 / (\gamma - 0,02))$ (a6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,915

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1638,107 кН/м² | Комбинация: -L8+L61+L62

-Sig_x: -1638,107 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_xl1: -80,77 кН/м² | Комбинация: L12+0*L13

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1638,107 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -3,54256 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0,41659 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E₀: 0,003742 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)

- E_{0g} : 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- k_y : 0,9 y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

- $e_0/(k*y)$: 0,016304 (п. 7.10)

- $e_1/(y-0.02)$: 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_b = \max(E_0/(k*y); E_1/(y-0,02)) = \max(0,003742/(0,9*0,51/2); 0,215/(0,51/2-0,02)) = \max(0,016; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,915).

2.2 Расчет несущего простенка внешней стены (группа № 11) толщиной 510 мм на среднем (8-м) этаже

Расчет выполнен для группы элементов № 11 (рис. 2.1.1), которая соответствует простенку № 16 примера из пособия [8] (рис. 3.1) с использованием следующих прилагаемых файлов **SCAD++**:

- **Вариация.VPR**;
- **Модель_1_kred=0.8.SPR**;
- **Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR**;
- **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR**.

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.1.2.

На рис. 2.2.1 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCY в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

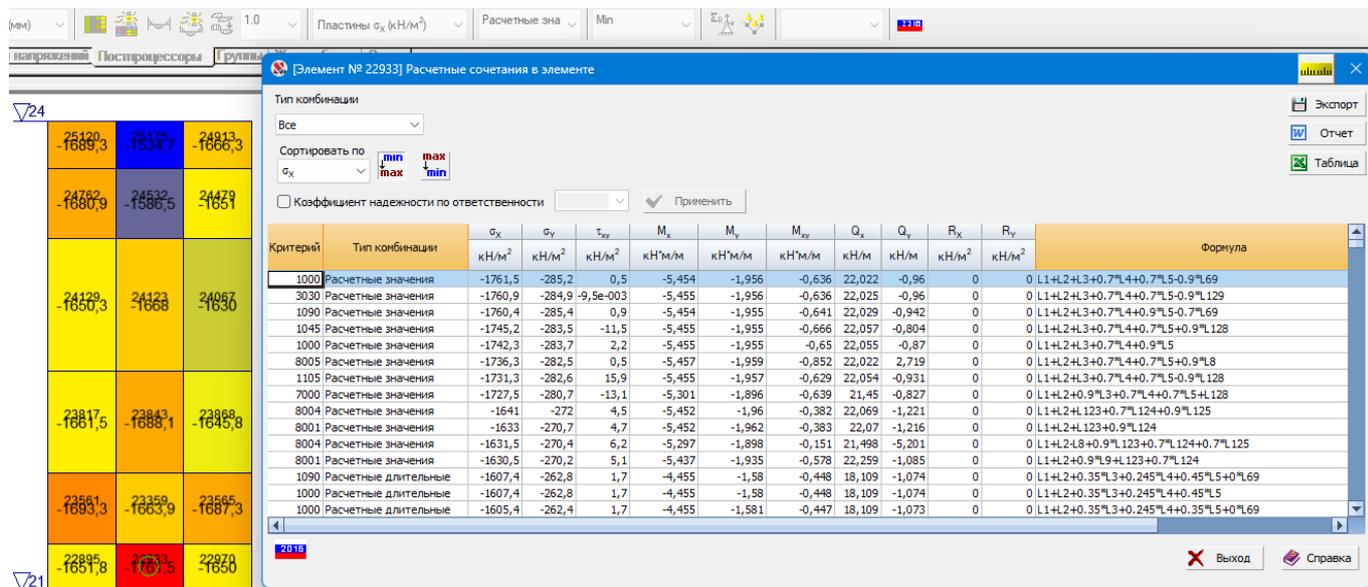


Рис. 2.2.1 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x)

Из рис. 2.1.1 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения в несущем простенке приняты от собственного веса и нагрузок на перекрытия по модели 1, а от ветровой нагрузки по модели № 2. Для рассмотренного элемента ветер по Y в модели 2 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль X в связи с включением в работу перемычек и догрузкой простенка ветровой нагрузкой.

По результатам расчета в примере приложения 8 пособия [8] (см. табл. 3.1.3 настоящего документа) максимальное напряжение в рассматриваемом простенке (№ 16 на первом этаже) составило 1430 кН/м². Среднее напряжение по результатам расчета $(1651,8+1761,5+1650)/3=1688$, что больше в $1688/1430=1,18$ раза по сравнению результатами из примера в пособии [8].

На рис. 2.2.2 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_1 по загрузению «L1, задача 1, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 1);
- σ_2 по загрузению «L2, задача 1, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 1);
- σ_3 по загрузению «L3, задача 1, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 1);
- σ_4 по загрузению «L4, задача 1, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 1);
- σ_5 по загрузению «L5, задача 1, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 1);
- σ_{69} по загрузению «L69, задача 9, загр. 9 – полная ветровая нагрузка вдоль Y» (Модель № 2);
- σ_{qr} по загрузению «L12, задача 1, загр. 12 – постоянные нагрузки на перекрытия на отм. +3.000» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{qt} по загрузению «L13, задача 1, загр. 13 – временные нагрузки на перекрытия на отм. +3.000» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{xfw} по загрузению «L45, задача 1, загр. 45 – собственный вес стен в отметка 0-3» (Модель № 1, вспомогательное загрузение).

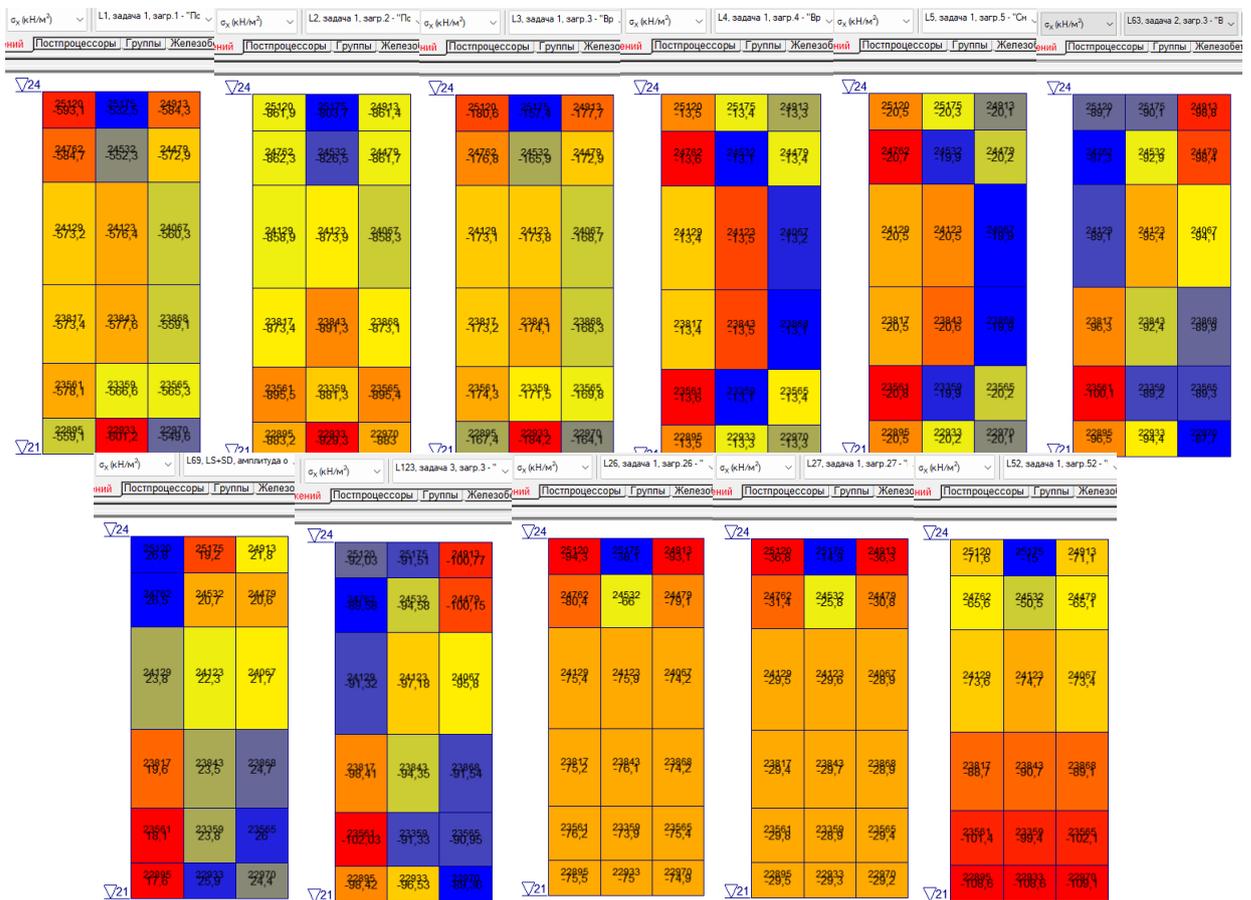


Рис. 2.2.2 – Необходимые для расчета напряжения

Поскольку опирание плит перекрытий с одной стороны, то коэффициенты приведения эксцентриситета $k_p=k_t=1$.

Коэффициент, учитывающий снижение временной нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3])

$$\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1 - 0,4) / 6^{0,5} = 0,645.$$

Согласно п. 9.14 [1] при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления, допускается принимать расстояние от точки приложения опорной реакции прогонов, балок или настила до внутренней грани стены или опорной плиты равным одной трети глубины заделки, но не более 7 см.

Соответственно $e_1 = \max(0,5h - b/3; 0,5h - 0,07)$ м, где h – толщина стены, b – ширина опирания плиты.

При $b=0,12$ м и $h=0,51$ м $e_1 = \max(0,5 * 0,51 - 0,12/3; 0,5 * 0,51 - 0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м.

Соответственно для схемы в программе КАМИН (рис. 2.1.5):

- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = 1761,5 - 1 * 184,2 + 0,645 * 1 * 184,2 = 1696,11$ кН/м²;
- $N = h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \sigma_{xfw}) = 0,51 * (1696,11 - 1 * 75 - 0,645 * 1 * 29,3 - 108,6) = 761,74$ кН/м;
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 1 * 75 + 1 * 1 * 29,3 = 104,30$ кН/м²;
- $M_3 = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 * 104,3 * 0,215 = 11,436$ кНм/м;
- $N_3 = h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = 0,51 * (1 * 75 + 1 * 1 * 29,3) = 53,19$ кН/м;
- проверка по грузовой площади $N_3 = (5 + 1,95) * (6/2) * (0,5 * 2,1 + 1,29 + 0,5 * 2,1) / 1,29 = 54,79$ кН/м (5 кН/м² и 1,95 кН/м² – постоянная и временная нагрузка на перекрытие, 6 м – размер пролета, 2,1 м – размер проема слева и справа, 1,29 м – ширина простенка);
- $E_3 = \frac{M_3}{N_3} = 11,436 / 53,19 = 0,215$ м.

Ветровое давление принято с учетом коэффициента 1,72, равного отношению максимальных перемещений от полного ветра к максимальным перемещениям от статического ветра (см. п. 3.2).

Приведенное ветровое давление на простенок с учетом нагрузки от окон:

- напор $0,314 * 1,72 * (1,29 + 2,1/2 + 2,1/2) / 1,29 = 1,42$ кН/м² (0,314 кН/м² статическая часть ветровой нагрузки согласно рис. 2.4.1, 1,29 м – ширина простенка, 2,1 м – ширина примыкающих к

простенку проемов) в исходных данных для плагина **BrickWalls** в группе для 8-го этажа № 88 давление от ветра задано $w=0,314*1,72=0,54$ кН/м²;

- отсос $0,166*1,72*(1,29+2,1/2+2,1/2)/1,29=0,75$ кН/м².

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам простенка между отметкам 21,000 и +24,000 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сеймики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Наружная стена», «Армированная наружная стена», «Стена подвала», «Армированная стена подвала» программы КАМИН

-----Группа элементов № 11, имя группы «11», этаж «8 эт 21-24»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 22933

Кэф. использования $a_1 = 1,027$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=1,42$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э (N_п)=53,19695$ кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э (E_п)=0,215$ м

Коэффициент длительной части для $N_э (N_п)$: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_d=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=786,9$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_d=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании:

- Тип сетки: Прямоугольные;
- Класс арматуры: A240;
- Диаметр: 6 мм;
- Шаг стержней в сетках: 60 мм;
- Расстояние между сетками: 486 мм.

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-1696,13$ кН/м² от РСУ $L_1+L_2+0,645*L_3+0,7*L_4+0,7*L_5-0,9*L_6$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=0,645$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 26) $\text{sqp}=-75,02137$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu}=1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 27) $\text{sq}=-29,28637$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t=3$) $f_i*kt_rsu=0,645$ (если $kt_rsu \leq -1$, то $kt_rsu=kt_rsu$, если $-1 < kt_rsu < 0$, то $kt_rsu=-1$, если $0 < kt_rsu < 1$, то $kt_rsu=1$, если $kt_rsu \geq 1$, то $kt_rsu=kt_rsu$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $kt=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э \text{ sx}1=k_p*k_{p_rsu}*sq+kt*f_i*kt_rsu*sq/f_i=-104,30774$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=2,85$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=1,4202$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э=1*B*sx1*E_1=-11,43734$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э (N_п)=-1*(k_{p_rsu}*sq+kt*f_i*kt_rsu*sq/f_i)*B=53,19695$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э = M_э / N_э = -0,215$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_э$ ($N_{п}$) = $-1 * (d_p * k_p * r_{su} * \sqrt{q} + d_t * k_t * f_i * k_t * r_{su} * \sqrt{q} / f_i) * B = 43,49$ кН/м (d_p и d_t – доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_{п}$) = $N_э / N_э = 1$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N = -1 * (Sig_{xs} - k_p * r_{su} * \sqrt{q} - f_i * k_t * r_{su} * \sqrt{q} + x * g) * B = 786,9$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g = -1 * (Sig_{xgs} - d_p * k_p * r_{su} * \sqrt{q} - d_t * f_i * k_t * r_{su} * \sqrt{q} + x * g) * B = -71,87$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : $N_g / N = 1$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- в исходных данных для группы элементов № 11 параметры $k_p = k_t = 1$;
- в исходных данных для группы этажа № 88 параметры $n = 6$, $L = 3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L = 3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1 - 0,4) / 6^{0,5} = 0,645$ ($n = 6$);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{qt} = -1761,5 - 1 * -184,2 + 0,645 * 1 * -184,2 = -1696,11$ кН/м² ($Sig_{xs} = -1696,13$ кН/м²), $\sigma_{xs,pcy}$ по рис. 2.2.1, так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu} = 1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu} \sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu} \sigma_{qt} + \gamma x) = -0,51 * (-1696,11 - 1 * -75 - 0,645 * 1 * -29,3 + 20,8 * 2,85) = 786,90$ кН/м ($N = 786,9$ кН/м).
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 1 * -75 + 1 * 1 * -29,3 = -104,30$ кН/м²;
- $(s_{x1} = k_p * k_p * r_{su} * \sqrt{q} + k_t * f_i * k_t * r_{su} * \sqrt{q} / f_i = -104,30774$ кН/м²);
- $M_э = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 * -104,3 * 0,215 = -11,436$ кНм/м ($M_э = 1 * B * s_{x1} * E_1 = -11,43734$ кН*м);
- $N_э = -1 * h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51 * (1 * -75 + 1 * 1 * -29,3) = 53,19$ кН/м ($N_э$ ($N_{п}$) = $-1 * (k_p * r_{su} * \sqrt{q} + k_t * f_i * k_t * r_{su} * \sqrt{q} / f_i) * B = 53,19695$ кН/м);
- $E_э = \left| \frac{M_э}{N_э} \right| = 11,437 / 53,197 = 0,215$ мм ($E_э$ ($E_{п}$) = $0,215$ м).

По максимальному коэффициенту a_3 (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 25120

Козф. использования $a_3 = 0,212$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B = 0,51$ м

Нагрузка от ветра $q = 1,42$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_{п}$) = 56,43533 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э$ ($E_{п}$) = 0,215 м

Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_{п}$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N = 297,47$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании:

- Тип сетки: Прямоугольные;
- Класс арматуры: A240;
- Диаметр: 6 мм;
- Шаг стержней в сетках: 60 мм;
- Расстояние между сетками: 486 мм.

Трассировка расчета

Напряжение $Sig_{xs} = -683,97$ кН/м² от РСУ $0,783 * L_{61} + 0,804 * L_{62} + 0,645 * L_{63} + 0,7 * L_{64} + 0,7 * L_{65} - L_{68}$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i = 0,645$ для загрузки 3)

Напряжение $Sig_{xgs} = 0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 26) $\sqrt{q} = -94,28769$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_p * r_{su} = 0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 27) $\sqrt{q} = -36,83025$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № Lt=63) $fi*kt_rsu=0,645$ (если $kt_rsu \leq -1$, то $kt_rsu=kt_rsu$, если $-1 < kt_rsu < 0$, то $kt_rsu=-1$, если $0 < kt_rsu < 1$, то $kt_rsu=1$, если $kt_rsu > 1$, то $kt_rsu=kt_rsu$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $kp=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $kt=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M\alpha \quad sx1=kp*kp_rsu*\sqrt{kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}}=-110,65751 \text{ кН/м}^2$

Объемный вес кладки $g=20,8 \text{ кН/м}^3$

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,15 \text{ м}$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51 \text{ м}$

Нагрузка от ветра $kw*w=1,4202 \text{ кН/м}^2$

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E1=0,215 \text{ м}$

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M\alpha=1*B*sx1*E1=-12,1336 \text{ кН*м}$

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N\alpha$ ($Nп$)= $-1*(kp_rsu*\sqrt{kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}})*B=56,43533 \text{ кН/м}$

Приведенный эксцентриситет $E\alpha=M\alpha/N\alpha=-0,215 \text{ м}$

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $Ng\alpha$ ($Ngп$)= $-1*(dp*kp_rsu*\sqrt{dt*kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}})*B=44,23 \text{ кН/м}$ (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $N\alpha$ ($Nп$)= $Ng\alpha/N\alpha$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N=-1*(Sig_xs-kp_rsu*\sqrt{dp*fi*kt_rsu*\sqrt{dt*x*g}})*B=297,47 \text{ кН/м}$

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $Ng=-1*(Sig_xgs-dp*kp_rsu*\sqrt{dp*fi*kt_rsu*\sqrt{dt*x*g}})*B=-43,48 \text{ кН/м}$

Коэффициент длительной части для N : Ng/N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

PCU для элемента № 25120, соответствующие $Sig_xs=-683,97$ приведены на рис. 2.2.3.

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	σ_z кН/м ²	M_x кН*м	M_y кН*м	M_z кН*м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
8003	Расчетные длительные	-681,19	-90,74	6,55	1,902	0,34	0,845	11,894	14,036	0	0	0.7826*1.61+0.8035*1.62+0.35*1.63+0.315*1.64
3000	Расчетные длительные	-681,27	-90,76	6,48	1,874	0,338	0,833	11,717	13,823	0	0	0.7826*1.61+0.8035*1.62+0.315*1.63+0.245*1.64+0.35*1.65+0*1.68
1200	Расчетные длительные	-681,27	-90,76	6,48	1,874	0,338	0,833	11,717	13,823	0	0	0*1.9+0.7826*1.61+0.8035*1.62+0.315*1.63+0.245*1.64+0.35*1.65
12015	Расчетные длительные	-684,01	-91,1	6,6	1,902	0,342	0,846	11,895	14,028	0	0	0.7826*1.61+0.8035*1.62+0.35*1.63+0.45*1.65
12000	Расчетные длительные	-685,44	-91,3	6,55	1,902	0,342	0,846	11,895	14,032	0	0	0.7826*1.61+0.8035*1.62+0.35*1.63+0.245*1.64+0.45*1.65
0	Нормативные значения	-696,24	-94,54	2,45	1,791	0,322	0,816	11,183	13,233	0	0	0.8695*1.61+0.8928*1.62+0.7142*1.68
12060	Расчетные длительные	-700,31	-86,82	9,35	1,881	0,36	0,829	11,748	13,781	0	0	0*1.9+0.7826*1.121+0.8035*1.122+0.315*1.123+0.35*1.125
12075	Расчетные длительные	-700,31	-86,82	9,35	1,881	0,36	0,829	11,748	13,781	0	0	0*1.9+0.7826*1.121+0.8035*1.122+0.315*1.123+0.35*1.125
45	Нормативные значения	-700,77	-93,52	4,91	1,797	0,311	0,799	11,222	13,38	0	0	0.8695*1.61+0.8928*1.62+0.7142*1.69
12060	Расчетные длительные	-704,58	-87,33	9,43	1,91	0,364	0,841	11,926	13,989	0	0	0.7826*1.121+0.8035*1.122+0.35*1.123+0.45*1.125
3200	Расчетные значения	-706,85	-95,28	1,8	2,311	0,389	1,05	14,993	17,282	0	0	0.7826*1.61+0.8035*1.62+0*1.63+0.7142*1.68+0.7155*1.68
12150	Расчетные длительные	-715,32	-95,04	9,08	1,897	0,389	0,77	11,764	13,796	0	0	0.315*1.3+0.245*1.4+0.35*1.5+0*1.9+0.7826*1.61+0.8035*1.62
7000	Нормативные значения	-716,59	-97,08	2,41	1,797	0,337	0,799	11,191	13,231	0	0	0.75*1.4+0.5*1.5+0.8695*1.61+0.8928*1.62+0.7142*1.68
8001	Нормативные значения	-717,26	-90,48	14,81	2,384	0,632	0,651	16,255	16,955	0	0	0.6923*1.3+0.5833*1.4+0.7142*1.8+0.6805*1.121+0.7174*1.122
12150	Нормативные значения	-717,47	-94,5	11,99	1,99	0,375	0,616	12,187	14,783	0	0	0.6923*1.3+0.5833*1.4+0.5*1.5+0.7142*1.9+0.6805*1.61+0.7174*1.62
105	Нормативные значения	-718,13	-90,61	5,45	1,799	0,345	0,81	11,214	13,195	0	0	0.7142*1.68+0.8695*1.121+0.8928*1.122

Рис. 2.2.3 – РСУ для элемента № 25120, соответствующие Sig_xs

Тестовая проверка и пояснения:

- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcu} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} = -706,85 - 0,9* -89,7 + 0,645*1* -89,7 = -683,98 \text{ кН/м}^2$
 $(Sig_xs = -683,97 \text{ кН/м}^2)$, так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 63 $k_{ts,rsu} = 0,9 < 1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1) по параметру $L=3$ в группе этажа № 88 плагин **BrickWalls** идентифицирует, что в режиме **Вариация моделей** коэффициент φ необходимо применить к загрузке № 63 (№ 3 в Модели № 2);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} + \gamma x) = -0,51*(-683,98 - 1*0,7826* -94,3 - 0,645*1* -36,8 + 20,8*0,15) = 297,50 \text{ кН/м}$ ($N = 297,47 \text{ кН/м}$);
- поскольку стена толщиной $510 > 300 \text{ мм}$, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt} = 1*0,7826* -94,3 + 1*1* -36,8 = -110,60 \text{ кН/м}^2$
 $(sx1 = kp*kp_rsu*\sqrt{kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}} = -110,65751 \text{ кН/м}^2)$;
- $M_3 = h\sigma_{x1}e_1 = 0,51* -110,66*0,215 = -12,13 \text{ кН*м/м}$ ($M\alpha = 1*B*sx1*E1 = -12,1336 \text{ кН*м}$);
- $N_3 = -1 * h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = -0,51*(0,7826* -94,3 + 1*1* -36,8) = 56,41 \text{ кН/м}$
 $(N\alpha (Nп) = -1*(kp_rsu*\sqrt{kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}})*B = 56,43533 \text{ кН/м})$;
- $E_3 = \left| \frac{M_3}{N_3} \right| = 12,13/56,41 = 0,215 \text{ м}$ ($E\alpha (Eп) = 0,215 \text{ м}$).

Исходные данные и результаты расчета в программе КАМИН приведены на рис. 2.2.4 - 2.2.7.

Расчетные характеристики кладки

Параметр	Значение	Единица
R	1700	кН/м ²
R _н	80	кН/м ²
R _п	160	кН/м ²
R _{нп}	250	кН/м ²
R _{пн}	120	кН/м ²
R _{нпн}	160	кН/м ²
R _{пнп}	240	кН/м ²
R _{нпнп}	250	кН/м ²
R _{пнпн}	120	кН/м ²
E	4080000	кН/м ²
α	1200	кН/м ²

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент	Статус
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,035	Выполнено
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,083	Выполнено
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	1,006	Не выполнено
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	0,992	Выполнено
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	1,035	Не выполнено

Рис. 2.2.4 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН без армирования при ручном определении исходных данных по результатам расчета в SCAD++

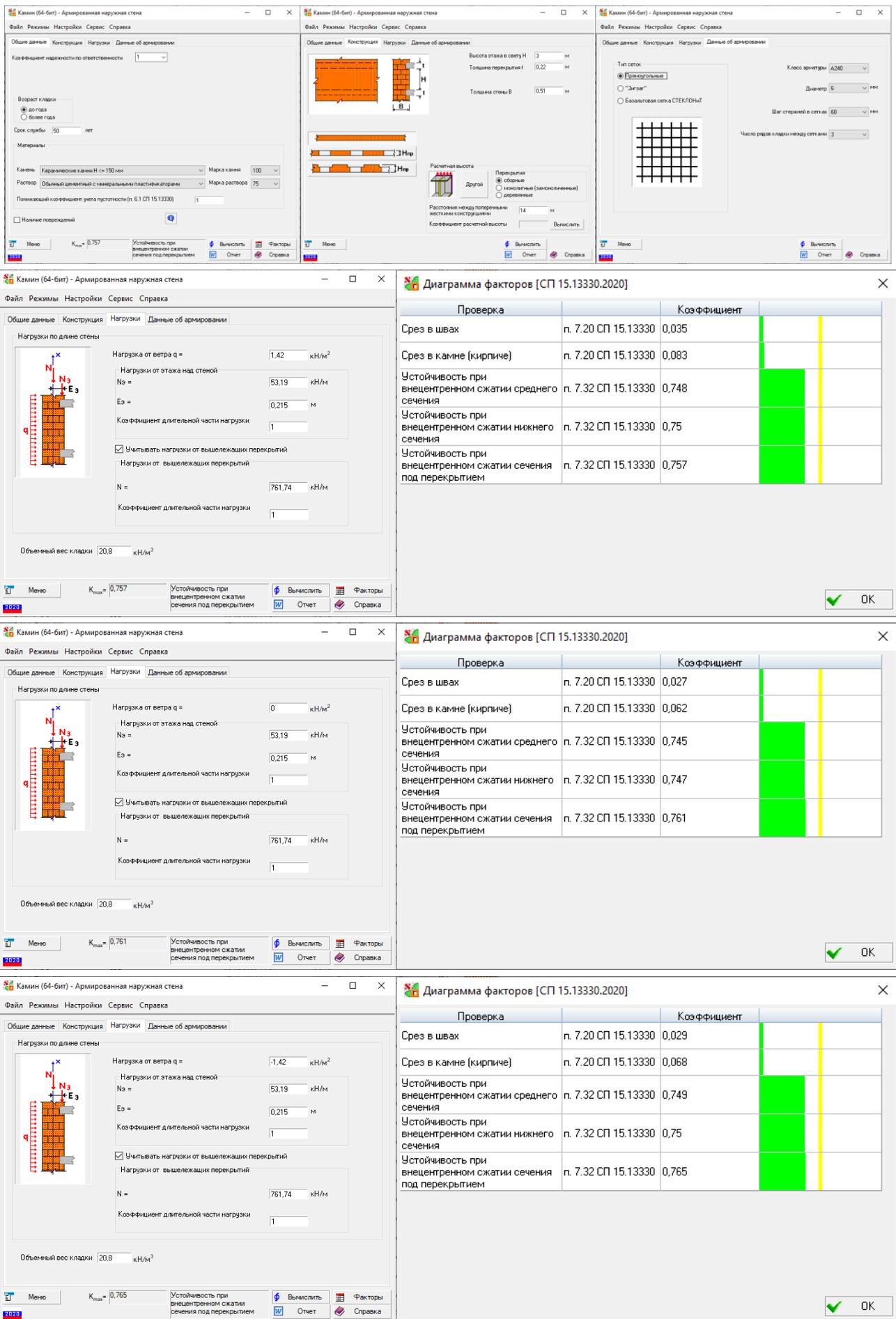


Рис. 2.2.5 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН с учетом армирования при ручном определении исходных данных по результатам расчета в SCAD++

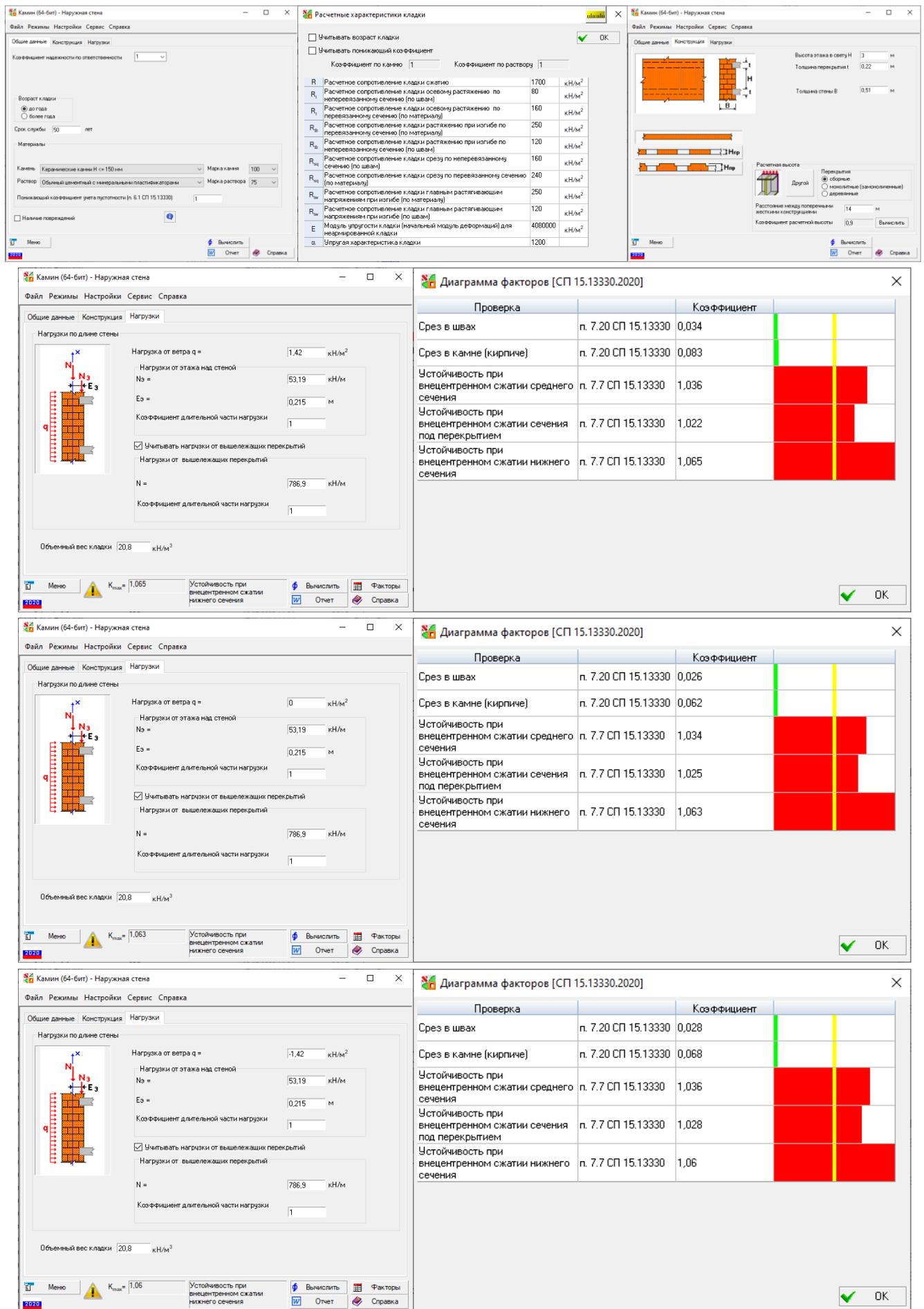
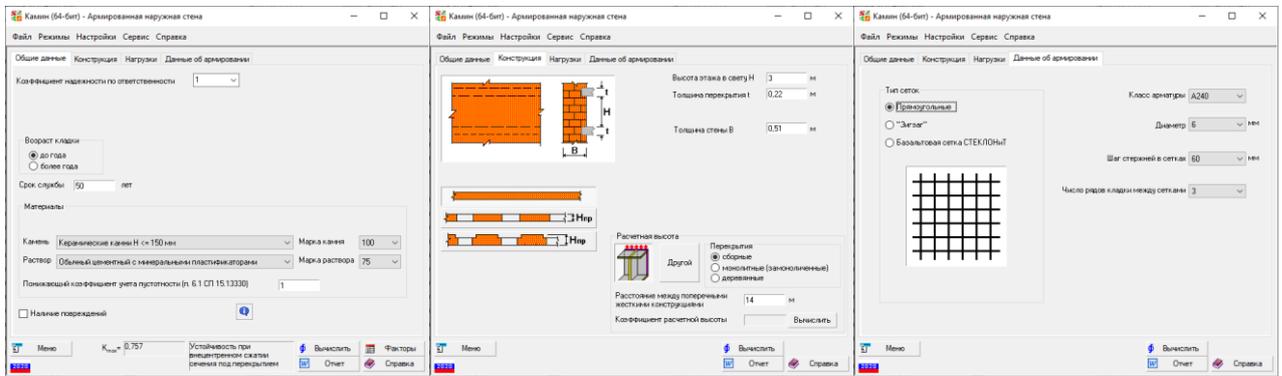


Рис. 2.2.6 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе KAMIN без армирования при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а1



Камин (64-бит) - Армированная наружная стена

Общие данные Конструкция Нагрузки Данные об армировании

Нагрузки по длине стены

Нагрузка от ветра $q = 1.42$ кН/м²

Нагрузки от этажа над стеной $N_3 = 53.19$ кН/м

$E_3 = 0.215$ м

Кoeffициент длительной части нагрузки: 1

Учитывать нагрузки от вышележащих перекрытий

Нагрузки от вышележащих перекрытий

$N = 786.9$ кН/м

Кoeffициент длительной части нагрузки: 1

Объемный вес кладки: 20.8 кН/м³

$K_{stab} = 0.779$

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Норматив	Кoeffициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,034
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,083
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,771
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,772
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,779

$K_{stab} = 0.779$

Камин (64-бит) - Армированная наружная стена

Общие данные Конструкция Нагрузки Данные об армировании

Нагрузки по длине стены

Нагрузка от ветра $q = 0$ кН/м²

Нагрузки от этажа над стеной $N_3 = 53.19$ кН/м

$E_3 = 0.215$ м

Кoeffициент длительной части нагрузки: 1

Учитывать нагрузки от вышележащих перекрытий

Нагрузки от вышележащих перекрытий

$N = 786.9$ кН/м

Кoeffициент длительной части нагрузки: 1

Объемный вес кладки: 20.8 кН/м³

$K_{stab} = 0.783$

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Норматив	Кoeffициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,026
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,062
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,767
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,769
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,783

$K_{stab} = 0.783$

Камин (64-бит) - Армированная наружная стена

Общие данные Конструкция Нагрузки Данные об армировании

Нагрузки по длине стены

Нагрузка от ветра $q = 0$ кН/м²

Нагрузки от этажа над стеной $N_3 = 53.19$ кН/м

$E_3 = 0.215$ м

Кoeffициент длительной части нагрузки: 1

Учитывать нагрузки от вышележащих перекрытий

Нагрузки от вышележащих перекрытий

$N = 786.9$ кН/м

Кoeffициент длительной части нагрузки: 1

Объемный вес кладки: 20.8 кН/м³

$K_{stab} = 0.783$

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Норматив	Кoeffициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,026
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,062
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,767
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.32 СП 15.13330	0,769
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.32 СП 15.13330	0,783

$K_{stab} = 0.783$

Рис. 2.2.7 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН с учетом армирования при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а1

Из рис. 2.2.4 – 2.2.7 следует, что ветровое давление для несущего простенка среднего этажа не оказывает существенного влияния.

Результаты расчета через плагин **BrickWalls** для всех элементов стены восьмого этажа (номер группы – 11, отметки от +21,000 до +24,000) в режиме **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**) приведены в таблице 2.2.1 с учетом коэффициента $\varphi < 1$, в таблице 2.2.2 при $\varphi = 1$, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элемента № 3670, а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин **BrickWalls**.

В таблице 2.2.1 использованы следующие обозначения:

- а1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- а2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- а3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- а4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$);
- а5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- а6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y - 0.02))$.

Таблица 2.2.1 – Результаты расчета стены через плагин **BrickWalls** с учетом коэффициента $\varphi < 1$

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	Н эл.	а1	Н эл.	а2	Н эл.	а3	Н эл.	а4	Н эл.	а5	Н эл.	а6
8 эт 21-24												
11	22895	0,96	22895	0,72	22895	0,02	22895	-	22895	0,04	22895	0,91
11	22933	1,03	22933	0,76	22933	0,02	22933	-	22933	0,04	22933	0,91
11	22970	0,96	22970	0,72	22970	0,02	22970	-	22970	0,04	22970	0,91
11	23359	0,97	23359	0,73	23359	0,03	23359	-	23359	0,06	23359	0,91
11	23561	0,99	23561	0,74	23561	0,03	23561	-	23561	0,05	23561	0,91
11	23565	0,99	23565	0,74	23565	0,03	23565	-	23565	0,06	23565	0,91
11	23817	0,98	23817	0,73	23817	0,04	23817	-	23817	0,09	23817	0,91
11	23843	0,99	23843	0,74	23843	0,05	23843	-	23843	0,09	23843	0,91
11	23868	0,97	23868	0,73	23868	0,05	23868	-	23868	0,09	23868	0,91
11	24067	0,97	24067	0,73	24067	0,08	24067	-	24067	0,17	24067	0,91
11	24123	0,99	24123	0,75	24123	0,08	24123	-	24123	0,17	24123	0,91
11	24129	0,98	24129	0,74	24129	0,09	24129	-	24129	0,18	24129	0,91
11	24479	0,99	24479	0,75	24479	0,12	24479	-	24479	0,26	24479	0,91
11	24532	0,95	24532	0,72	24532	0,11	24532	-	24532	0,23	24532	0,91
11	24762	1	24762	0,77	24762	0,14	24762	-	24762	0,28	24762	0,91
11	24913	1,01	24913	0,78	24913	0,2	24913	-	24913	0,4	24913	0,91
11	25120	1,03	25120	0,79	25120	0,21	25120	-	25120	0,44	25120	0,91
11	25175	0,91	25175	0,69	25175	0,09	25175	-	25175	0,19	25175	0,91

Таблица 2.2.2 – Результаты расчета стены через плагин **BrickWalls** при $\varphi = 1$

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	Н эл.	а1	Н эл.	а2	Н эл.	а3	Н эл.	а4	Н эл.	а5	Н эл.	а6
8 эт 21-24												
11	22895	1	22895	0,74	22895	0,02	22895	-	22895	0,04	22895	0,91
11	22933	1,07	22933	0,79	22933	0,02	22933	-	22933	0,04	22933	0,91
11	22970	1	22970	0,74	22970	0,02	22970	-	22970	0,04	22970	0,91
11	23359	1,01	23359	0,75	23359	0,03	23359	-	23359	0,06	23359	0,91

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	N эл.	a1	N эл.	a2	N эл.	a3	N эл.	a4	N эл.	a5	N эл.	a6
11	23561	1,03	23561	0,77	23561	0,03	23561	-	23561	0,06	23561	0,91
11	23565	1,02	23565	0,76	23565	0,03	23565	-	23565	0,06	23565	0,91
11	23817	1,01	23817	0,76	23817	0,05	23817	-	23817	0,09	23817	0,91
11	23843	1,03	23843	0,77	23843	0,05	23843	-	23843	0,1	23843	0,91
11	23868	1	23868	0,75	23868	0,05	23868	-	23868	0,1	23868	0,91
11	24067	1	24067	0,76	24067	0,08	24067	-	24067	0,17	24067	0,91
11	24123	1,02	24123	0,77	24123	0,08	24123	-	24123	0,17	24123	0,91
11	24129	1,01	24129	0,76	24129	0,09	24129	-	24129	0,18	24129	0,91
11	24479	1,02	24479	0,78	24479	0,13	24479	-	24479	0,27	24479	0,91
11	24532	0,98	24532	0,74	24532	0,11	24532	-	24532	0,23	24532	0,91
11	24762	1,04	24762	0,79	24762	0,14	24762	-	24762	0,29	24762	0,91
11	24913	1,05	24913	0,81	24913	0,2	24913	-	24913	0,41	24913	0,91
11	25120	1,06	25120	0,82	25120	0,21	25120	-	25120	0,44	25120	0,91
11	25175	0,94	25175	0,71	25175	0,1	25175	-	25175	0,2	25175	0,91

Выводы:

- результаты расчета в плагине **BrickWalls** неармированной кладки отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** (рис. 2.2.4) в $1,03/1,04=0,99$ раза;
- результаты расчета в плагине **BrickWalls** армированной кладки отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** (рис. 2.2.5) в $0,79/0,77=1,03$ раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** неармированной кладки при приближенном учете веса стен при определении N (без учета веса перемычек рис. 2.2.6) отличаются от более точного расчета (рис. 2.2.4) в $1,065/1,035=1,03$ раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** армированной кладки при приближенном учете веса стен при определении N (без учета веса перемычек рис. 2.1.6) отличаются от более точного расчета (рис. 2.1.4) в $0,783/0,765=1,02$ раза;
- в программе **КАМИН** стена рассматривается как пролет неразрезной балки, что соответствует схеме а) рис. Б.1. СП 15.13330.2020, а плагине **BrickWalls** при расчете на вертикальную нагрузку используется расчетная схема б) рис. Б.1. СП 15.1333.2020 (рис. 2.1.9), а при расчетах на ветровую нагрузку согласно п. Б.1 СП 15.13330.2020 (в пределах каждого этажа как для балки с заделанными концами, за исключением верхнего этажа, в котором верхняя опора принимается шарнирной), но результаты расчета между разными схемами отличаются несущественно, соответственно нет смысла применять схему неразрезной балки;
- при $\varphi=1$ коэффициент использования для среднего этажа увеличивается в $1,07/1,03=1,039$ раза без армирования, и в $0,79/0,76=1,0395$ раза с армированием.

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 22933 (max a1) с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_trace_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 8 эт 21-24

Имя группы: 8 эт 21-24 f=8 h=3 l0=2,7 Lp=1 qp=26 Lt=3 qt=27 b=0,12 w=0,54 L=3 n=6 u=0 (BWL)

Нижний уровень: 21 м; Верхний уровень: 24 м;

Параметры группы этажа:

- Номер этажа (f)=8;
- Высота этажа (h)=3 м | Расчетная высота (l0)=2,7 м;
- qp=26 (Пост. пп +24 qp=8 эт 21-24);
- qt=27 (кр. пп +24 qt=8 эт 21-24);
- b=0,12 м;

-w=0,54 кН/м²;
-L=3 (Врем-типовые (L));
-n=6;
-u=0 (не является последним этажом);

****Номер элемента 22933****

Номер группы: 11

Имя группы: 11 a1=9 a2=0 kw=2,63 kp=1 kt=1 kwf15=1 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 21 м
-Середина: 21,15 м
-Верх: 21,3 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,51 м
-a1=9 м² (п. 6.7 СП 20.13330)
-a2=0 м² (п. 6.7 СП 20.13330)
-kw=2,63 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: НС 7-8 эт
-Прочностные характеристики: R_x=1,7 МПа | R_y=1,36 МПа | R_{tx}=0,08 МПа | R_{ty}=0,16 МПа | R_{sqx}=0,65 МПа | R_{sqy}=0,16 МПа | R_{tw}=0,12 МПа | k=2 | a=1200 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены:

-Имя: Арм нс 6х60х60 ч 3 р (486 мм)
-Параметры: d=6 мм | R_s=210 МПа | R_{sn}=240 МПа | y_{cs}=0,75 | c=60 мм | s=486 мм | R_{sn}=240

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
-Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 1,027

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1696,13 кН/м² | Комбинация: L1+L2+0,645*L3+0,7*L4+0,7*L5-0,9*L69
-Sig_x: -1696,13 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)
-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
-Sig_x1: -104,308 кН/м² | Комбинация: L26+L27
-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
-Sig_x2: -1696,13 кН/м² | Комбинация: Sig_x
-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

По результатам, приведенным на рис. 2.2.1.

$\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -1761,5-1*-184,2+0,645*1*-184,2 = -1696,109$ кН/м²
(Sig_xs: -1696,13 кН/м²), так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu} = 1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1).

Sig_xgs, Sig_xg, Sig_x1g определять не требуется, поскольку толщина стены 510>300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$.

Коэффициенты управления эксцентриситетом от перекрытий $k_p = k_t = 1$, поэтому

Sig_x = Sig_xs = -1696,13 кН/м² (Sig_x: -1696,13 кН/м²).

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.2.8) для группы № 88 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина **BrickWalls**:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p = 1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_p = 26$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t = 3$;

- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_t=27$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**)

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по нагружению 26 ($q_p=12$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 1 ($L_p=1$), напряжение от временных нагрузок принято по нагружению 13 ($q_t=13$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 3 ($L_t=3$). Коэффициент φ , учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей при расчете эксцентриситета от перекрытия не учитывается.

The screenshot shows the 'BrickWallPre' application window with the 'Parameters of floors' table. The table lists various floor parameters including group number, floor name, floor number, height, and load parameters. The 8th floor is highlighted in blue. To the right of the table, there are configuration options for the selected floor, including 'Number of floors', 'Height', 'Load parameters', and 'Flag of top floor'.

№ группы	Имя этажа	Номер этажа	h	l0	Lp	qp	Lt	qt	b	w	L	n
80	-1 эт -2,2-0	-1	2,2	1,98	1	10	3	11	0,12	0	3	14
81	1 эт 0-3	1	3	2,7	1	12	3	13	0,12	0,46	3	13
82	2 эт 3-6	2	3	2,7	1	14	3	15	0,12	0,46	3	12
83	3 эт 6-9	3	3	2,7	1	16	3	17	0,12	0,46	3	11
84	4 эт 9-12	4	3	2,7	1	18	3	19	0,12	0,46	3	10
85	5 эт 12-15	5	3	2,7	1	20	3	21	0,12	0,46	3	9
86	6 эт 15-18	6	3	2,7	1	22	3	23	0,12	0,54	3	8
87	7 эт 18-21	7	3	2,7	1	24	3	25	0,12	0,54	3	7
88	8 эт 21-24	8	3	2,7	1	26	3	27	0,12	0,54	3	6
89	9 эт 24-27	9	3	2,7	1	28	3	29	0,12	0,54	3	5
90	10 эт 27-30	10	3	2,7	1	30	3	31	0,12	0,54	3	4
91	11 эт 30-33	11	3	2,7	1	32	3	33	0,12	0,54	3	3
92	12 эт 33-36	12	3	2,7	1	34	3	35	0,12	0,54	3	2
93	13 эт 36-39	13	3	2,7	1	36	3	37	0,12	0,54	3	1
94	14 эт 39-42	14	3	2,7	1	38	4	39	0,12	0,54	3	1
95	15 эт чердак под надстройкой	15	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1
96	15 эт чердак	16	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1
97	Надстройка над кровлей	17	1,6	1,44	1	42	5	43	0,12	0,54	3	1

Рис. 2.2.8 – Исходные данные по этажам для плагина **BrickWalls**

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.2.2) по РСУ $L1+L2+0,645 \cdot L3+0,7 \cdot L4+0,7 \cdot L5-0,9 \cdot L69$ (с учетом коэффициента $\varphi=0,645$) от комбинации $L26+L27$

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 \cdot 1 \cdot 75 + 1 \cdot 1 \cdot 29,3 = 104,300 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_x1: -104,308 кН/м²);

Проверка по грузовой ширине $\sigma_{x1} = (5+1,95) \cdot (6/2) \cdot (0,5 \cdot 2,1 + 1,29 + 0,5 \cdot 2,1) / (1,29 \cdot 0,51) = 107,44 \text{ кН/м}^2$ (5 кН/м² и 1,95 кН/м² – постоянная и временная нагрузка на перекрытие, 6 м – размер пролета, 2,1 м – размер проема слева и справа, 1,29 м – ширина простенка, 0,51 м – толщина стены).

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,215 м – эксцентриситет от перекрытия
- M1: -0,57187 кН * м – момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м – момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м – эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м – момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м – момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: -0,76158 кН * м – момент от ветра
- M3g: 0 кН * м – момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,001542 м – действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м – действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5 \cdot 0,51 - 0,12/3; 0,5 \cdot 0,51 - 0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215 \text{ м}$ ($b=0,12 \text{ м}$ – ширина опирания плиты, $h=0,51 \text{ м}$ – толщина стены), ($E1: 0,215 \text{ м}$).

Для проверки усилий от вертикальной нагрузки и от ветра на рис. 2.2.9 приведены эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине **BrickWalls**.

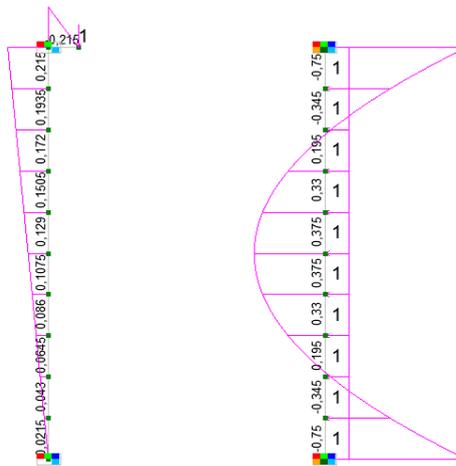


Рис. 2.2.9 – Эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине **BrickWalls** (размер конечного элемента 0,3 м)

$M_1 = \text{Sig}_x \cdot 1 \text{ м} \cdot h \cdot E_1 (1-x/H) = -104,308 \cdot 0,51 \cdot 0,215 \cdot (1-2,85/3) = -0,57187 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа, в плагине BrickWalls для верхних элементов этажа $x=0$). По эпюре моментов на рис. 2.1.9 $M_1 = -104,308 \cdot 0,51 \cdot 0,0215/2 = -0,57187$ (M_1 : $-0,57187 \text{ кН} \cdot \text{м}$)

По эпюре моментов, приведенной на рис. 2.1.9

$M_3 = kw \cdot w \cdot 0,33 = 2,63 \cdot 0,54 \cdot (-0,345 + 0,75)/2 = -0,778 \text{ кНм}$ (M_3 : $-0,76158 \text{ кН} \cdot \text{м}$). В плагине BrickWalls правило знаков для моментов от ветра при положительном значении w или kw принято по рис. 2.1.9, т.е. таким, чтобы момент от ветра под перекрытием суммировался с моментом от перекрытия.

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M_1 + M_2 + M_3)| / (|\text{Sig}_x| \cdot h) + e_v = \text{ABS}(-0,57187 + 0 - 0,76158) / (1696,13 \cdot 0,51) + 0 = 0,001542 \text{ м}$$

(E_0 : $0,001542 \text{ м}$).

Проверка допустимости эксцентриситета:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,001542 / (0,7 \cdot 0,51/2) = 0,009$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0 / (k \cdot \gamma)); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,001542 / (0,9 \cdot 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,007; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

- M_G : 1 (п. 7.7)
- Fi_1 : 0,974 (ф. 7.6)
- Ω : 1,003023 (таб. 7.2)
- A_c : 0,507 м² (ф. 7.5)
- μ : 0,194 % (п. 7.31)
- $Fi_1 \text{ Arm}$: 0,966 (ф. 7.6)
- R : 1,7 МПа

$M_G=1$ поскольку толщина стены $h=51 \text{ см} > 30 \text{ см}$ (последний абзац п. 7.7 [1]), (M_G : 1).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,7/0,51 = 5,294$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi = 0,979$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,51 - 2 \cdot 0,001542 = 0,507 \text{ м}$.

$\lambda_{hc} = H/h_c = 3/0,507 = 5,917$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c = 0,969$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,979 + 0,969)/2 = 0,974$ (Fi_1 : 0,974).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51 \cdot 1 \cdot (1 - 2 \cdot 0,001542/0,51) = 0,507 \text{ м}^2$ (A_c : 0,507 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,001542/0,51 = 1,003024 < 1,45$ (Ω : 1,003023).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 1696,13 \cdot 0,51 / (1 \cdot 0,974 \cdot 1700 \cdot 0,507 \cdot 1,003023) = 1,027$

(КИ: 1,027).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020; (a2)-----

Доп информация: п. 7.32, ф. (7.26)

КИ: 0,765

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1696,13 кН/м² | Комбинация: L1+L2+0,645*L3+0,7*L4+0,7*L5-0,9*L69

-Sig_x: -1696,13 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -104,308 кН/м² | Комбинация: L26+L27

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1696,13 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,57187 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: -0,76158 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,001542 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)

-Fi_1: 0,974 (ф. 7.6)

-Omega: 1,003023 (таб. 7.2)

-A_c: 0,507 м² (ф. 7.5)

-Mu: 0,194 % (п. 7.31)

-Mu_ult: 0,546 % (п. 7.31)

-Fi_1_Arm: 0,966 (ф. 7.6)

-R: 1,7 МПа

-Rskb: 2,303 МПа (ф. 7.27)

$E_0=0,001542 \text{ м} < 0,17*0,51=0,09 \text{ м}$ и условие применимости формулы (7.25) [1] выполнено.

Процент армирования по объему согласно п. 7.31 [1]

$$\mu = 2 \frac{A_{st}}{CS} 100 = 2 * 3,1416 * 6^2 * 100 / (4 * 60 * 486) = 0,1939 \% < \frac{50R}{(1 - \frac{2e_0}{y})R_s} =$$

$$= 50 * 1700 / ((1 - 2 * 0,001542 / (0,51/2)) * 210000 * 0,75) = 0,5463 \% > 0,1\% \text{ (Mu: } 0,194, \text{ Mu_ult: } 0,546 \%)$$

$$\text{По формуле (7.27) [1] } R_{skb} = R + \frac{p\mu R_s}{100} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right) =$$

$$= 1700 + 2 * 0,1939 * 210000 * 0,75 * (1 - 2 * 0,001542 / (0,51/2)) / 100 = 2303,40 \text{ кН/м}^2 < 2R = 2 * 2200 = 4400 \text{ кН/м}^2$$

(Rskb: 2,303 МПа).

По формуле (6.1) [1] $R_u = kR = 2 * 1700 = 3400 \text{ кН/м}^2$.

$$\text{По формуле (6.6) [1] } R_{sku} = kR + \frac{2R_{sn}\mu}{100} = 2 * 1700 + 2 * 240000 * 0,1939 / 100 = 4330,72 \text{ кН/м}^2.$$

$$\text{По формуле (6.4) [1] } \alpha_{sk} = \alpha \frac{R_u}{R_{sku}} = 1200 * 3400 / 4330,72 = 942,11.$$

По таблице (7.1) при определенных выше $\alpha_{sk}=942,11$, $\lambda_h=5,294$ и $\lambda_{hc}=5,917$:

- $\varphi=0,973$;
- $\varphi_c=0,959$.

$$\text{По формуле (7.6) [1] } \varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,973 + 0,959) / 2 = 0,966 \text{ (Fi_1_Arm: } 0,966).$$

$$\text{По формуле (7.25) } a_2 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R_{skb} A_c \omega} = 1696,13 * 0,51 / (1 * 0,966 * 2303,4 * 0,507 * 1,003) = 0,764 \text{ (КИ: } 0,765)$$

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (a3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7 (h/2)$

КИ: 0,018

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -768,753 кН/м² | Комбинация: 0,783*L61+0,804*L62+0,645*L123+0,7*L124-L128

-Sig_x: -768,753 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
 -Sig_x1: -87,999 кН/м² | Комбинация: 0,783*L26+L27
 -Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_x2: -768,753 кН/м² | Комбинация: Sig_x
 -Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
 -M1: -0,48245 кН * м - момент от перекрытия
 -M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
 -E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
 -M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
 -M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
 -M3: -0,76158 кН * м - момент от ветра
 -M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
 -E_0: 0,003173 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)
 -E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{xs,pcy} = -793,37$ кН/м², соответствующее $\text{Sig}_{xs} = -768,753$ кН/м² приведено на рис. 2.2.10.

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	σ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
0	Нормативные длительные	-788,41	-155,26	11,6	-3,395	-1,213	-0,06	13,616	-0,338	0	0	0.8695*L61+0.8928*L62+0*L69
45	Нормативные длительные	-788,41	-155,26	11,6	-3,395	-1,213	-0,06	13,616	-0,338	0	0	0.8695*L61+0.8928*L62+0*L128
60	Нормативные длительные	-788,41	-155,26	11,6	-3,395	-1,213	-0,06	13,616	-0,338	0	0	0.8695*L61+0.8928*L62+0*L68
120	Нормативные длительные	-788,41	-155,26	11,6	-3,395	-1,213	-0,06	13,616	-0,338	0	0	0.8695*L61+0.8928*L62+0*L128
2030	Нормативные длительные	-788,41	-155,26	11,6	-3,395	-1,213	-0,06	13,616	-0,338	0	0	0.8695*L61+0.8928*L62+0*L129
0	Нормативные значения	-788,41	-155,26	11,6	-3,395	-1,213	-0,06	13,616	-0,338	0	0	0.8695*L61+0.8928*L62
0	Нормативные длительные	-788,41	-155,26	11,6	-3,395	-1,213	-0,06	13,616	-0,338	0	0	0.8695*L61+0.8928*L62
2000	Нормативные значения	-790	-148,85	9,78	-3,84	-1,391	-0,29	15,328	-0,019	0	0	0.7692*L3+0.75*L4+0.5*L5+0.6805*L61+0.7174*L62
1145	Расчетные значения	-793,37	-157,02	13,57	-4,422	-1,388	-0,311	17,94	-0,184	0	0	0.8+0.7826*L61+0.8035*L62+0.9*L63
5000	Расчетные значения	-793,37	-157,02	13,57	-4,422	-1,617	-0,075	17,73	-0,495	0	0	0.7826*L61+0.8035*L62+0.9*L122+0.7*L124+L128
120	Нормативные значения	-793,9	-155,61	0,74	-3,395	-1,212	-0,075	13,618	-0,287	0	0	0.8695*L61+0.8928*L62+0.7142*L128
8002	Нормативные длительные	-794,92	-156,36	11,62	-3,395	-1,212	-0,064	13,616	-0,342	0	0	0.3214*L5+0.94+0.8695*L61+0.8928*L62
8002	Нормативные длительные	-795,64	-156,48	11,62	-3,395	-1,212	-0,064	13,616	-0,343	0	0	0.3571*L5+0.8695*L61+0.8928*L62
11045	Расчетные значения	-796,86	-157,42	11,35	-4,44	-1,621	-0,323	17,694	3,653	0	0	0.8+0.7826*L61+0.8035*L62+0.9*L63+0.7*L64
75	Нормативные значения	-800,63	-150,55	21,16	-3,395	-1,21	-0,058	15,626	-0,402	0	0	0.7142*L68+0.8695*L121+0.8928*L122
11015	Расчетные значения	-801,29	-158,72	15,21	-4,437	-1,613	0,132	17,768	-4,317	0	0	0.8+0.7826*L61+0.8035*L62+0.9*L63+0.7*L64

Рис. 2.2.10 – PCY для элемента № 22933

Напряжения для расчета эксцентриситета:

- $\sigma_x = \sigma_{xs} = \sigma_{xts,pcy} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = -793,37 - 0,9 * -96,53 + 0,645 * 1 * -96,53 = -768,755$ кН/м² (Sig_x : -768,753 кН/м²), так как коэффициент сочетания в PCY для загрузки № 123 $k_{ts,rsu} = 0,9 < 1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1), по параметру $L=3$ в группе этажа № 88 плагин **BrickWalls** идентифицирует, что в режиме **Вариация моделей** коэффициент φ необходимо применить к загрузке № 123 (№ 3 в Модели № 3);
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности.

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.2.2) по комбинации PCY $0,783 * L61 + 0,804 * L62 + 0,9 * L123 + 0,7 * L124 - L128$ от комбинации $0,783 * L26 + L27$

$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,7826 * 1 * -75 + 1 * 1 * -29,3 = -87,995$ кН/м² (Sig_{x1} : -87,999 кН/м²;
 $M1 = \text{Sig}_{x1} * 1 * h * E1(1-x/H) = -87,999 * 0,51 * 0,215 * (1 - 2,85/3) = -0,482$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M1$: -0,48245 кН * м)

Расчетный эксцентриситет

$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + ev = \text{ABS}(-0,48245 + 0 - 0,76158) / (768,753 * 0,51) + 0 = 0,003173$

(E_0 : 0,003173 м);

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1]

$a3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,003173 / (0,7 * 0,51/2) = 0,018$ (КИ: 0,018)

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие $a3$ -----

-----Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020; ($a5$)-----

Доп информация: п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$

КИ: 0,037

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -768,753 кН/м² | Комбинация: 0,783*L61+0,804*L62+0,645*L123+0,7*L124-L128

-Sig_x: -768,753 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -87,999 кН/м² | Комбинация: 0,783*L26+L27

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_x2: -768,753 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,48245 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: -0,76158 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,003173 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Коэффициент использования согласно п. 7.32 [1]

$$a_5 = E_0 / (0,17h) = 0,003173 / (0,17 * 0,51) = 0,037 \text{ (КИ: } 0,037)$$

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k * y); e_1 / (y - 0,02))$ (а6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,915

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -864,83 кН/м² | Комбинация: L61+L62+L69

-Sig_x: -864,83 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -75,021 кН/м² | Комбинация: L26+0*L27

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_x2: -864,83 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,4113 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: -0,76158 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,002659 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-k_y: 0,9_y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

-e₀/(k*y): 0,011587 (п. 7.10)

-e₁/(y-0.02): 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0 + e_v) / (k * y); E_1 / (y - 0,02)) = \max((0,002659 + 0) / (0,9 * 0,51 / 2); 0,215 / (0,51 / 2 - 0,02)) = \max(0,012; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k = 0,9$), (КИ: 0,915).

2.3 Расчет несущего простенка внешней стены (группа № 11) толщиной 510 мм на верхнем (15-м, чердачном) этаже

Расчет выполнен для группы элементов № 11 (рис. 2.1.1), которая соответствует простенку № 16 примера из пособия [8] (рис. 3.1) с использованием следующих прилагаемых файлов **SCAD++**:

- **Вариация.VPR**;
- **Модель_1_kred=0.8.SPR**;
- **Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR**;
- **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR**.

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.1.2.

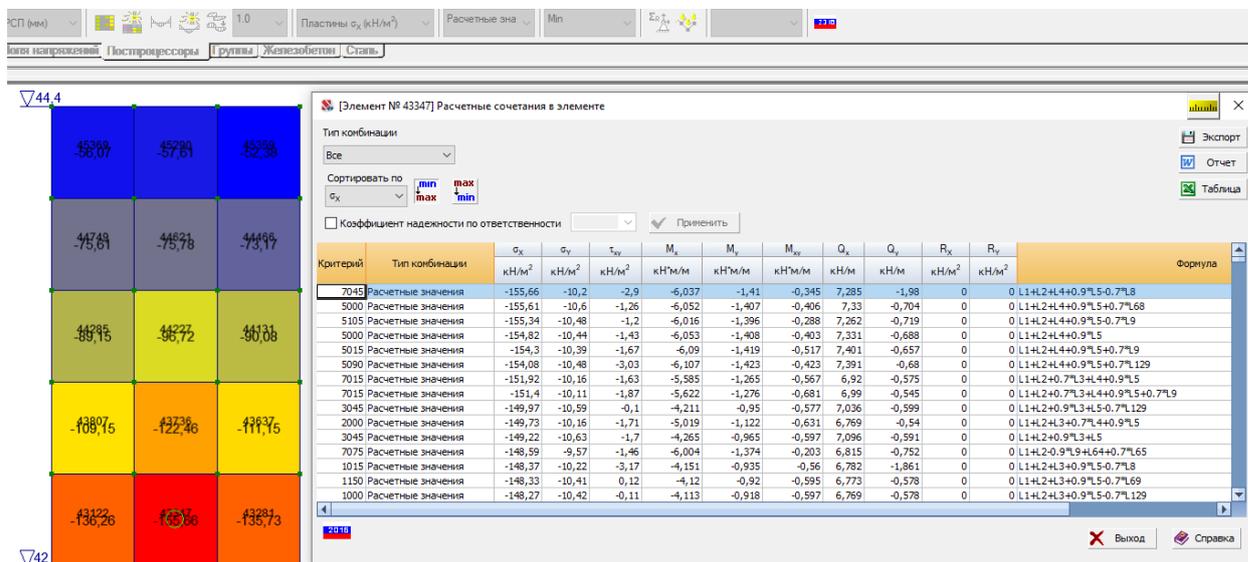


Рис. 2.3.1 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x)

Из рис. 2.3.1 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения в несущем простенке приняты от вертикальных нагрузок по модели 1 и от ветровой нагрузки также по модели 2 (для рассмотренного элемента ветер по X в модели 2 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль Y).

По результатам расчета в примере приложения 8 пособия [8] (см. табл. 3.1.3 настоящего документа) максимальное напряжение в рассматриваемом простенке (№ 16 на 15-м этаже) составило 130 кН/м². Среднее напряжение по результатам расчета $(136,26+155,66+135,73)/3=143$, что больше в $143/130=1,1$ по сравнению результатами из примера в пособии [8].

На рис. 2.3.2 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_1 по загрузению «L1, задача 1, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 1);
- σ_2 по загрузению «L2, задача 1, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 1);
- σ_3 по загрузению «L3, задача 1, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 1);
- σ_4 по загрузению «L4, задача 1, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 1);
- σ_5 по загрузению «L5, задача 1, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 1);
- σ_8 по загрузению «L8, задача 1, загр. 8 – полная ветровая нагрузка вдоль X» (Модель № 1);
- σ_{qp} по загрузению «L40, задача 1, загр. 40 – постоянные нагрузки на покрытие на отм. +44.4» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{qt} по загрузению «L41, задача 1, загр. 41 – временные нагрузки на покрытие на отм. +44.4» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{xfw} по загрузению «L59, задача 1, загр. 59 – собственный вес стен в отметка 42-44.4» (Модель № 1, вспомогательное загрузение).

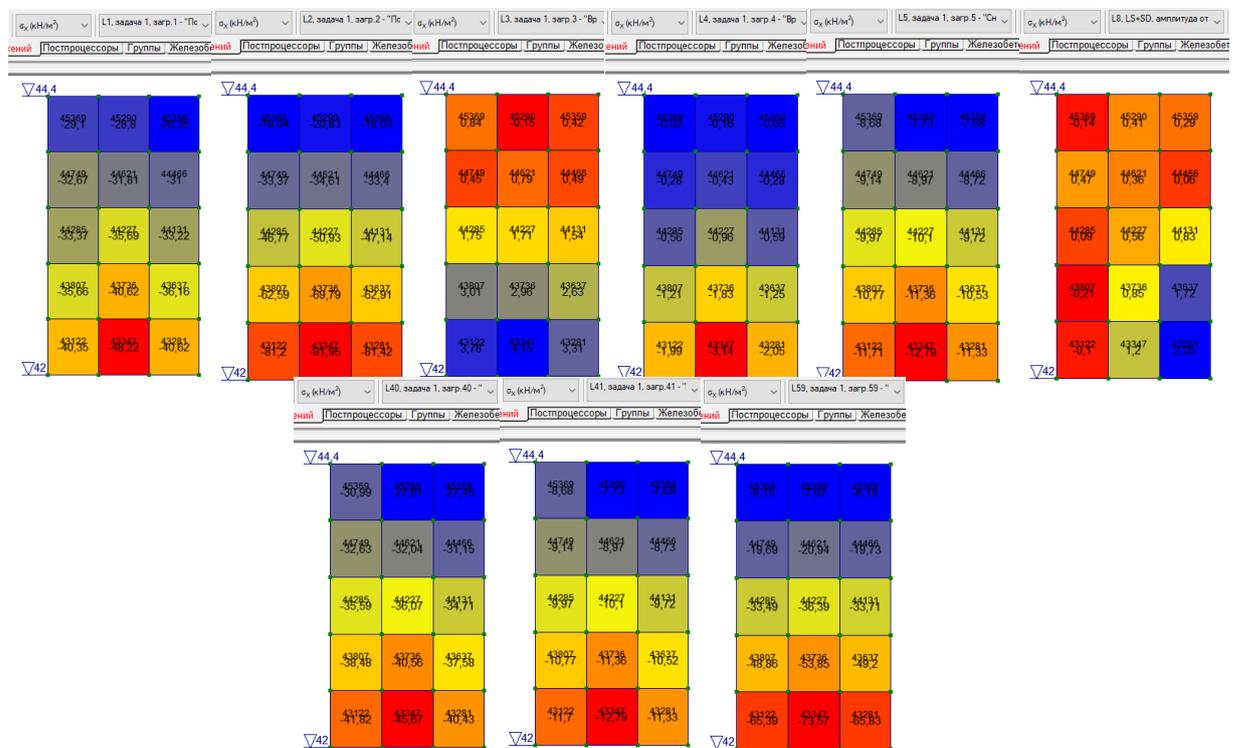


Рис. 2.3.2 – Необходимые для расчета напряжения

Ручной расчет по результатам расчета в SCAD++ для элемента № 43347.

Поскольку опирание плит перекрытий с одной стороны, то коэффициенты $k_p=k_t=1$.

Коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) $\varphi = 1$.

Соответственно для схемы в программе КАМИН (рис. 2.3.3) для расчетной комбинации по рис. 2.3.1 L1+L2+L4+0,9*L5-0,7*L8:

- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = 155,66 - 0,9 \cdot 12,79 + 1 \cdot 12,79 = 156,94$ кН/м², $k_{ts,rsu} = 0,9$ по РСУ из SCAD, соответственно $k_{t,rsu}$ здесь и далее в запас принято $k_{t,rsu} = 1$;
- $N = h(\sigma_{xs} - k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu} \sigma_{qt} - \sigma_{x fw}) = 0,51 \cdot (156,94 - 1 \cdot 45,67 - 1 \cdot 12,79 - 73,57) = 12,70$ кН/м;
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 \cdot 1 \cdot 45,67 + 1 \cdot 1 \cdot 12,78 = 58,45$ кН/м²;
- $N_3 = h \sigma_{x1} = 0,51 \cdot 58,45 = 29,81$ кН/м.

Согласно п. 9.14 [1] при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления, допускается принимать расстояние от точки приложения опорной реакции прогонов, балок или настила до внутренней грани стены или опорной плиты равным одной трети глубины заделки, но не более 7 см.

Соответственно $E_3 = \max(0,5h - b/3; 0,5h - 0,07)$ м, где h – толщина стены, b – ширина опирания плиты.

При $b = 0,12$ м и $h = 0,51$ м $E_3 = \max(0,5 \cdot 0,51 - 0,12/3; 0,5 \cdot 0,51 - 0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м.

Ветровое давление принято с учетом коэффициента 1,72, равного отношению максимальных перемещений от полного ветра к максимальным перемещениям от статического ветра (см. п. 3.2).

Приведенное ветровое давление на простенок (в данном случае окон нет):

- напор $0,314 \cdot 1,72 = 0,54$ кН/м²;
- отсос $0,196 \cdot 1,72 = 0,34$ кН/м².

Согласно эпюре моментов от единичной равномерно-распределенной нагрузки (рис. 2.3.3) максимальный момент от ветровой нагрузки в нижнем сечении, соответствующем элементу № 43347 $M_3 = -0,72 \cdot 0,54 = -0,39$ кН/м.

Поскольку рассчитывается простенок на верхнем этаже, то реализованная в текущей версии расчетная схема в виде пролета неразрезной балки не подходит и для верхнего этажа необходимо использовать режим **Внецентренно сжатые столбы**.

Исходные данные и результаты расчета в программе КАМИН по результатам расчета усилий в SCAD++ для элемента № 43347 приведены на рис. 2.3.4.

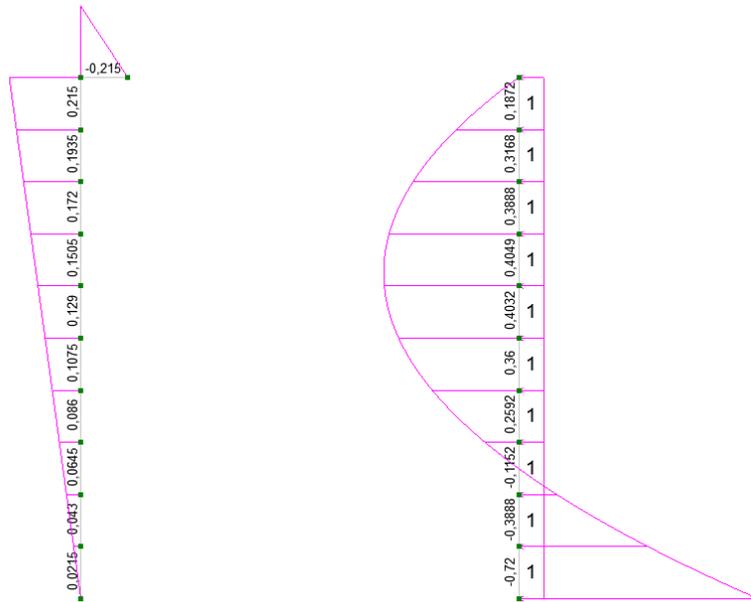


Рис. 2.3.3 – Эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине **BrickWalls** (размер конечного элемента 0,24 м)

Для рис. 2.3.4:

- $N=N+N_3=1*(12,7+29,81)=42,51$ кН;
- величина эксцентриситета $0,215*29,81/42,51=0,151$ м;
- расчетный эксцентриситет от ветра по нижнему сечению даже без учета собственного веса $e_0=M_3/N=0,39/42,51=0,0092$ м < 0,151 м.

Расчетные характеристики кладки

R	Расчетное сопротивление кладки сжатию	300	кН/м ²
R ₁	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по неразрезанному сечению (по швам)	50	кН/м ²
R _{1n}	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по перевязанному сечению (по материалу)	100	кН/м ²
R _{1b}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению (по материалу)	150	кН/м ²
R _{1bn}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по неразрезанному сечению (по швам)	80	кН/м ²
R _{1bn}	Расчетное сопротивление кладки срезу по неразрезанному сечению (по швам)	110	кН/м ²
R _{1bn}	Расчетное сопротивление кладки срезу по перевязанному сечению (по материалу)	160	кН/м ²
R _{1bn}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по швам)	160	кН/м ²
R _{1bn}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по материалу)	80	кН/м ²
E	Модуль упругости кладки (включая модуль деформации) для неразрезанной кладки	216000	кН/м ²
α	Угловая характеристика кладки	1200	

Исходные данные

Расчетная высота в плоскости XoZ: 2,4 м
 Коэффициент надежности по ответственности: 1
 Коэффициент поправки: 1
 Коэффициент по расстрой: 1
 Высота столба: 2,4 м
 Провальная сила: 42,51 кН
 Коэффициент длительной части нагрузки: 1
 Учитывать собственный вес столба:
 Объемный вес кладки: 20,0 кН/м³
 Эксцентриситет продольной силы: Вальс осн Y, Косой изгиб
 Величина эксцентриситета: 151 мм

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Коэффициент
Устойчивость в плоскости эксцентриситета при вентрированном сжатии	н. 7.7 СП 15.13330 0,182
Устойчивость из плоскости эксцентриситета при центральном сжатии	н. 7.11 СП 15.13330 0,148
Срез в швах	н. 7.20 СП 15.13330 0,114
Срез в кладке (кирпиче)	н. 7.20 СП 15.13330 0,115

Рис. 2.3.4 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе при ручном определении исходных данных по результатам расчета в **SCAD++** для элемента № 43347

Ручной расчет.

Поскольку рассматривается последний этаж и по верху стен задана нагрузка от парапета (рис. 2.3.5), то $N=6,36$ кН/м, $N_3=3*(5+1,4)=19$ кН/м (3 – грузовая ширина, а 5 кН/м² и 1,4 кН/м² – интенсивность постоянной и снеговой нагрузок на покрытие).

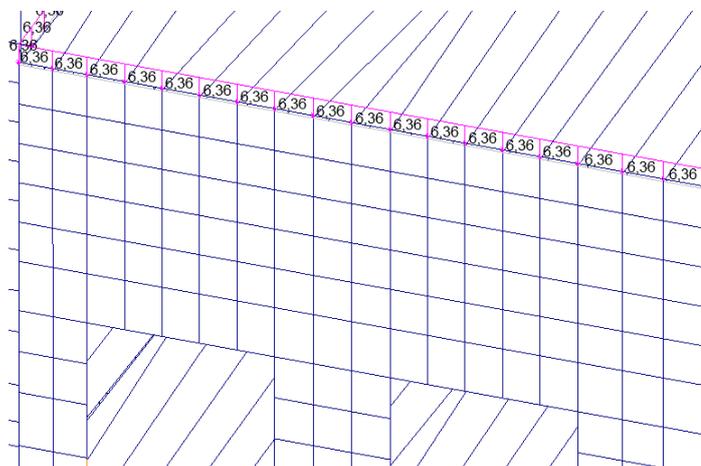


Рис. 2.3.5 – Нагрузка от парапета в загрузении № 2

Исходные данные и результаты расчета в программе **КАМИН** по результатам ручного расчета усилий приведены на рис. 2.2.

Для рис. 2.2:

- $N=N+N_э=1*(6,36+19)=25,36$ кН;
- Величина эксцентриситета $0,215*19/25,36=0,161$ м;
- расчетный эксцентриситет от ветра по нижнему сечению даже без учета собственного веса $e_0=M_3/N=0,39/25,36=0,0154$ м < 0,161 м.

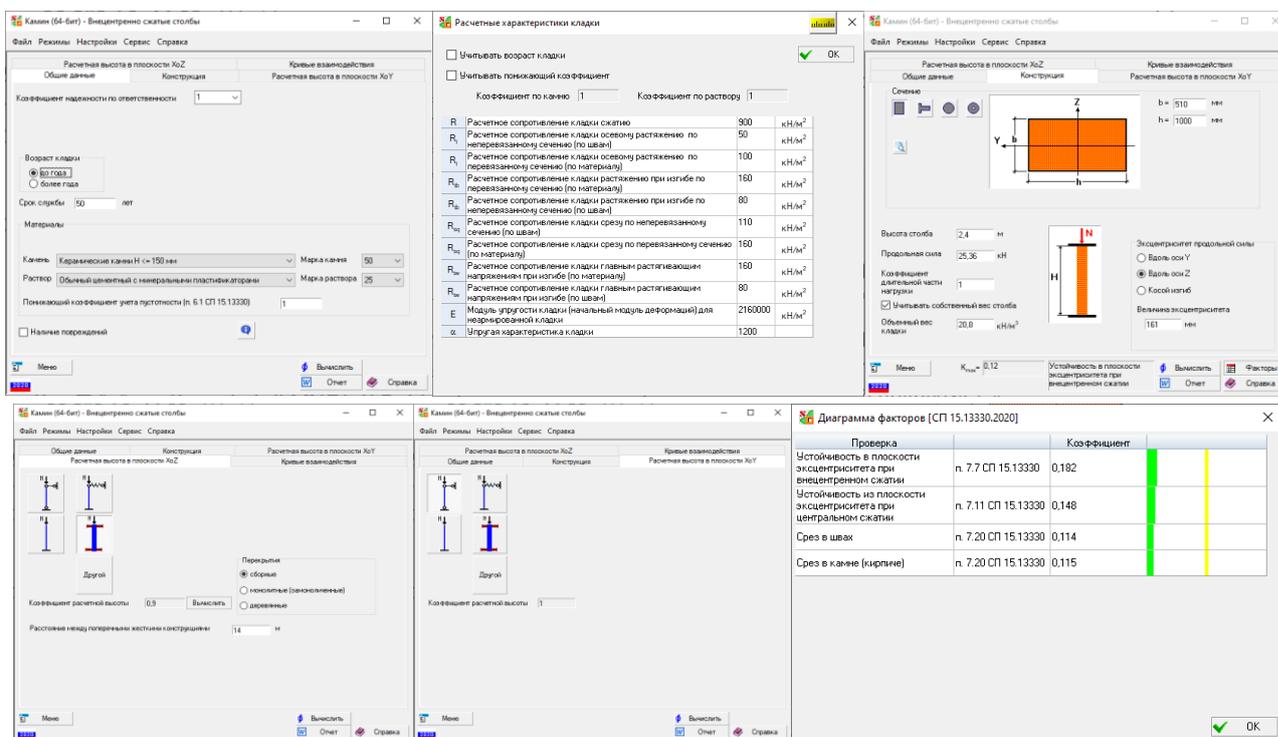


Рис. 2.3.5 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе **КАМИН** на основе результатов ручного расчета нагрузок

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по элементу № 43347, для которого выполнен ручной расчет (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751–2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Внецентренно сжатые столбы», «Внецентренно сжатые армированные столбы» программы КАМИН

-----Группа элементов № 11, имя группы «11», этаж «15 эт чердак»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 43347

Коэф. использования $a_1 = 0,18$
 Высота этажа: 2,4 м
 Расчетная высота: 2,16 м
 Коэффициент расчетной высоты: 0,9
 Толщина стены $B=0,51$ м
 Нагрузка от ветра $q=0,54$ кН/м²
 Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)= $29,81111$ кН/м
 Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э$ ($E_п$)= $0,215$ м
 Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$
 (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)
 Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-156,94$ кН/м² от РСУ $L_1+L_2+L_4+L_5-0,7*L_8$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=1$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 40) $\text{sqp}=-45,66722$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_p\text{rsu}=1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 41) $\text{sq}=-12,78593$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t=5$) $f_i*kt\text{rsu}=1$ (если $kt\text{rsu}<=-1$, то $kt\text{rsu}=kt\text{rsu}$, если $-1<kt\text{rsu}<0$, то $kt\text{rsu}=-1$, если $0<kt\text{rsu}<1$, то $kt\text{rsu}=1$, если $kt\text{rsu}>=1$, то $kt\text{rsu}=kt\text{rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $kt=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э$ $sx_1=k_p*k_p\text{rsu}*sqp+kt*f_i*kt\text{rsu}*sq/f_i=-58,45315$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=2,16$ м

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=0,54$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э=1*B*sx_1*E_1=-6,40939$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)= $-1*(k_p\text{rsu}*sqp+kt*f_i*kt\text{rsu}*sq/f_i)*B=29,81111$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э=M_э/N_э=-0,215$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{гэ}$ ($N_{гп}$)= $-1*(dp*k_p\text{rsu}*sqp+dt*kt*f_i*kt\text{rsu}*sq/f_i)*B=26,55$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$)= $N_{гэ}/N_э$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$
 (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- в исходных данных для группы элементов № 11 параметры $k_p=k_t=1$;
- поскольку в исходных данных для группы этажа параметр $u=1$ (верхний этаж), то считается, что нагрузки сверху нет и N не выводится (если нужно учесть нагрузку от парапета, то в программу КАМИН значение этой нагрузки проектировщик добавляет самостоятельно).
- поскольку стена толщиной $510>300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- по комбинации РСУ $L_1+L_2+L_4+L_5-0,7*L_8$ для элемента № 43347 по рис. 2.3.2
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*1*-45,67+1*1*-12,79=-58,46$ кН/м²
 $(sx_1=k_p*k_p\text{rsu}*sqp+kt*f_i*kt\text{rsu}*sq/f_i=-58,45315$ кН/м²);
- $M_э = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51*-58,45315*0,215 = -6,40939$ кНм/м ($M_э=1*B*sx_1*E_1 = -6,40939$ кН*м);
- $N_э = -1 * h (k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51*(1*-45,67+1*1*-12,79) = 29,81$ кН/м
 $(N_э (N_п=29,81111$ кН/м);
- $E_э = \left| \frac{M_э}{N_э} \right| = 6,41/29,81 = 0,215$ мм ($E_э (E_п) = 0,215$ м).

По максимальному коэффициенту a_3 (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Кэф. использования $a_3 = 0,132$

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=0,54$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)=18,23629 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э$ ($E_п$)=0,215 м

Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\sigma_{xs}=-49,99$ кН/м² от РСУ $0,783*L_{61}+0,804*L_{62}+L_{63}-0,9*L_{68}$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=1$ для загрузки 3)

Напряжение $\sigma_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 40) $\sigma_{qp}=-45,66722$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu}=0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 41) $\sigma_{qt}=-12,78593$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (в РСУ загрузка № L_t отсутствует) $f_i*k_t*rsu=0$ (если $kt_rsu \leq -1$, то $kt_rsu=kt_rsu$, если $-1 < kt_rsu < 0$, то $kt_rsu=-1$, если $0 < kt_rsu < 1$, то $kt_rsu=1$, если $kt_rsu > 1$, то $kt_rsu=kt_rsu$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э \sigma_{x1}=k_p*k_p*rsu*\sigma_{qp}+k_t*f_i*kt_rsu*\sigma_{qt}/f_i=-35,75743$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=2,16$ м

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=0,54$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э=1*B*\sigma_{x1}*E_1=-3,9208$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)= $-1*(k_p*rsu*\sigma_{qp}+k_t*f_i*kt_rsu*\sigma_{qt}/f_i)*B=18,23629$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э=M_э/N_э=-0,215$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{гэ}$ ($N_{гп}$)= $-1*(dp*k_p*rsu*\sigma_{qp}+dt*k_t*f_i*kt_rsu*\sigma_{qt}/f_i)*B=18,24$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$)= $N_{гэ}/N_э$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- по комбинации РСУ $0,783*L_{61}+0,804*L_{62}+L_{63}-0,9*L_{68}$ для элемента № 43347 по рис. 2.3.2
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,783*-45,67+1*0*-12,79=-35,76$ кН/м²
($\sigma_{x1}=k_p*k_p*rsu*\sigma_{qp}+k_t*f_i*kt_rsu*\sigma_{qt}/f_i=-35,75743$ кН/м²), $k_{t,rsu}=0$ поскольку при заданном в группе этажа № 95 параметра $L_t=5$ в РСУ нет загрузений № 5, 65, 125, соответствующих загрузению № 5 в моделях № 1, 2, 3, загруженных в режим **Вариация моделей** (пояснения см. в п. 2.1);
- $M_э = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51*-35,76*0,215 = -3,921$ кНм/м ($M_э=1*B*\sigma_{x1}*E_1 = -3,9208$ кН*м);
- $N_э = -1 * h (k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51*(0,783*-45,67+1*0*-12,79) = 18,237$ кН/м ($N_э$ ($N_п$)=18,23629 кН/м);
- $E_э = \left| \frac{M_э}{N_э} \right| = 3,921/18,237 = 0,215$ мм ($E_э$ ($E_п$)=0,215 м).

Исходные данные и результаты расчета в программе **КАМИН** по результатам выданным плагином **BrickWalls** по элементу № 43347 при максимальном КИ a_1 приведены на рис. 2.3.7.

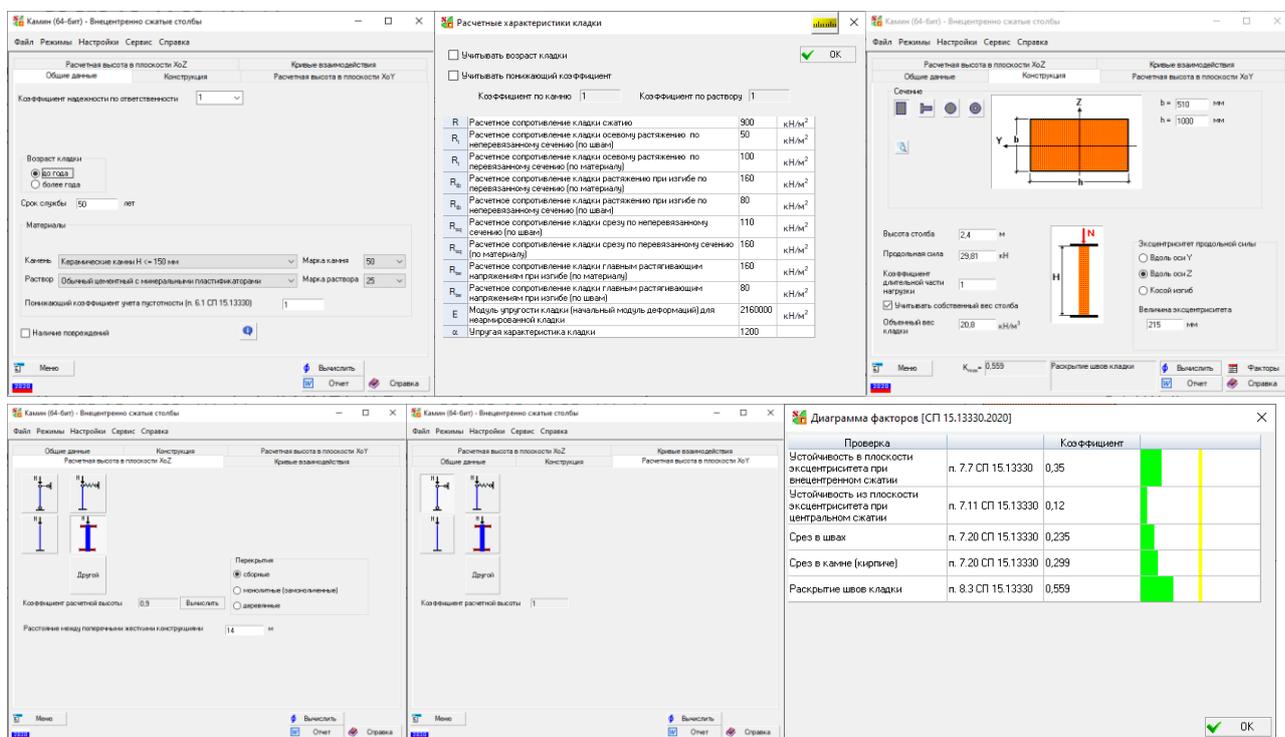


Рис. 2.3.7 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе **КАМИН** при использовании исходных данных, выданных плагином **BrickWalls** по элементу № 43347 при максимальном КИ a_1 (нагрузка от парапета в запас не учитывалась)

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам стены в отметках от +42 до +44,4 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сеймики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Внецентренно сжатые столбы», «Внецентренно сжатые армированные столбы» программы КАМИН

-----Группа элементов № 11, имя группы «11», этаж «15 эт чердак»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 45369

Коэф. использования $a_1 = 0,267$

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=1,42$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э (N_п)=20,23248$ кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э (E_п)=0,215$ м

Коэффициент длительной части для $N_э (N_п)$: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_d=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-53,42$ кН/м² от РСУ $0,9 \cdot L_8 + L_{61} + L_{62} + 0,7 \cdot L_{63} + L_{65}$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=1$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от временных нагрузок на все перекрытия (загрузка № 5) $s_{xt}=-8,6779$ кН/м²

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 40) $s_{qr}=-30,99346$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu}=1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 41) $s_{qt}=-8,67806$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t=65$) $f_i \cdot k_t \cdot r_{su}=1$ (при $0 < k_t \cdot r_{su} < 1$ принимается $k_t \cdot r_{su}=1$, при $k_t \cdot r_{su} \leq 0$ принимается $k_t \cdot r_{su}=0$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_{p1}=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_x = k_p \cdot k_{p_rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot fi \cdot kt_rsu} \cdot \sqrt{fi} = -39,67152$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,24$ м

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w \cdot w=1,4202$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_x = 1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1 = -4,34998$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_x ($N_{п1}$) = $1 \cdot (k_{p_rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot fi \cdot kt_rsu} \cdot \sqrt{fi}) \cdot B = 18,02$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_x = M_x / N_x = -0,215$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{дл}$ ($N_{дп1}$) = $1 \cdot (d_p \cdot k_{p_rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot fi \cdot kt_rsu} \cdot \sqrt{fi}) \cdot B = 18,02$ кН/м (d_p и d_t - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для N_x ($N_{п1}$) $= N_{дл} / N_x =$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- в исходных данных для группы элементов № 11 параметры $k_p=k_t=1$;
- поскольку в исходных данных для группы этажа параметр $u=1$ (верхний этаж), то считается, что нагрузки сверху нет и N не выводится (если нужно учесть нагрузку от парапета, то в программу КАМИН значение этой нагрузки проектировщик добавляет самостоятельно).
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- по комбинации РСУ $0,9 \cdot L_8 + L_{61} + L_{62} + 0,7 \cdot L_{63} + L_{65}$ для элемента № 45369 по рис. 2.3.2
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p_rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t_rsu} \sigma_{qt} = 1 \cdot 1 \cdot -30,99 + 1 \cdot 1 \cdot -8,68 = -39,67$ кН/м²
($s_{x1} = k_p \cdot k_{p_rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot fi \cdot kt_rsu} \cdot \sqrt{fi} = -39,67152$ кН/м²);
- $M_x = h \cdot \sigma_{x1} \cdot e_1 = 0,51 \cdot -39,67152 \cdot 0,215 = -4,34998$ кН/м ($M_x = 1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1 = -4,34998$ кН*м);
- $N_x = -1 \cdot h \cdot (k_{p_rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t_rsu} \sigma_{qt}) = -0,51 \cdot (1 \cdot -30,99 + 1 \cdot 1 \cdot -8,68) = 20,23$ кН/м
(N_x ($N_{п1} = 20,23248$ кН/м);
- $E_x = \left| \frac{M_x}{N_x} \right| = 4,35 / 20,23 = 0,215$ мм (E_x ($E_{п1} = 0,215$ м).

По максимальному коэффициенту a_3 (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 45359

Козф. использования $a_3 = 1,204$

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=0,54$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_x ($N_{п1}$) = 10,95984 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену E_x ($E_{п1}$) = 0,215 м

Коэффициент длительной части для N_x ($N_{п1}$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\sigma_{xs} = -35,23$ кН/м² от РСУ $0,783 \cdot L_1 + 0,804 \cdot L_2 - 0,9 \cdot L_8 + L_{64}$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($fi=1$ для загрузки 3)

Напряжение $\sigma_{xgs} = 0$ кН/м² от РСУ Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 40) $\sigma_{qp} = -27,44558$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu} = 0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 41) $\sigma_{qt} = -7,68759$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (в РСУ загрузка № L_t отсутствует) $fi \cdot kt_rsu = 0$ (если $kt_rsu \leq -1$, то $kt_rsu = kt_rsu$, если $-1 < kt_rsu < 0$, то $kt_rsu = -1$, если $0 < kt_rsu < 1$, то $kt_rsu = 1$, если $kt_rsu > 1$, то $kt_rsu = kt_rsu$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_{\Sigma} s_{x1}=k_p*k_{p_rsu}*s_{qp}+k_t*fi*k_{t_rsu}*s_{qt}/fi=-21,48989$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,24$ м

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=0,54$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_{\Sigma}=1*B*s_{x1}*E_1=-2,35637$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_{Σ} (N_п)=
 $1*(k_{p_rsu}*s_{qp}+k_t*fi*k_{t_rsu}*s_{qt}/fi)*B=10,95984$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_{\Sigma}=M_{\Sigma}/N_{\Sigma}=-0,215$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{g\Sigma}$ (N_{гп})=
 $1*(d_p*k_{p_rsu}*s_{qp}+d_t*k_t*fi*k_{t_rsu}*s_{qt}/fi)*B=10,96$ кН/м (d_p и d_t - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для N_{Σ} (N_п)= $N_{g\Sigma}/N_{\Sigma}$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- по комбинации РСУ $0,783*L_1+0,804*L_2-0,9*L_8+0,9*L_6$ для элемента № 45359 по рис. 2.3.2
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,783*-27,45+1*0*-7,69=-21,49$ кН/м²
 $(s_{x1}=k_p*k_{p_rsu}*s_{qp}+k_t*fi*k_{t_rsu}*s_{qt}/fi=-21,48989$ кН/м²), $k_{t,rsu}=0$ поскольку при заданном в группе этажа № 95 параметра $L_t=5$ в РСУ нет загружений № 5, 65, 125, соответствующих загружению № 5 в моделях № 1, 2, 3, загруженных в режим **Вариация моделей** (пояснения см. в п. 2.1);
- $M_{\Sigma} = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51*-21,49*0,215 = -2,356$ кНм/м ($M_{\Sigma}=1*B*s_{x1}*E_1 = -2,35637$ кН*м);
- $N_{\Sigma} = -1 * h (k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51*(0,783*-27,45+1*0*-7,69) = 10,962$ кН/м (N_{Σ} (N_п)= $10,95984$ кН/м);
- $E_{\Sigma} = \left| \frac{M_{\Sigma}}{N_{\Sigma}} \right| = 2,36/10,962 = 0,215$ мм (E_{Σ} (E_п)= $0,215$ м).

Результаты расчета через плагин **BrickWalls** для всех элементов стены верхнего этажа (номер группы – 11, отметки от +42 до +44,4) приведены в таблице 2.3.1, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элемента № 45369, детальный разбор методики расчета, реализованной в плагине **BrickWalls**.

В таблице 2.3.1 приняты следующие обозначения:

- a1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- a2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- a3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- a4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$);
- a5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- a6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k*y); e_1/(y-0.02))$.

Таблица 2.3.1 – Результаты расчета стены через плагин **BrickWalls** через режим **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**)

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	Н эл.	a1	Н эл.	a2	Н эл.	a3	Н эл.	a4	Н эл.	a5	Н эл.	a6
15 эт чердак												
11	43122	0,16	43122	-	43122	0,19	43122	-	43122	-	43122	0,91
11	43281	0,16	43281	-	43281	0,14	43281	-	43281	-	43281	0,91
11	43347	0,18	43347	-	43347	0,13	43347	-	43347	-	43347	0,91

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	N эл.	a1	N эл.	a2	N эл.	a3	N эл.	a4	N эл.	a5	N эл.	a6
11	43637	0,13	43637	-	43637	0,31	43637	-	43637	-	43637	0,91
11	43736	0,15	43736	-	43736	0,31	43736	-	43736	-	43736	0,91
11	43807	0,13	43807	-	43807	0,36	43807	-	43807	-	43807	0,91
11	44131	0,12	44131	-	44131	0,5	44131	-	44131	-	44131	0,91
11	44227	0,12	44227	-	44227	0,5	44227	-	44227	-	44227	0,91
11	44285	0,11	44285	-	44285	0,54	44285	-	44285	-	44285	0,91
11	44466	0,1	44466	-	44466	0,67	44466	-	44466	-	44466	0,91
11	44621	0,11	44621	-	44621	0,68	44621	-	44621	-	44621	0,91
11	44749	0,11	44749	-	44749	0,69	44749	-	44749	-	44749	0,91
11	45290	0,24	45290	-	45290	1,2	45290	0,45	45290	-	45290	0,94
11	45359	0,24	45359	-	45359	1,2	45359	0,45	45359	-	45359	0,94
11	45369	0,27	45369	-	45369	1,2	45369	0,51	45369	-	45369	0,94

Выводы:

- результаты расчета плагина **BrickWalls** дали большие коэффициенты использования чем ручные расчет (рис. 2.3.5);
- результаты расчета в программе **КАМИН** по рис. 2.3.7 (КИ по $a_4=0,559$) завышен, поскольку на 15 этаже стена сплошная, а ниже 15 в виде простенка, чего на самом деле не будет, так как стена опирается на перемычку, которая в расчетной модели никак не учтена (рис. 2.3.8).

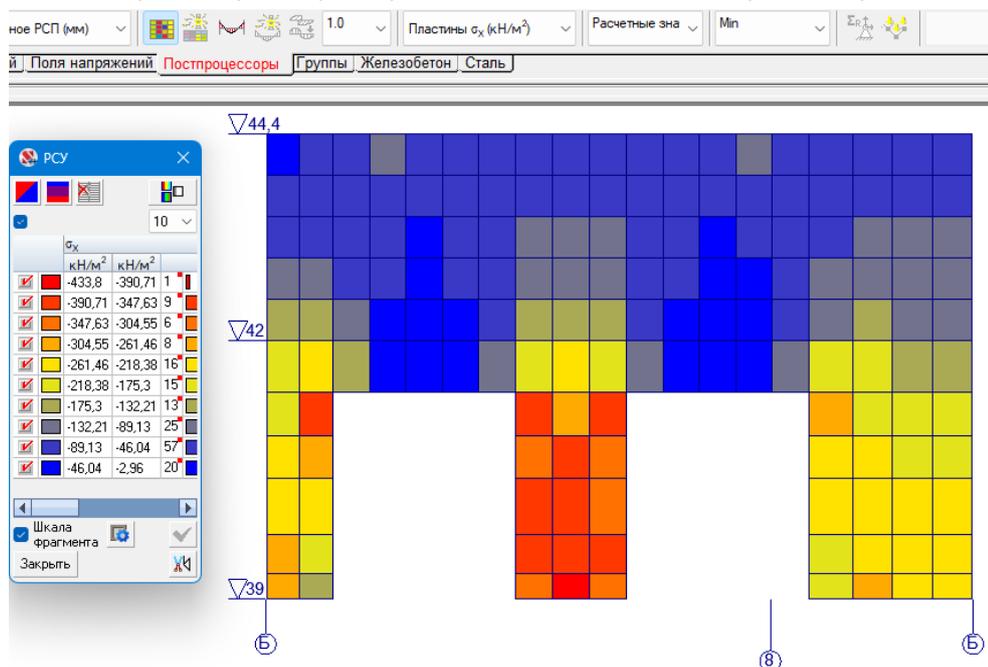


Рис. 2.3.8 – Вертикальные напряжения для фрагмента верхней части стены, включающего участок № 11

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 43347 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_trace_Вариация.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 15 эт чердак

Имя группы: 15 эт чердак $f=16$ $h=2,4$ $l_0=2,16$ $L_p=1$ $q_r=40$ $L_t=5$ $q_t=41$ $b=0,12$ $w=0,54$ $L=3$ $n=1$ $u=1$ (BWL)

Нижний уровень: 42 м; Верхний уровень: 44,4 м;

Параметры группы этажа:

-Номер этажа (f)=16;
 -Высота этажа (h)=2,4 м | Расчетная высота (l0)=2,16 м;
 -qr=40 (Пост. пп +44.4 qr=15 эт чердак);
 -qt=41 (кр. пп +44.4 qt=15 эт чердак);
 -b=0,12 м;
 -w=0,54 кН/м2;
 -L=3 (Врем-типовые (L));
 -n=1;
 -u=1 (является последним этажом);

****Номер элемента 43347****

Номер группы: 11

Имя группы: 11 a1=9 a2=0 kw=2,63 kp=1 kt=1 kwf16=1 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 42 м
 -Середина: 42,24 м
 -Верх: 42,48 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,51 м
 -a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
 -a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
 -kw=1 (в расчете использовался kwf16)

Жесткость КЭ:

-Имя: НС 11 и выше эт

-Прочностные характеристики: Rx=0,9 МПа | Ry=0,72 МПа | Rtx=0,05 МПа | Rty=0,11 МПа | Rsqx=0,4 МПа | Rsqy=0,11 МПа | Rtw=0,08 МПа | k=2 | a=1200 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
 -Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,18

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -156,941 кН/м2 | Комбинация: L1+L2+L4+L5-0,7*L8
 -Sig_x: -156,941 кН/м2 | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)
 -Sig_xgs: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_xg: 0 кН/м2 | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
 -Sig_x1: -58,453 кН/м2 | Комбинация: L40+L41
 -Sig_x1g: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_x2: -156,941 кН/м2 | Комбинация: Sig_x
 -Sig_x2g: 0 кН/м2 | Комбинация: Sig_xg

Комбинация L1+L2+L4+L5-0,7*L8 для Sig_xs приведена с учетом правил по $k_{p,rsu}$ и $k_{t,rsu}$, описанным в п. 2.1, для загрузки № 5 применен коэффициент $k_{t,rsu} = 1$, поскольку в исходной комбинации РСУ по рис. 2.3.1 $k_{t,rsu}=0,9$ (остальные напряжения по рис. 2.1.4), соответственно

$$\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = -155,66 - 0,9 * -12,79 + 1 * 1 * -12,79 = -156,94 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_xs: -156,941).

Коэффициент φ , учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей в данном случае $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1 - 0,4) / 1^0,5 = 1,000$, соответственно $\sigma_x = \sigma_{xs} = -156,94 \text{ кН/м}^2$.

Стена толщиной 510 > 300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности.

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.3.9) для группы № 95 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина **BrickWalls**:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p = 1$;

- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_p=40$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t=5$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_t=41$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по нагружению 40 ($q_p=12$), а коэффициент сочетания из РСУ $k_{p,rsu}$ по нагружению 1 ($L_p=1$), напряжение от временных нагрузок принято по нагружению 41 ($q_t=13$), а коэффициент сочетания из РСУ $k_{t,rsu}$ по нагружению 3 ($L_t=3$). Коэффициент φ , учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей при расчете эксцентриситета от перекрытия не учитывается.

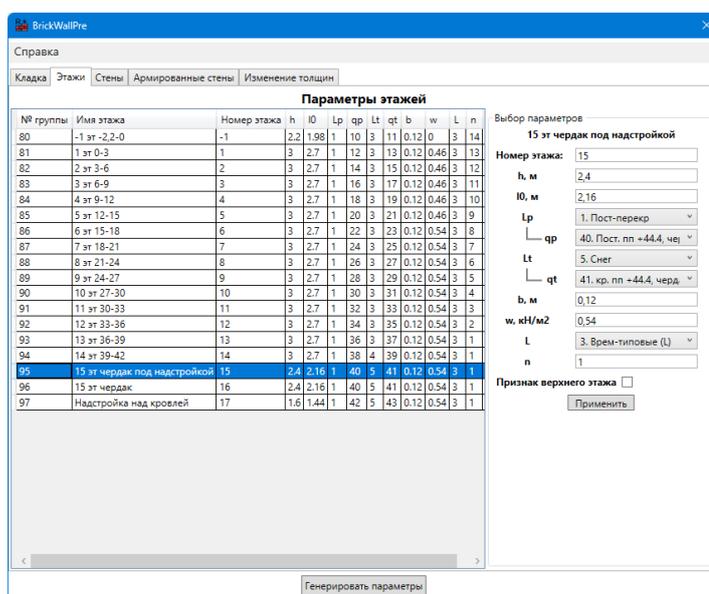


Рис. 2.3.9 – Результаты по РСУ, соответствующие Sig_xs

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.1.4) по комбинации из РСУ $L1+L2+L4+L5-0,7*L8$ от комбинации $L40+L41$

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*1*-45,67 + 1*1*-12,79 = -58,46 \text{ кН/м}^2 \text{ (Sig_x1: } -58,453 \text{ кН/м}^2\text{);}$$

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -0,64094 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: -0,20995 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,010631 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5*0,51-0,12/3; 0,5*0,51-0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,51$ м – толщина стены).

Для проверки усилий от вертикальной нагрузки и от ветра на рис. 2.3.3 приведены эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине **BrickWalls**.

$M1 = \text{Sig}_x1 * 1 \text{ м} * h * E1 (1-x/H) = -58,453 * 0,51 * 0,215 * (1-(2,4-0,24)/2,4) = -0,641$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа). По эпюре моментов на рис. 2.3.3 $M1 = -58,453 * 0,51 * 0,0215 = -0,641$ ($M1$: -0,64094 кН * м).

$M3 = kw * w * 0,3888 = 1 * 0,54 * -0,3888 = -0,20995$ кНм ($M3$: -0,20995 кН * м). В плагине BrickWalls правило знаков для моментов от ветра принято по рис. 2.3.9, т.е. таким, чтобы момент от ветра под перекрытием суммировался с моментом от перекрытия.

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|Sig_x| * h) + ev = ABS(-0,641+0-0,20995) / (156,941 * 0,51) + 0 = 0,010632 \text{ м}$$

(E_0: 0,010631 м);

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,0106 / (0,7 * 0,51/2) = 0,059$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max(E_0 / (k * \gamma); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max((0,0106 + 0) / (0,9 * 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,046; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)
 -Fi_1: 0,991 (ф. 7.6)
 -Omega: 1,020845 (таб. 7.2)
 -A_c: 0,489 м² (ф. 7.5)
 -Mu: 0 % (п. 7.31)
 -Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)
 -R: 0,9 МПа

M_G=1 поскольку толщина стены $h=51 \text{ см} > 30 \text{ см}$ (последний абзац п. 7.7 [1]).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0 / h = 2,16 / 0,51 = 4,2353$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\phi=0,996$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,51 - 2 * 0,01063 = 0,489 \text{ м}$.

$\lambda_{hc} = H / h_c = 2,4 / 0,489 = 4,908$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\phi_c=0,985$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,996 + 0,985) / 2 = 0,991$ (Fi_1: 0,991).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51 * 1 * (1 - 2 * 0,01063 / 0,51) = 0,489 \text{ м}^2$ (A_c: 0,489 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,01063 / 0,51 = 1,020843 < 1,45$ (Omega: 1,020845).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 156,941 * 0,51 / (1 * 0,991 * 900 * 0,489 * 1,020845) = 0,180$

(КИ: 0,18).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие а5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (а3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7 (h/2)$

КИ: 0,132

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -49,986 кН/м² | Комбинация: 0,783*L61+0,804*L62+L63-0,9*L68

-Sig_x: -49,986 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_xl: -35,74 кН/м² | Комбинация: 0,783*L40+0*L41

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x2: -49,986 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,39188 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: -0,20995 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,023608 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $ev=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $ev=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{xs,pcy} = -120,68 \text{ кН/м}^2$, соответствующее $\text{Sig_xs} = -49,986 \text{ МПа}$ приведено на рис. 2.3.10.

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
4000	Нормативные значения	-45,43	0,01	-1,76	-2,716	-0,574	-0,034	3,352	-0,045	0	0	0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62} +0.7692* σ_{L63} -0.6428* σ_{L68}
4165	Нормативные значения	-45,68	-0,09	-1,82	-2,749	-0,584	-0,143	3,414	-0,032	0	0	0.6428* σ_{L9} +0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62} +0.7692* σ_{L63}
6045	Нормативные значения	-45,93	-1,71	-0,33	-2,734	-0,57	-0,091	3,386	1,095	0	0	0.6428* σ_{L8} +0.7692* σ_{L63} +0.6805* σ_{L121} +0.7174* σ_{L122}
4000	Нормативные значения	-46,15	-0,13	-1,6	-2,715	-0,573	-0,038	3,351	-0,06	0	0	0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62} +0.7692* σ_{L63}
4015	Нормативные значения	-46,63	-0,17	-1,38	-2,681	-0,562	0,067	3,287	-0,088	0	0	0.-0.6428* σ_{L9} +0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62} +0.7692* σ_{L63}
6015	Нормативные значения	-46,71	-1,5	-1,68	-2,719	-0,572	-0,038	3,343	-0,091	0	0	0.7692* σ_{L63} +0.6805* σ_{L121} +0.7174* σ_{L122}
4090	Нормативные значения	-46,84	-0,1	-0,14	-2,665	-0,559	-0,019	3,296	-0,068	0	0	0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62} +0.7692* σ_{L63} -0.6428* σ_{L129}
6015	Нормативные значения	-47,18	-1,54	-1,46	-2,685	-0,561	0,067	3,279	-0,119	0	0	0.-0.6428* σ_{L9} +0.7692* σ_{L63} +0.6805* σ_{L121} +0.7174* σ_{L122}
4105	Нормативные значения	-48,42	-0,94	-2,06	-2,767	-0,585	-0,301	3,428	0,11	0	0	0.7692* σ_{L3} +0.6428* σ_{L9} +0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62}
4105	Нормативные значения	-48,89	-0,98	-1,84	-2,734	-0,575	-0,196	3,364	0,082	0	0	0.7692* σ_{L3} +0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62}
6060	Нормативные значения	-48,97	-2,3	-2,13	-2,771	-0,584	-0,301	3,42	0,079	0	0	0.7692* σ_{L3} +0.6428* σ_{L9} +0.6805* σ_{L121} +0.7174* σ_{L122}
6060	Нормативные значения	-49,44	-2,34	-1,91	-2,738	-0,574	-0,196	3,357	0,051	0	0	0.7692* σ_{L3} +0.6805* σ_{L121} +0.7174* σ_{L122}
4000	Расчетные значения	-49,99	0,33	-2,05	-3,045	-0,637	-0,042	3,786	-0,052	0	0	0.7826* σ_{L61} +0.8035* σ_{L62} -0.9* σ_{L68}
4000	Нормативные длительные	-50,01	-0,88	-1,62	-3,061	-0,676	-0,023	3,653	-0,049	0	0	0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62} +0.2692* σ_{L63} +0* σ_{L68}
4015	Нормативные длительные	-50,01	-0,88	-1,62	-3,061	-0,676	-0,023	3,653	-0,049	0	0	0* σ_{L9} +0.6805* σ_{L61} +0.7174* σ_{L62} +0.2692* σ_{L63}

Рис. 2.3.10 – РСУ для элемента № 43347

Напряжения для расчета эксцентриситета от комбинации РСУ $0,783*L61+0,804*L62+L63-0,9*L68$:

- $\sigma_x = \sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -49,99 - 0 + 0 = -49,99 \text{ кН/м}^2$ (Sig_x : $-49,986 \text{ кН/м}^2$ кН/м^2), $k_{t,rsu} = 0$ поскольку при заданном в группе этажа № 95 параметра $L_t = 5$ в РСУ нет загрузений № 5, 65, 125, соответствующих загрузению № 5 в моделях № 1, 2, 3, загруженных в режим **Вариация моделей** (пояснения см. в п. 2.1);
- поскольку стена толщиной $510 > 300 \text{ мм}$, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности.

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.2.2) по комбинации РСУ $0,783*L61+0,804*L62+L63-0,9*L68$ от комбинации $0,783*L40+0*L41$

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,7826 * 1 * -45,67 + 1 * 0 * -12,79 = -35,741 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_x1 : $-35,74 \text{ кН/м}^2$);

$$M1 = \text{Sig_x1} * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -35,74 * 0,51 * 0,215 * (1 - (2,4 - 0,24) / 2,4) = -0,392 \text{ кН*м}$$

(x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M1$: $-0,39188 \text{ кН * м}$).

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig_x}| * h) + e_v = \text{ABS}(-0,392 + 0 - 0,21) / (49,99 * 0,51) + 0 = 0,02361$$

(E_0 : $0,023608 \text{ м}$);

$$\text{Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] } a_3 = E_0 / (0,7y) = 0,023608 / (0,7 * 0,51 / 2) = 0,132$$

(KI : $0,132$)

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a_3 -----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k * y); e_1 / (y - 0.02))$ (a_6)-----

Доп информация: п.7.10 ($\max e$)

KI : $0,915$

Критическое напряжение:

$$-\text{Sig_xs}: -73,498 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: } L61+L62+L124+0,9*L129$$

$$-\text{Sig_x}: -73,498 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Формула: } \text{Sig_xs} + \text{Sig_qt} * k_{t,rsu} * (k_t - 1)$$

$-\text{Sig_xgs}$: 0 кН/м^2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна $0,3 \text{ м}$ или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

$$-\text{Sig_xg}: 0 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Формула: } \text{Sig_Xgs} + \text{Sig_qt} * k_{t,rsu} * d * (k_t - 1)$$

$$-\text{Sig_x1g}: -45,667 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: } L40+0*L41$$

$-\text{Sig_x1g}$: 0 кН/м^2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна $0,3 \text{ м}$ или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

$$-\text{Sig_x2}: -73,498 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: } \text{Sig_x}$$

$$-\text{Sig_x2g}: 0 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: } \text{Sig_xg}$$

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
-M1: -0,50074 кН * м - момент от перекрытия
-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
-M3: -0,20995 кН * м - момент от ветра
-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
-E_0: 0,01896 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- k_y : 0,9 y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)
- $e_0/(k*y)$: 0,082615 (п. 7.10)
- $e_1/(y-0,02)$: 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_b = \max(E_0/(k*y); E_1/(y-0,02)) = \max((0,01896+0)/(0,9*0,51/2); 0,0105/(0,51/2-0,02)) = \max(0,083; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,915).

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 45369 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сеймики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 15 эт чердак

Имя группы: 15 эт чердак $f=16$ $h=2,4$ $l_0=2,16$ $L_p=1$ $q_r=40$ $L_t=5$ $q_t=41$ $b=0,12$ $w=0,54$ $L=3$ $n=1$ $u=1$ (BWL)

Нижний уровень: 42 м; Верхний уровень: 44,4 м;

Параметры группы этажа:

-Номер этажа (f)=16;
-Высота этажа (h)=2,4 м | Расчетная высота (l_0)=2,16 м;
- $q_r=40$ (Пост. пп +44.4 $q_r=15$ эт чердак);
- $q_t=41$ (кр. пп +44.4 $q_t=15$ эт чердак);
- $b=0,12$ м;
- $w=0,54$ кН/м²;
- $L=3$ (Врем-типовые (L));
- $n=1$;
- $u=1$ (является последним этажом);

****Номер элемента 45369****

Номер группы: 11

Имя группы: 11 $a_1=9$ $a_2=0$ $k_w=2,63$ $k_p=1$ $k_t=1$ $k_{wf16}=1$ (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 43,92 м
-Середина: 44,16 м
-Верх: 44,4 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,51 м
- $a_1=9$ м² (п. 6.7 СП 20.13330)
- $a_2=0$ м² (п. 6.7 СП 20.13330)
- $k_w=1$ (в расчете использовался k_{wf16})

Жесткость КЭ:

-Имя: НС 11 и выше эт
-Прочностные характеристики: $R_x=0,9$ МПа | $R_y=0,72$ МПа | $R_{tx}=0,05$ МПа | $R_{ty}=0,11$ МПа | $R_{sqx}=0,4$ МПа | $R_{sxy}=0,11$ МПа | $R_{tw}=0,08$ МПа | $k=2$ | $a=1200$ | $n=1$ | $p=2$ | $e_v=0$ | $y_r=1,5$ | $\eta=1$ | $g_n=1$

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
-Параметры: $dh=0$

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,267

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,9 \cdot L8 + L61 + L62 + 0,7 \cdot L63 + L65$

-Sig_x: -39,672 кН/м² | Формула: $L40 + L41$ (Sig_x = $k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot \sqrt{f_i}}$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -39,672 кН/м² | Комбинация: $L40 + L41$ (Sig_x1 = $k_p \cdot k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot \sqrt{f_i}}$)

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -4,34998 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Поскольку окне *Настройка расчета и вывода* был активирован чекбокс *e0 для верхних элементов*, то

$Sig_x = Sig_{x1}$;

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.2.2) по комбинации $0,9 \cdot L8 + L61 + L62 + 0,7 \cdot L63 + L65$ от комбинации $L40 + 0 \cdot L41$

$\sigma_x = \sigma_{x1} = k_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sigma_{qp} + k_t \cdot k_{t,rsu} \cdot \sigma_{qt} = 1 \cdot 1 \cdot -30,99 + 1 \cdot 1 \cdot -8,68 = -39,67$ кН/м² (Sig_x: -39,672 кН/м²);

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h - b/3; 0,5h - 0,07) = \max(0,5 \cdot 0,51 - 0,12/3; 0,5 \cdot 0,51 - 0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м ($b = 0,12$ м – ширина опирания плиты, $h = 0,51$ м – толщина стены).

В плагине **BrickWalls** принято, что для верхнего элемента верхнего этажа эксцентриситет принимается по верху элемента, соответственно:

- $M1 = Sig_{x1} \cdot 1 \cdot m \cdot h \cdot E1(1 - x/H) = -39,67 \cdot 0,51 \cdot 0,215 \cdot (1 - 0/2,4) = -4,35$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), (-4,34998 кН * м);
- $M3 = 0$.

Расчетный эксцентриситет

$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|Sig_x| \cdot h) + e_v = ABS(-4,35 + 0 + 0) / (39,67 \cdot 0,51) + 0 = 0,21501$ м (E_0 : 0,215 м).

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,215 / (0,7 \cdot 0,51/2) = 1,204$, соответственно расчет по раскрытию трещин требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max(E_0 / (k \cdot \gamma); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,215 / (0,9 \cdot 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,937; 0,915) = 0,937$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k = 0,9$).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)

-Fi_1: 0,739 (ф. 7.6)

-Omega: 1,421569 (таб. 7.2)

-A_c: 0,08 м² (ф. 7.5)

-Mu: 0 % (п. 7.31)

-Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)

-R: 0,9 МПа

$M_G = 1$ поскольку толщина стены $h = 51$ см > 30 см (последний абзац п. 7.7 [1]).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0 / h = 2,16 / 0,51 = 4,2353$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha = 1200$ коэффициент продольного изгиба $\phi = 0,9962$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,51 - 2 \cdot 0,215 = 0,0800$ м.

$\lambda_{hc} = H/h_c = 2,4/0,08 = 30,0000$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha = 1200$ коэффициент продольного изгиба $\phi_c = 0,482$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \phi_c}{2} = (0,9962 + 0,482)/2 = 0,739$ (Fi_1: 0,739).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51 * 1 * (1 - 2 * 0,215/0,51) = 0,080 \text{ м}^2$ (A_c: 0,08 м2).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,215/0,51 = 1,42157 < 1,45$ (Omega: 1,421569).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 39,67 * 0,51 / (1 * 0,739 * 900 * 0,08 * 1,422) = 0,267$ (KI: 0,267).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие а5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (а3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7(h/2)$

KI: 1,204

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,783 * L1 + 0,804 * L2 - L8 + 0,9 * L64$

-Sig_x: -24,256 кН/м2 | Формула: $0,783 * L40 + 0 * L41$ (Sig_x = $k_p \text{r}_{su} \text{sq} + k_t \text{fi} * k_t \text{r}_{su} \text{sq} / \text{fi}$)

-Sig_xg: 0 кН/м2 | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -24,256 кН/м2 | Комбинация: $0,783 * L40 + 0 * L41$ (Sig_x1 = $k_p * k_p \text{r}_{su} \text{sq} + k_t \text{fi} * k_t \text{r}_{su} \text{sq} / \text{fi}$)

-Sig_x1g: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -2,65964 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

$a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,215 / (0,7 * 0,51/2) = 1,204$ (KI: 1,204)

-----Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$); (а4)-----

Доп информация: п.7.8, ф. (8.1)

KI: 0,506

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,9 * L8 + L61 + L62 + 0,7 * L63 + L65$

-Sig_x: -39,672 кН/м2 | Формула: $L40 + L41$ (Sig_x = $k_p \text{r}_{su} \text{sq} + k_t \text{fi} * k_t \text{r}_{su} \text{sq} / \text{fi}$)

-Sig_xg: 0 кН/м2 | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -39,672 кН/м2 | Комбинация: $L40 + L41$ (Sig_x1 = $k_p * k_p \text{r}_{su} \text{sq} + k_t \text{fi} * k_t \text{r}_{su} \text{sq} / \text{fi}$)

-Sig_x1g: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -4,34998 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-yr: 1,5 (таб. 8.1)

-Rtb: 0,08 МПа

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

Расчет выполняется по формуле (8.1).

Коэффициент условий работы по таблице 8.1 задан в исходных данных по жесткостям $\gamma_r=1,5$ как для неармированной внецентренно нагруженной и растянутой кладки при предполагаемом сроке службы 100 лет.

Момент инерции стены шириной 1 м $I = \frac{bh^3}{12} = 1*0,51^3/12=0,01105 \text{ м}^3$.

По формуле (8.1) [1] $\alpha_4 = \frac{N\left(\frac{A(h-y)e_0}{I}-1\right)}{y_r R_{tb} A} = \frac{|\sigma_x * 1 * h| \left(\frac{1 * h(h-y)e_0}{I}-1\right)}{y_r R_{tb} * 1 * h} = \frac{|\sigma_x| \left(\frac{1 * h(h-y)e_0}{I}-1\right)}{y_r R_{tb}}$
 $= 39,67 * (0,51 * (0,51 - 0,51/2) * 0,215 / (0,51^3 / 12) - 1) / (1,5 * 80) = 0,506$ (КИ: 0,506)

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k * \gamma); e_1 / (\gamma - 0,02))$ (а6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,937

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,783 * L_1 + 0,804 * L_2 - L_8 + 0,9 * L_64$

-Sig_x: -24,256 кН/м² | Формула: $0,783 * L_40 + 0 * L_41$ (Sig_x = $k_p * r_{su} * \sqrt{q} + k_t * f_i * k_t * r_{su} * \sqrt{q} / f_i$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -24,256 кН/м² | Комбинация: $0,783 * L_40 + 0 * L_41$ (Sig_x1 = $k_p * k_p * r_{su} * \sqrt{q} + k_t * f_i * k_t * r_{su} * \sqrt{q} / f_i$)

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -2,65964 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-k γ : 0,9 γ (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

-e γ : 0,936819 (п. 7.10)

-e γ / ($\gamma - 0,02$): 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0) / (k * \gamma); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max((0,215 + 0) / (0,9 * 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,937; 0,915) = 0,937$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,937).

2.4 Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 510 мм на первом этаже при опирании плит перекрытия с двух сторон

Расчет выполнен для группы элементов № 24 (рис. 2.4.1) с использованием следующих прилагаемых файлов SCAD++:

- Вариация.VPR;
- Модель_1_kred=0.8.SPR;
- Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR;
- Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR.

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.4.2.

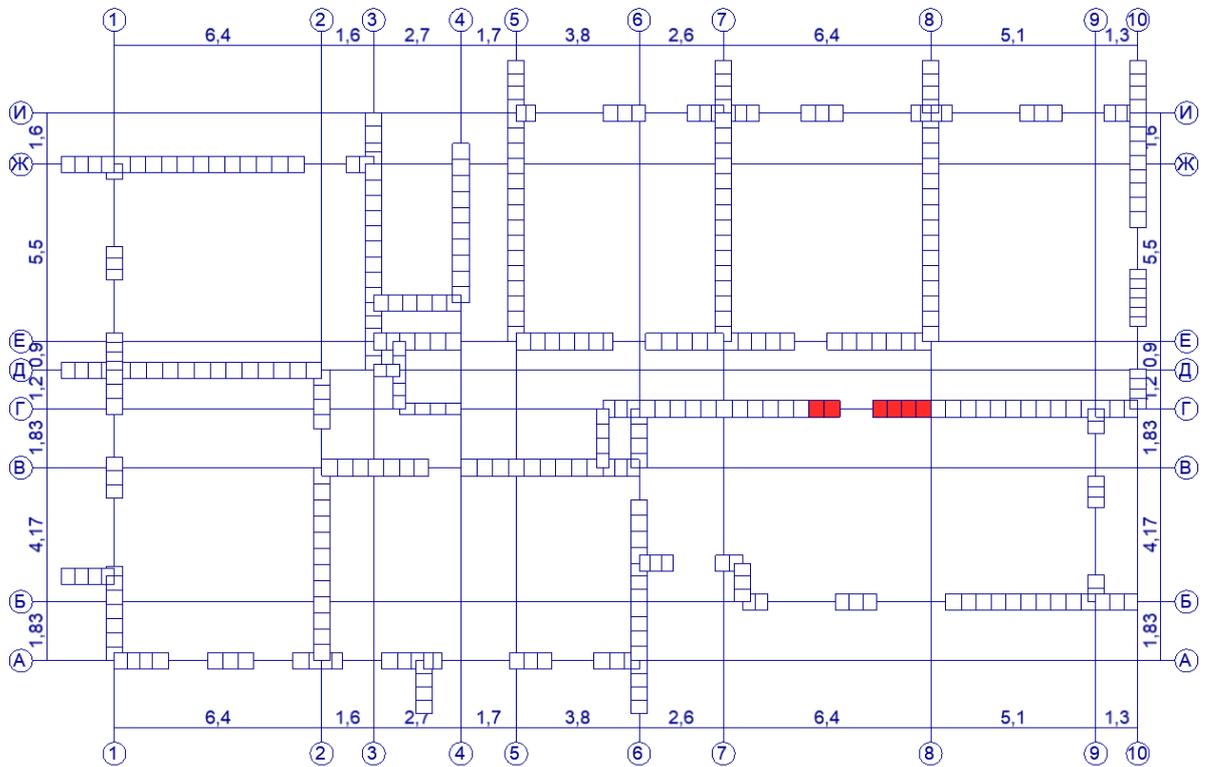


Рис. 2.4.1 – Расположение рассматриваемого участка стены на плане

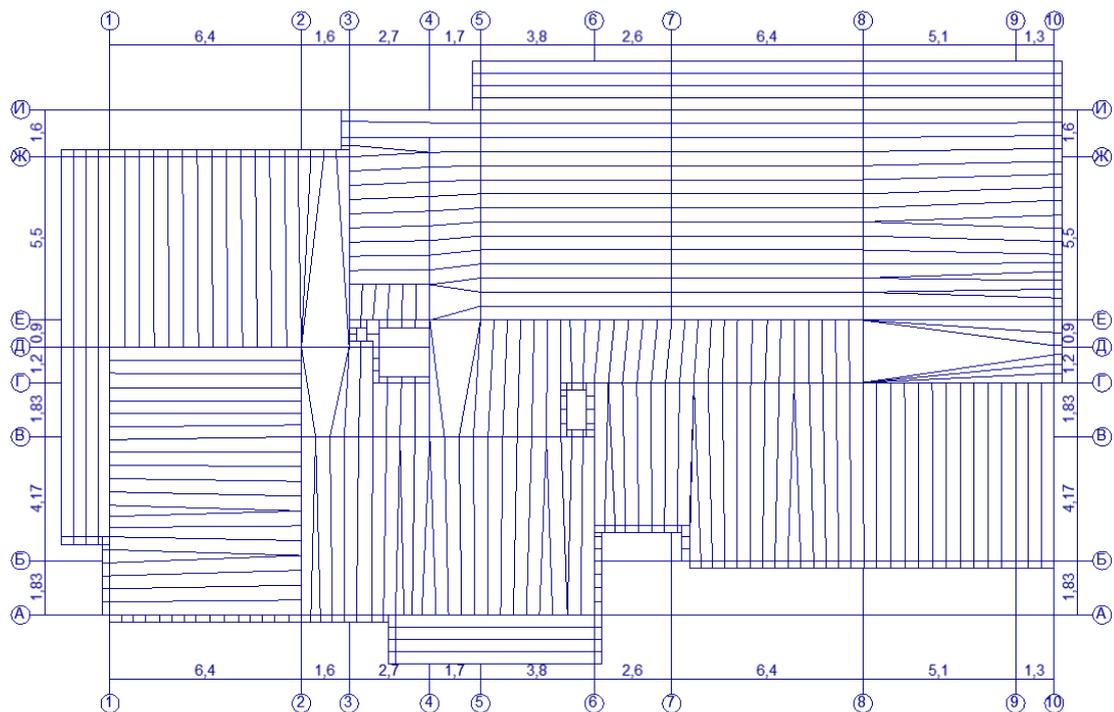


Рис. 2.4.2 – Схема опирания перекрытий

На рис. 2.4.3 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCY в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

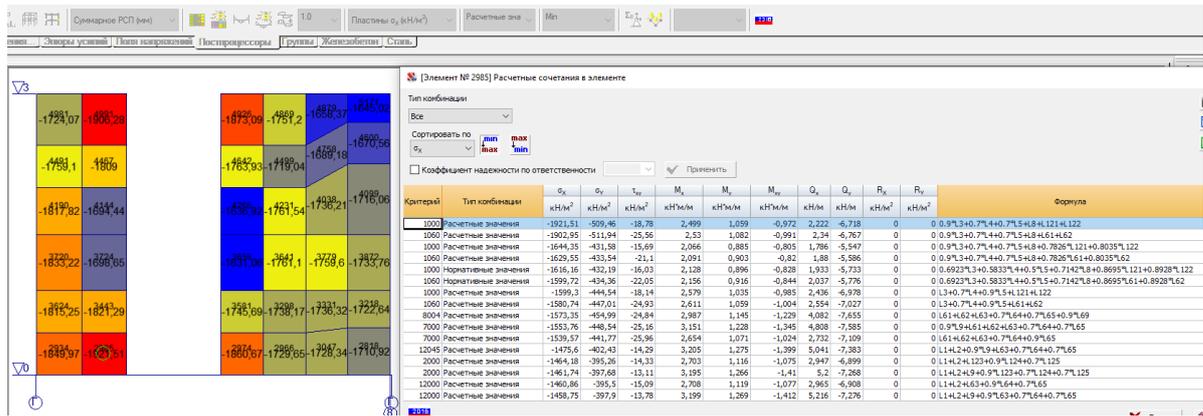


Рис. 2.4.3 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x)

Из рис. 2.4.3 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения на участке стены получены от вертикальных нагрузок по модели № 3, а от ветровой нагрузки также по модели № 1. Для рассмотренного элемента ветер по X в модели № 1 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль Y в связи с работой стены в модели на изгиб в своей плоскости от ветровой нагрузки в модели № 1 пропорционально своей жесткости.

На рис. 2.4.4 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_3 по загрузению «L3, задача 1, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 1);
- σ_4 по загрузению «L4, задача 1, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 1);
- σ_5 по загрузению «L5, задача 1, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 1);
- σ_8 по загрузению «L8, задача 1, загр. 8 – полная ветровая нагрузка вдоль X» (Модель № 1);
- σ_{121} по загрузению «L121, задача 3, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 3);
- σ_{122} по загрузению «L122, задача 3, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 3);
- σ_{123} по загрузению «L123, задача 3, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 1);
- σ_{qp} по загрузению «L12, задача 1, загр. 12 – постоянные нагрузки на перекрытие на отм. +3.000» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{qt} по загрузению «L13, задача 1, загр. 13 – временные нагрузки на перекрытие на отм. +3.000» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{xfw} по загрузению «L45, задача1, загр. 45 – собственный вес стен в отметка 0-3» (Модель № 1, вспомогательное загрузение).

Поскольку для рассматриваемого участка стены опирание плит перекрытий с двух сторон, то коэффициенты управления эксцентриситетом (вывод формул см. п. 3.5.9):

- коэффициент $k_p = \frac{L_{max}-L_{min}}{L_{max}+L_{min}} = (6-2,1)/(6+2,1) = 0,481$;
- коэффициент $k_t = \frac{L_{max}}{L_{max}+L_{min}} = 6/(6+2,1) = 0,741$.

Коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3])

$$\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1-0,4)/13^{0,5} = 0,566.$$

Согласно п. 9.14 [1] при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления, допускается принимать расстояние от точки приложения опорной реакции прогонов, балок или настила до внутренней грани стены или опорной плиты равным одной трети глубины заделки, но не более 7 см.

Соответственно $E\epsilon = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07)$ м, где h – толщина стены, b – ширина опирания плиты.

При $b=0,12$ м и $h=0,51$ м $E\epsilon = \max(0,5*0,51-0,12/3; 0,5*0,51-0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м.

Для схемы в программе **КАМИН** (рис. 2.4.5):

- комбинации PCY 0,9*L3+0,7*L4+0,7*L5+L8+L121+L122 (рис. 2.4.3);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = 1921,51 - 0,9*225,06 + 0,566*1*225,06 = 1846,34$ кН/м², $k_{ts,rsu} = 0,9$ по PCY из SCAD (L3), соответственно $k_{t,rsu}$ в запас принято $k_{t,rsu} = 1$;

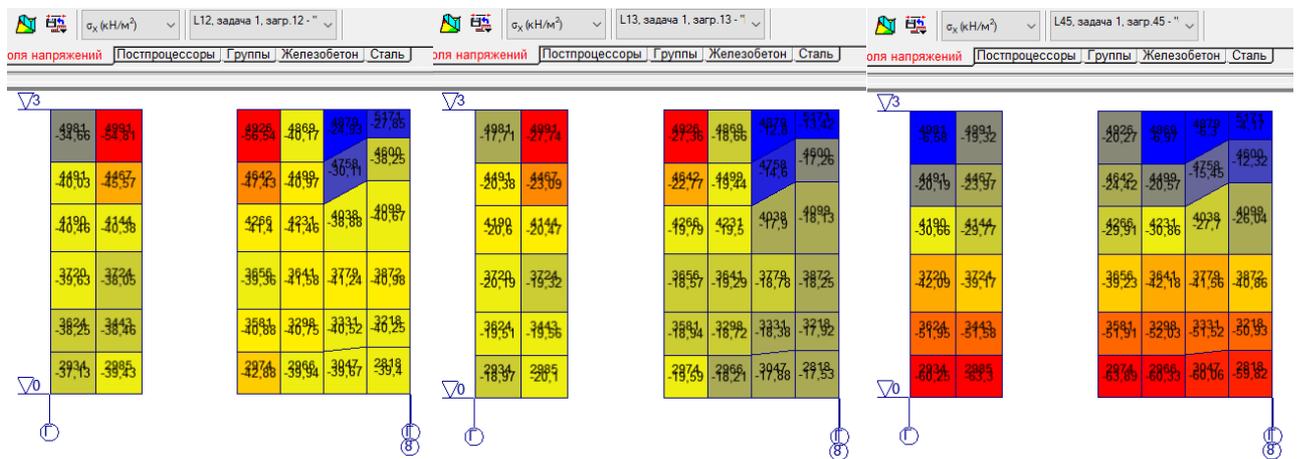


Рис. 2.4.4 – Необходимые для расчета напряжения

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам участка стены между отметкам 0,000 и +3,000 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Наружная стена», «Армированная наружная стена», «Стена подвала», «Армированная стена подвала» программы КАМИН

-----Группа элементов № 24, имя группы «24», этаж «1 эт 0-3»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 4991

Коэф. использования $a_1 = 0,865$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=0$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э (N_п)=38,43661$ кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э (E_п)=0,133854$ м

Коэффициент длительной части для $N_э (N_п)$: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=893,31$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-1827,84$ кН/м² от РСУ $0,566*L3+0,7*L4+0,7*L5+L8+L61+L62$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=0,566$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 12) $\text{sqp}=-54,80715$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu}=1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 13) $\text{sqf}=-27,7446$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t=3$) $f_i*kt_rsu=0,566$ (если $kt_rsu \leq -1$, то $kt_rsu=kt_rsu$, если $-1 < kt_rsu < 0$, то $kt_rsu=-1$, если $0 < kt_rsu < 1$, то $kt_rsu=1$, если $kt_rsu \geq 1$, то $kt_rsu=kt_rsu$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=0,481$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $kt=0,741$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э$ $sx1=k_p*k_{p_rsu}*sqp+kt*f_i*kt_rsu*sqf/f_i=-46,92099$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,275$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=0$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: $0,12$ м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э=1*B*sx_1*E_1=-5,14489$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_{п}$)=
 $1*(k_p*rsu*sq+kt*fi*kt_rsu*sqrt(fi))*B=38,43661$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э=M_э/N_э=-0,133854$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{гэ}$ ($N_{гп}$)=
 $1*(dp*kp_rsu*sq+dt*kt*fi*kt_rsu*sqrt(fi))*B=31,62$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_{п}$)= $N_{гэ}/N_э$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N=-1*(Sig_xs-kp_rsu*sq-fi*kt_rsu*sqrt(x*g))*B=893,31$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g=-1*(Sig_xgs-dp*kp_rsu*sq-dt*kt_rsu*sqrt(x*g))*B=-33,67$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : N_g/N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

PCУ для элемента № 4991, соответствующие $Sig_xs=-1827,84$ приведены на рис. 2.4.5.

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
1000	Расчетные значения	-1906,28	-445,97	-0,01	-2,559	-0,666	-0,258	-2,452	5,177	0	0	$0.9^L3+0.7^L4+0.7^L5+L8+L61+L62$
1000	Расчетные значения	-1628,4	-378,72	1,26	-2,148	-0,557	-0,237	-1,923	4,276	0	0	$0.9^L3+0.7^L4+0.9^L5+L8+0.7826^L61+0.8035^L62$
1000	Расчетные значения	-1609,25	-385,51	-9,59	-2,604	-0,738	-0,228	-2,776	5,435	0	0	$L3+0.7^L4+0.9^L5+L61+L62$
1000	Нормативные значения	-1605	-377,33	-1,05	-2,153	-0,563	-0,202	-2,162	4,388	0	0	$0.6923^L3+0.5833^L4+0.5^L5+0.7142^L8+0.8695^L61+0.8928^L62$
8005	Расчетные значения	-1585,03	-384,79	-9,07	-2,288	-0,654	0,025	-4,405	5,341	0	0	$0.9^L9+L61+L62+L63+0.7^L64+0.7^L65$
8005	Расчетные значения	-1569,35	-376,57	-8,29	-2,546	-0,686	-0,16	-3,064	5,546	0	0	$L61+L62+L63+0.7^L64+0.9^L65$
8002	Расчетные значения	-1567,25	-381,32	-8,88	-2,192	-0,631	0,053	-4,497	5,172	0	0	$L9+L61+L62+0.9^L63+0.7^L64+0.7^L65$
11000	Расчетные значения	-1487,9	-341,23	-3,84	-2,622	-0,717	-0,228	-2,689	5,667	0	0	$L121+L122+L123$
11030	Расчетные значения	-1477,82	-336,02	-13,9	-2,629	-0,824	-0,288	-2,773	5,455	0	0	$L1+L2+L3+0.9^L4+0.7^L5$
8003	Расчетные значения	-1470,5	-332,6	-3,08	-2,881	-0,749	-0,412	-1,347	5,872	0	0	$-0.9^L9+L121+L122+L123$
11075	Расчетные значения	-1468,57	-330,92	-9,45	-2,454	-0,758	-0,187	-3,341	5,504	0	0	$L1+L2+0.9^L3+0.7^L4+0.7^L5+L69$
7000	Расчетные значения	-1464,21	-332,82	-14,03	-2,628	-0,822	-0,286	-2,78	5,473	0	0	$L1+L2+L3$
7000	Расчетные значения	-1462,82	-349,26	-26,81	-2,545	-0,79	-0,256	-2,847	5,394	0	0	$L1+L2+0.9^L3+L68$
11000	Расчетные значения	-1449,62	-327,6	-2,78	-2,842	-0,733	-0,425	-1,144	5,748	0	0	$-L9+L121+L122+0.9^L123$
1000	Расчетные длительные	-1448,66	-349,36	-7,04	-2,134	-0,581	-0,135	-2,584	4,565	0	0	$0.35^L3+0.245^L4+0.45^L5+L61+L62$
1000	Расчетные длительные	-1439,54	-347,3	-6,9	-2,109	-0,572	-0,13	-2,574	4,518	0	0	$0.315^L3+0.245^L4+0.35^L5+0.8^L61+L62$

Рис. 2.4.5 – РСУ для элемента № 4991, соответствующие Sig_xs

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация РСУ $0,9^L3+0,7^L4+0,7^L5+L8+L61+L62$ (рис. 2.4.5);
- в исходных данных для группы элементов № 24 параметры $k_p=0,481$, $k_t=0,741$;
- в исходных данных для группы этажа № 81 параметры $n=13$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4+(1-0,4)/13^{0,5}=0,566$ ($n=13$);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} = -1906,28 - 0,9 * -235,15 + 0,566 * 1 * -235,15 = -1827,74$ кН/м² ($Sig_xs = -1827,84$ кН/м²), так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \gamma x) = -0,51 * (-1827,84 - 1 * -54,81 - 0,566 * 1 * -27,14 + 20,8 * 0,275) = 893,49$ кН/м ($N=839,31$ кН/м).
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 * 1 * -54,81 + 0,741 * 1 * -27,14 = -46,47$ кН/м²;
- $(sx_1 = k_p * k_{p,rsu} * sq + k_t * k_{t,rsu} * sqrt(fi) = -46,92$ кН/м²);
- $M_э = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 * -46,47 * 0,215 = -5,095$ кН*м/м ($M_э = 1 * B * sx_1 * E_1 = -5,14489$ кН*м);
- $N_э = -1 * h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51 * (1 * -54,81 + 0,741 * 1 * -27,14) = 38,21$ кН/м ($N_э$ ($N_{п} = 38,43661$ кН/м);
- $E_э = \left| \frac{M_э}{N_э} \right| = 5,15 / 38,21 = 0,135$ мм ($E_э$ ($E_{п} = 0,133854$ м).

По максимальному коэффициенту a_3 (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 4926

Кэф. использования $a_3 = 0,051$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Кэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=0$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э (N_п)=32,91953$ кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э (E_п)=0,138468$ м

Кэффициент длительной части для $N_э (N_п)$: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=473,14$ кН/м

Кэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $Sig_xs=-993,21$ кН/м² от РСУ $0,783*L_1+0,804*L_2+0,566*L_3+0,7*L_4+0,7*L_5+0,9*L_8$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=0,566$ для загрузки 3)

Напряжение $Sig_xgs=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 12) $sqr=-56,54055$ кН/м²

Кэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $kp_rsu=0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 13) $sqt=-27,36417$ кН/м²

Кэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t=3$) $fi*kt_rsu=0,566$ (если $kt_rsu \leq -1$, то $kt_rsu=kt_rsu$, если $-1 < kt_rsu < 0$, то $kt_rsu=-1$, если $0 < kt_rsu < 1$, то $kt_rsu=1$, если $kt_rsu \geq 1$, то $kt_rsu=kt_rsu$)

Кэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $kp=0,481$

Кэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $kt=0,741$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э$ $sx1=kp*kp_rsu*sqr+kt*fi*kt_rsu*sqt/fi=-41,57132$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,275$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Кэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $kw*w=0$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э=1*B*sx1*E_1=-4,5583$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э (N_п)=-1*(kp_rsu*sqr+kt*fi*kt_rsu*sqt/fi)*B=32,91953$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э=M_э/N_э=-0,138468$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $Ng_э (Ng_п)=-1*(dp*kp_rsu*sqr+dt*kt*fi*kt_rsu*sqt/fi)*B=26,2$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Кэффициент длительной части для $N_э (N_п)=Ng_э/N_э$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N=-1*(Sig_xs-kp_rsu*sqr-fi*kt_rsu*sqt+x*g)*B=473,14$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $Ng=-1*(Sig_xgs-dp*kp_rsu*sqr-dt*kt*fi*kt_rsu*sqt+x*g)*B=-28,26$ кН/м

Кэффициент длительной части для N : Ng/N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

PCY для элемента № 4926, соответствующие Sig_xs=-993,21 приведены на рис. 2.4.6.

Критерий	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
0	-801,71	-227,6	11,25	-1,471	-0,655	0,309	-0,954	-3,008	0	0	0.8L+0.7826*L61+0.8035*L62
45	-817,17	-219,3	17,52	-1,509	-0,647	0,332	-0,762	-3,108	0	0	0.8L+0.7826*L121+0.8035*L122
60	-837,76	-206,52	17,25	-1,464	-0,651	0,288	-1,195	-3,342	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L8
3000	-1043,03	-253,77	-10,87	-1,433	-0,71	0,303	-1,049	-2,668	0	0	0.7826*L61+0.8035*L62+0.7*L64+0.9*L65+L128
8001	-1075,75	-263,61	10,03	-1,783	-0,763	0,546	0,731	-2,626	0	0	0.9*L5+L9+0.7826*L121+0.8035*L122
0	-1078,18	-299	12	-1,872	-0,847	0,393	-1,236	-3,774	0	0	0.8L+L61+L62
8004	-1082,71	-262,38	21,43	-2,124	-0,903	0,43	-1,35	-4,757	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L8
12045	-1086,71	-248,54	9,84	-1,737	-0,766	0,502	0,297	-2,854	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L9
3000	-1091,23	-282,22	2,28	-1,44	-0,703	0,3	-1,054	-2,74	0	0	0.7826*L61+0.8035*L62+0.9*L64+L65
45	-1097,63	-288,57	19,88	-1,92	-0,836	0,422	-0,995	-3,901	0	0	0.8L+L121+L122
8001	-1103,41	-272,76	8,59	-1,481	-0,694	0,324	-0,854	-2,851	0	0	0.5L+0.7826*L121+0.8035*L122
12150	-1119,17	-258,99	8,34	-1,433	-0,698	0,279	-1,293	-3,078	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L64
60	-1125,24	-272,94	19,53	-1,863	-0,841	0,367	-1,539	-4,201	0	0	0.8L+L2+L8
12000	-1127	-261,06	8,28	-1,433	-0,699	0,279	-1,296	-3,075	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L64+0.9*L65
12030	-1139,9	-266,33	6,97	-1,131	-0,628	0,058	-2,872	-3,304	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L9
12090	-1144,39	-267,51	6,96	-1,131	-0,627	0,057	-2,877	-3,315	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+L9

Рис. 2.4.6 – PCY для элемента № 4926, соответствующие Sig_xs

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация PCY $0,783 * L1 + 0,804 * L2 + L3 + 0,7 * L4 + 0,7 * L5 + 0,9 * L8$ (рис. 2.4.6);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = -1082,71 - 1 * -206,41 + 0,566 * 1 * -206,41 = -993,13$ кН/м² (Sig_xs=-993,21 кН/м²), так как коэффициент сочетания в PCY для загрузки № 3 $k_{ts,rsu} = 1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu} \sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu} \sigma_{qt} - \gamma x) = -0,51 * (-993,21 - 0,7826 * -56,54 - 0,566 * 1 * -27,36 + 20,8 * 0,275) = 473,16$ кН/м ($N = 473,14$ кН/м).
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 * 0,7826 * 1 * -56,54 + 0,741 * 1 * -27,36 = -41,56$ кН/м²;
- $(s_{x1} = k_p * k_{p,rsu} * \sigma_{qp} + k_t * k_{t,rsu} * \sigma_{qt} / f_i = -41,57132$ кН/м²);
- $M_{\Delta} = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 * -41,56 * 0,215 = -4,557$ кНм/м ($M_{\Delta} = 1 * B * s_{x1} * E1 = -4,557$ кНм/м);
- $N_{\Delta} = -1 * h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51 * (0,7826 * -56,54 + 0,741 * 1 * -27,36) = 32,9062$ кН/м ($N_{\Delta} (N_{\Pi} = 32,91953$ кН/м);
- $E_{\Delta} = \frac{M_{\Delta}}{N_{\Delta}} = 4,56 / 32,91 = 0,139$ мм ($E_{\Delta} (E_{\Pi}) = 0,138468$ м).

Исходные данные и результаты расчета в программе КАМИН приведены на рис. 2.4.5 – 2.4.6 .

Согласно п. 7.7 и 7.32 [1] длительная часть нагрузки учитывается при расчете коэффициент m_g для стен толщиной менее 30 см, а для стен толщиной более 300 мм $m_g = 1$, соответственно коэффициент длительности в программу КАМИН следует вводить только для кладки толщиной менее 300 мм.

Символ	Наименование	Значение	Единица
R	Расчетное сопротивление кладки сжатию	2200	кН/м ²
R _н	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по непрерывному сечению (по швам)	80	кН/м ²
R _п	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по перевязанному сечению (по материалу)	200	кН/м ²
R _{нз}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по непрерывному сечению (по материалу)	300	кН/м ²
R _{пз}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению (по материалу)	120	кН/м ²
R _{нс}	Расчетное сопротивление кладки срезу по непрерывному сечению (по материалу)	160	кН/м ²
R _{пс}	Расчетное сопротивление кладки срезу по перевязанному сечению (по материалу)	800	кН/м ²
R _{нл}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по материалу)	300	кН/м ²
R _{пл}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по швам)	120	кН/м ²
E	Модуль упругости кладки (наличный модуль деформации) для неразрезанной кладки	4400000	кН/м ²
α	Уprung характеристика кладки	1000	

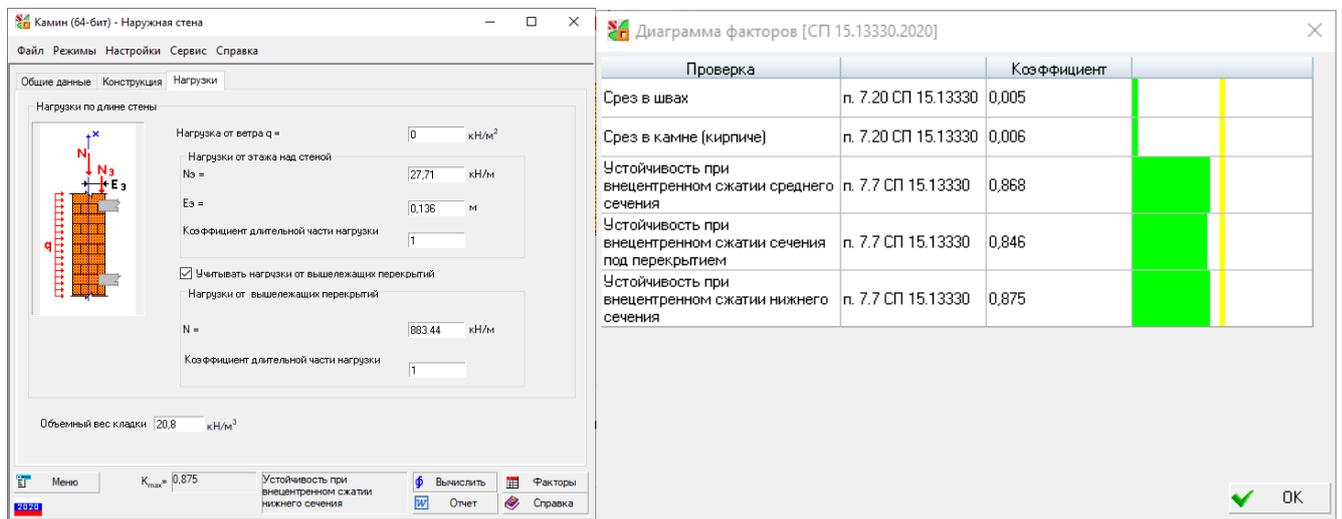


Рис. 2.4.5 – Исходные данные и результаты расчета участка стены в программе КАМИН при ручном определении исходных данных по результатам расчета в SCAD++

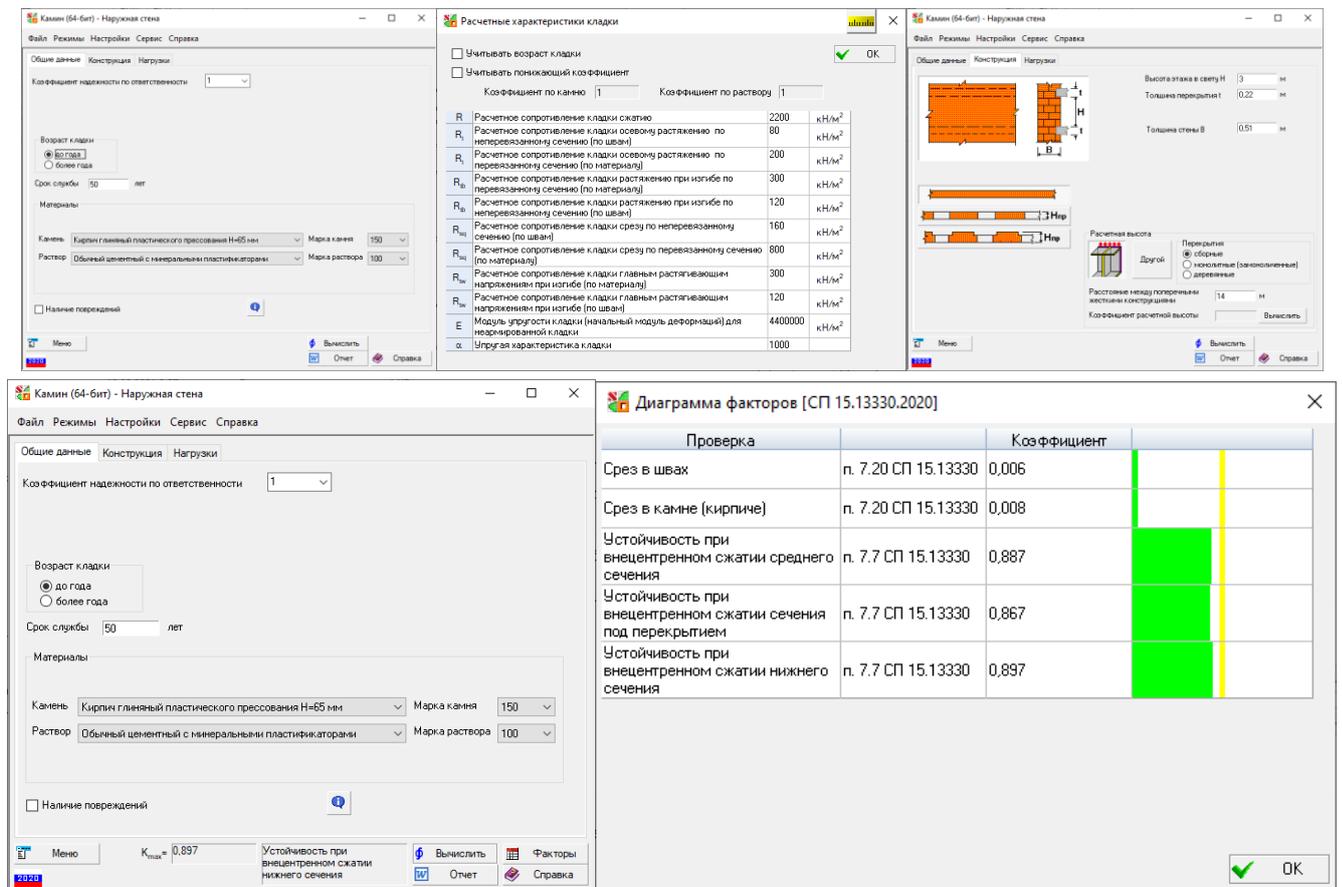


Рис. 2.4.6 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по KI a1

Результаты расчета через плагин BrickWalls для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 11, отметки от 0 до +3.000) в режиме **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**) приведены в таблице 2.4.1 с учетом коэффициента $\varphi < 1$, в таблице 2.4.2 при $\varphi = 1$, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элемента № 2985, а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин BrickWalls.

В таблице 2.3.1 использованы следующие обозначения:

- a1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- a2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- a3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- a4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a3 > 1$);

- а5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- а6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot \gamma); e_1/(\gamma - 0.02))$.

Таблица 2.4.1 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls с учетом коэффициента $\varphi < 1$

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	N эл.	a1	N эл.	a2	N эл.	a3	N эл.	a4	N эл.	a5	N эл.	a6
1 эт 0-3												
24	2818	0,77	2818	-	2818	0	2818	-	2818	-	2818	0,91
24	2934	0,83	2934	-	2934	0	2934	-	2934	-	2934	0,91
24	2966	0,78	2966	-	2966	0	2966	-	2966	-	2966	0,91
24	2974	0,84	2974	-	2974	0	2974	-	2974	-	2974	0,91
24	2985	0,86	2985	-	2985	0	2985	-	2985	-	2985	0,91
24	3047	0,78	3047	-	3047	0	3047	-	3047	-	3047	0,91
24	3218	0,78	3218	-	3218	0,01	3218	-	3218	-	3218	0,91
24	3298	0,79	3298	-	3298	0,01	3298	-	3298	-	3298	0,91
24	3331	0,79	3331	-	3331	0,01	3331	-	3331	-	3331	0,91
24	3443	0,82	3443	-	3443	0,01	3443	-	3443	-	3443	0,91
24	3581	0,79	3581	-	3581	0,01	3581	-	3581	-	3581	0,91
24	3624	0,82	3624	-	3624	0,01	3624	-	3624	-	3624	0,91
24	3641	0,8	3641	-	3641	0,01	3641	-	3641	-	3641	0,91
24	3656	0,74	3656	-	3656	0,01	3656	-	3656	-	3656	0,91
24	3720	0,83	3720	-	3720	0,01	3720	-	3720	-	3720	0,91
24	3724	0,77	3724	-	3724	0,01	3724	-	3724	-	3724	0,91
24	3779	0,8	3779	-	3779	0,01	3779	-	3779	-	3779	0,91
24	3872	0,79	3872	-	3872	0,01	3872	-	3872	-	3872	0,91
24	4038	0,79	4038	-	4038	0,02	4038	-	4038	-	4038	0,91
24	4099	0,78	4099	-	4099	0,02	4099	-	4099	-	4099	0,91
24	4144	0,77	4144	-	4144	0,02	4144	-	4144	-	4144	0,91
24	4190	0,82	4190	-	4190	0,02	4190	-	4190	-	4190	0,91
24	4231	0,8	4231	-	4231	0,02	4231	-	4231	-	4231	0,91
24	4266	0,74	4266	-	4266	0,02	4266	-	4266	-	4266	0,91
24	4467	0,82	4467	-	4467	0,03	4467	-	4467	-	4467	0,91
24	4491	0,8	4491	-	4491	0,03	4491	-	4491	-	4491	0,91
24	4499	0,78	4499	-	4499	0,02	4499	-	4499	-	4499	0,91
24	4600	0,76	4600	-	4600	0,03	4600	-	4600	-	4600	0,91
24	4642	0,8	4642	-	4642	0,03	4642	-	4642	-	4642	0,91
24	4758	0,77	4758	-	4758	0,02	4758	-	4758	-	4758	0,91
24	4869	0,8	4869	-	4869	0,04	4869	-	4869	-	4869	0,91
24	4879	0,75	4879	-	4879	0,02	4879	-	4879	-	4879	0,91
24	4926	0,85	4926	-	4926	0,05	4926	-	4926	-	4926	0,91
24	4981	0,78	4981	-	4981	0,03	4981	-	4981	-	4981	0,91
24	4991	0,87	4991	-	4991	0,05	4991	-	4991	-	4991	0,91
24	5171	0,75	5171	-	5171	0,03	5171	-	5171	-	5171	0,91

Таблица 2.4.2 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls с учетом коэффициента $\varphi=1$

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	N эл.	a1	N эл.	a2	N эл.	a3	N эл.	a4	N эл.	a5	N эл.	a6
1 эт 0-3												
24	2818	0,8	2818	-	2818	0	2818	-	2818	-	2818	0,91
24	2934	0,87	2934	-	2934	0	2934	-	2934	-	2934	0,91
24	2966	0,81	2966	-	2966	0	2966	-	2966	-	2966	0,91
24	2974	0,87	2974	-	2974	0	2974	-	2974	-	2974	0,91
24	2985	0,9	2985	-	2985	0	2985	-	2985	-	2985	0,91
24	3047	0,81	3047	-	3047	0	3047	-	3047	-	3047	0,91
24	3218	0,81	3218	-	3218	0,01	3218	-	3218	-	3218	0,91
24	3298	0,82	3298	-	3298	0,01	3298	-	3298	-	3298	0,91
24	3331	0,81	3331	-	3331	0,01	3331	-	3331	-	3331	0,91
24	3443	0,85	3443	-	3443	0,01	3443	-	3443	-	3443	0,91
24	3581	0,82	3581	-	3581	0,01	3581	-	3581	-	3581	0,91
24	3624	0,85	3624	-	3624	0,01	3624	-	3624	-	3624	0,91
24	3641	0,83	3641	-	3641	0,01	3641	-	3641	-	3641	0,91
24	3656	0,77	3656	-	3656	0,01	3656	-	3656	-	3656	0,91
24	3720	0,86	3720	-	3720	0,01	3720	-	3720	-	3720	0,91
24	3724	0,8	3724	-	3724	0,02	3724	-	3724	-	3724	0,91
24	3779	0,83	3779	-	3779	0,01	3779	-	3779	-	3779	0,91
24	3872	0,81	3872	-	3872	0,01	3872	-	3872	-	3872	0,91
24	4038	0,82	4038	-	4038	0,02	4038	-	4038	-	4038	0,91
24	4099	0,81	4099	-	4099	0,02	4099	-	4099	-	4099	0,91
24	4144	0,8	4144	-	4144	0,02	4144	-	4144	-	4144	0,91
24	4190	0,86	4190	-	4190	0,02	4190	-	4190	-	4190	0,91
24	4231	0,83	4231	-	4231	0,02	4231	-	4231	-	4231	0,91
24	4266	0,77	4266	-	4266	0,02	4266	-	4266	-	4266	0,91
24	4467	0,85	4467	-	4467	0,03	4467	-	4467	-	4467	0,91
24	4491	0,83	4491	-	4491	0,03	4491	-	4491	-	4491	0,91
24	4499	0,81	4499	-	4499	0,03	4499	-	4499	-	4499	0,91
24	4600	0,79	4600	-	4600	0,03	4600	-	4600	-	4600	0,91
24	4642	0,83	4642	-	4642	0,03	4642	-	4642	-	4642	0,91
24	4758	0,8	4758	-	4758	0,02	4758	-	4758	-	4758	0,91
24	4869	0,83	4869	-	4869	0,04	4869	-	4869	-	4869	0,91
24	4879	0,78	4879	-	4879	0,02	4879	-	4879	-	4879	0,91
24	4926	0,89	4926	-	4926	0,05	4926	-	4926	-	4926	0,91
24	4981	0,81	4981	-	4981	0,03	4981	-	4981	-	4981	0,91
24	4991	0,9	4991	-	4991	0,05	4991	-	4991	-	4991	0,91
24	5171	0,78	5171	-	5171	0,02	5171	-	5171	-	5171	0,91

Выводы:

- результаты расчета в плагине BrickWalls отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** (рис. 2.4.5) в 0,87/0,88=0,99 раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** неармированной кладки при приближенном учете веса стен при определении N (без учета веса перемычек рис. 2.4.6) отличаются от более точного расчета (рис. 2.4.5) в 0,897/0,875=1,03 раза;
- при $\varphi=1$ коэффициент использования для первого этажа увеличивается в 0,9/0,87=1,034 раза.

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 4991 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 1 эт 0-3

Имя группы: 1 эт 0-3 f=1 h=3 l0=2,7 Lp=1 qp=12 Lt=3 qt=13 b=0,12 w=0,46 L=3 n=13 u=0 (BWL)

Нижний уровень: 0 м; Верхний уровень: 3 м;

Параметры группы этажа:

- Номер этажа (f)=1;
- Высота этажа (h)=3 м | Расчетная высота (l0)=2,7 м;
- qp=12 (Пост. пп +3 qp=1 эт 0-3);
- qt=13 (кр. пп +3 qt=1 эт 0-3);
- b=0,12 м;
- w=0,46 кН/м2;
- L=3 (Врем- типовые (L));
- n=13;
- u=0 (не является последним этажом);

****Номер элемента 4991****

Номер группы: 24

Имя группы: 24 a1=9 a2=0 kw=0 kp=0,481 kt=0,741 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

- Низ: 2,45 м
- Середина: 2,725 м
- Верх: 3 м

Параметры стены:

- Толщина: 0,51 м
- a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
- a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
- kw=0 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: ВС 1-4 эт

-Прочностные характеристики: Rx=2,2 МПа | Ry=1,76 МПа | Rtx=0,08 МПа | Rty=0,16 МПа | Rsqx=0,8 МПа | Rsqy=0,16 МПа | Rtw=0,12 МПа | k=2 | a=1000 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

- Имя:
- Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,865

Критическое напряжение:

- Sig_xs: -1827,839 кН/м2 | Комбинация: 0,566*L3+0,7*L4+0,7*L5+L8+L61+L62
- Sig_x: -1820,653 кН/м2 | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)
- Sig_xgs: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
- Sig_xg: 2,515 кН/м2 | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
- Sig_x1: -46,921 кН/м2 | Комбинация: 0,481*L12+0,741*L13
- Sig_x1g: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
- Sig_x2: -1820,653 кН/м2 | Комбинация: Sig_x
- Sig_x2g: 2,515 кН/м2 | Комбинация: Sig_xg

PCY для элемента № 4991, соответствующие Sig_xs=-1827,839 приведены на рис. 2.4.7.

Критерий	Тип комбинации	σ _x	σ _y	τ _{xy}	M _x	M _y	M _{xy}	Q _x	Q _y	R _x	R _y	Формула
		кН/м ²	кН/м ²	кН/м ²	кН/м ²	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м ²	
1000	Расчетные значения	-1906,28	-445,97	-0,01	-2,559	-0,666	-0,258	-2,452	5,177	0	0	0.9* l_3 +0.7* l_4 +0.7* l_5 + l_8 + l_6 + l_2
1000	Расчетные значения	-1628,4	-378,72	1,26	-2,148	-0,557	-0,237	-1,923	4,276	0	0	0.9* l_3 +0.7* l_4 +0.7* l_5 + l_8 +0.7826* l_6 +0.8035* l_2
1000	Расчетные значения	-1609,25	-385,51	-9,59	-2,604	-0,738	-0,228	-2,776	5,435	0	0	l_3 +0.7* l_4 +0.9* l_5 + l_6 + l_2
1000	Нормативные значения	-1605	-377,33	-1,05	-2,153	-0,563	-0,202	-2,162	4,388	0	0	0.6923* l_3 +0.5833* l_4 +0.5* l_5 +0.7142* l_8 +0.8695* l_6 +0.8928* l_2
8005	Расчетные значения	-1585,03	-384,79	-9,07	-2,288	-0,654	0,025	-4,405	5,341	0	0	0.9* l_9 + l_6 + l_2 + l_3 +0.7* l_4 +0.7* l_5 + l_8
8005	Расчетные значения	-1569,35	-376,57	-8,29	-2,546	-0,686	-0,16	-3,064	5,546	0	0	l_6 + l_2 + l_3 +0.7* l_4 +0.9* l_5
8002	Расчетные значения	-1567,25	-381,32	-8,88	-2,192	-0,631	0,053	-4,497	5,172	0	0	l_9 + l_6 + l_2 +0.9* l_3 +0.7* l_4 +0.7* l_5
11000	Расчетные значения	-1487,9	-341,23	-3,84	-2,622	-0,717	-0,228	-2,689	5,667	0	0	l_1 + l_2 + l_3 +0.9* l_4 +0.7* l_5
11030	Расчетные значения	-1477,82	-336,02	-13,9	-2,629	-0,824	-0,288	-2,773	5,455	0	0	l_1 + l_2 + l_3 +0.9* l_4 +0.7* l_5
8003	Расчетные значения	-1470,5	-332,6	-3,08	-2,881	-0,749	-0,412	-1,347	5,872	0	0	-0.9* l_9 + l_1 + l_2 + l_3 +0.7* l_4 +0.7* l_5
11075	Расчетные значения	-1468,57	-330,92	-9,45	-2,454	-0,758	-0,187	-3,341	5,504	0	0	l_1 + l_2 +0.9* l_3 +0.7* l_4 +0.7* l_5 + l_6
7000	Расчетные значения	-1464,21	-332,82	-14,03	-2,628	-0,822	-0,286	-2,78	5,473	0	0	l_1 + l_2 + l_3
7000	Расчетные значения	-1462,82	-349,26	-26,81	-2,545	-0,79	-0,256	-2,847	5,394	0	0	l_1 + l_2 +0.9* l_3 + l_6
11000	Расчетные значения	-1449,62	-327,6	-2,78	-2,842	-0,733	-0,425	-1,144	5,748	0	0	-0.9* l_9 + l_1 + l_2 + l_3 +0.9* l_5
1000	Расчетные длительные	-1448,66	-349,36	-7,04	-2,134	-0,581	-0,135	-2,584	4,565	0	0	0.35* l_3 +0.245* l_4 +0.45* l_5 + l_6 + l_2
1000	Расчетные длительные	-1439,54	-347,3	-6,9	-2,109	-0,572	-0,13	-2,574	4,518	0	0	0.315* l_3 +0.245* l_4 +0.35* l_5 +0.7* l_8 + l_6 + l_2

Рис. 2.4.7 – PCY для элемента № 4991

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.4.8) для группы № 81 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина BrickWalls:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p=1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_p=12$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t=3$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_t=13$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по нагружению 12 ($q_p=12$), а коэффициент сочетания из PCY по нагружению 1 ($L_p=1$), напряжение от временных нагрузок принято по нагружению 13 ($q_t=13$), а коэффициент сочетания из PCY по нагружению 3 ($L_t=3$).

№ группы	Имя этажа	Номер этажа	h	l0	Lp	qp	Lt	qt	b	w	L	n
80	-1 эт -2,2-0	-1	2,2	1,98	1	10	3	11	0,12	0	3	14
81	1 эт 0-3	1	3	2,7	1	12	3	13	0,12	0,46	3	13
82	2 эт 3-6	2	3	2,7	1	14	3	15	0,12	0,46	3	12
83	3 эт 6-9	3	3	2,7	1	16	3	17	0,12	0,46	3	11
84	4 эт 9-12	4	3	2,7	1	18	3	19	0,12	0,46	3	10
85	5 эт 12-15	5	3	2,7	1	20	3	21	0,12	0,46	3	9
86	6 эт 15-18	6	3	2,7	1	22	3	23	0,12	0,54	3	8
87	7 эт 18-21	7	3	2,7	1	24	3	25	0,12	0,54	3	7
88	8 эт 21-24	8	3	2,7	1	26	3	27	0,12	0,54	3	6
89	9 эт 24-27	9	3	2,7	1	28	3	29	0,12	0,54	3	5
90	10 эт 27-30	10	3	2,7	1	30	3	31	0,12	0,54	3	4
91	11 эт 30-33	11	3	2,7	1	32	3	33	0,12	0,54	3	3
92	12 эт 33-36	12	3	2,7	1	34	3	35	0,12	0,54	3	2
93	13 эт 36-39	13	3	2,7	1	36	3	37	0,12	0,54	3	1
94	14 эт 39-42	14	3	2,7	1	38	4	39	0,12	0,54	3	1
95	15 эт чердак под надстройкой	15	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1
96	15 эт чердак	16	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1
97	Надстройка над кровлей	17	1,6	1,44	1	42	5	43	0,12	0,54	3	1

Рис. 2.4.8 Исходные данные по этажам для плагина BrickWalls

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета:

- комбинация РСУ L3+0,7*L4+0,7*L5+L8+L61+L62 (рис. 2.4.7);
- в исходных данных для группы элементов № 24 параметры $k_p=0,481$, $k_t=0,741$;
- в исходных данных для группы этажа № 81 параметры $n=13$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1-0,4)/13^{0,5} = 0,566$ ($n=13$);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -1906,28 - 0,9 * -235,15 + 0,566 * 1 * -235,15 = -1827,74$ кН/м²; (Sig_xs: -1827,839 кН/м²), так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- поскольку стена толщиной 510 > 300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -1827,3 + 1 * -27,74 * (0,741 - 1) = -1820,12$ кН/м² (Sig_x: -1820,653 кН/м²), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается от перекрытия рассматриваемого этажа только с одной стороны;
- от комбинации $0,481 * L12 + 0,741 * L13$
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 * 1 * -54,81 + 0,741 * 1 * 1 * -27,74 = -46,92$ кН/м²
 (Sig_x1: -46,921 кН/м²);

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -5,14489 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: 0 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,005541 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5 * 0,51 - 0,12/3; 0,5 * 0,51 - 0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,51$ м – толщина стены), ($E1: 0,215$ м).

$M1 = \text{Sig}_{x1} * 1 * m * h * E1 (1-x/H) = -46,921 * 0,51 * 0,215 * (1-0/3) = -5,145$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M1: -5,14489$ кН * м), для верхнего элемента этажа $x=0$.

Расчетный эксцентриситет

$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + e_v = \text{ABS}(-5,14489 + 0 + 0) / (1820,653 * 0,51) + 0 = 0,005541$ м
 ($E_0: 0,005541$ м);

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,005541 / (0,7 * 0,51/2) = 0,031$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0)/(k * \gamma); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,005541 / (0,9 * 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,024; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

- M_G: 1 (п. 7.7)
- Fi_1: 0,967 (ф. 7.6)
- Omega: 1,010864 (таб. 7.2)
- A_c: 0,499 м² (ф. 7.5)
- Mu: 0 % (п. 7.31)
- Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)
- R: 2,2 МПа

$M_G=1$ поскольку толщина стены $h=51$ см > 30 см (последний абзац п. 7.7 [1]), ($M_G: 1$).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,7/0,51 = 5,294$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1000$ коэффициент продольного изгиба $\varphi=0,974$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,51 - 2 * 0,005541 = 0,499$ м.

$\lambda_{hc} = H/h_c = 3/0,499 = 6,012$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha = 1000$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c = 0,960$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,974 + 0,960)/2 = 0,967$ (φ_{i-1} : 0,967).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51 * 1 * (1 - 2 * 0,005541/0,51) = 0,499 \text{ м}^2$ (A_c : 0,499 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,005541/0,51 = 1,010865 < 1,45$ (ω : 1,010864).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 1820,653 * 0,51 / (1 * 0,967 * 2200 * 0,499 * 1,010864) = 0,865$

(КИ: 0,865).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие а5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (а3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7 (h/2)$

КИ: 0,047

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1073,083 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2-0,9*L9+0,566*L123+0,7*L125

-Sig_x: -1065,897 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 2,515 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -41,19 кН/м² | Комбинация: 0,376*L12+0,741*L13

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1065,897 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 2,515 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -4,51649 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,008308 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{x,pcy}$ соответствующее Sig_xs=-1448,388 кН/м² приведено на рис. 2.4.9.

Критерий	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
12075	-1078,4	-264,5	-8,35	-1,571	-0,428	-0,148	-1,366	3,005	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.7*L64+0.9*L65-L69
12105	-1090,62	-264,07	-4,29	-1,469	-0,386	-0,063	-1,956	3,192	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L125
12000	-1096,06	-265,49	-4,27	-1,468	-0,386	-0,062	-1,964	3,185	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L64+0.9*L65
8004	-1098,68	-266,02	-4,26	-1,471	-0,39	-0,067	-1,944	3,175	0	0	L4+0.9*L5+0.7826*L61+0.8035*L62
12060	-1108,65	-264,97	-0,15	-1,385	-0,36	0,005	-2,444	3,31	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L64+0.7*L65+L129
12150	-1109,21	-273,51	-5,18	-1,183	-0,353	0,139	-3,438	2,956	0	0	0.9*L4+L9+0.7826*L61+0.8035*L62
12045	-1109,66	-265,5	-0,23	-1,365	-0,344	0,024	-2,558	3,369	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L64+0.7*L65+L69
8004	-1115,42	-274,99	-5,13	-1,184	-0,354	0,139	-3,436	2,95	0	0	0.9*L4+0.7*L5+L9+0.7826*L61+0.8035*L62
11150	-1155,23	-255,79	-9,14	-2,422	-0,68	-0,378	-1,151	4,891	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L9+L123+0.7*L125
11105	-1171,19	-269,56	-10,58	-1,808	-0,593	0,02	-3,931	4,309	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L9+0.9*L123+0.7*L124
11150	-1174,26	-264,79	-9,88	-2,163	-0,648	-0,193	-2,494	4,684	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L123+0.9*L125
11120	-1176,9	-270,86	-10,49	-1,808	-0,593	0,021	-3,933	4,305	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L9+0.9*L123+0.7*L124+0.7*L125
3000	-1177,04	-284,25	-23,5	-2,079	-0,618	-0,164	-2,568	4,585	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L63+L68
11120	-1177,62	-265,58	-9,84	-2,163	-0,648	-0,193	-2,497	4,68	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L123+0.9*L124+0.7*L125
11030	-1181,74	-263,46	-10,52	-2,427	-0,707	-0,444	-0,73	4,65	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5+L9
11000	-1184,35	-266,19	-2,32	-2,418	-0,618	-0,392	-0,682	4,827	0	0	L9+0.7826*L121+0.8035*L122+0.9*L123

Рис. 2.4.9 – PCY для элемента № 4991

Напряжение для расчета эксцентриситета

$$\sigma_x = \sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -1155,23 \cdot 1 - 189,45 + 0,566 \cdot 1 - 189,45 = -1073,009 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_x: -1073,083 кН/м²), так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 123 $k_{ts,rsu}=1$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1) по параметру $L=3$ в группе этажа № 81 плагин BrickWalls идентифицирует, что в режиме **Вариация моделей** коэффициент φ необходимо применить к загрузке № 123 (№ 3 в Модели № 3).

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.4.4) по комбинации РСУ $0,783 \cdot L1 + 0,804 \cdot L2 - 0,9 \cdot L9 + L123 + 0,7 \cdot L125$ от комбинации $0,376 \cdot L12 + 0,741 \cdot L13$

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 \cdot 0,7826 - 54,81 + 0,741 \cdot 1 - 27,74 = -41,19 \text{ кН/м}^2$$

$$(\text{Sig}_{x1}: -41,19 \text{ кН/м}^2)$$

$M1 = \text{Sig}_{x1} \cdot 1 \text{ м} \cdot h \cdot E1(1-x/H) = -41,19 \cdot 0,51 \cdot 0,215 \cdot (1-0/3) = -4,516 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M1$: -4,51649 кН * м)

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig}_x| \cdot h) + e_v = \text{ABS}(-4,51649 + 0 + 0) / (1073,083 \cdot 0,51) + 0 = 0,008253$$

$$(E_0: 0,008308 \text{ м});$$

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1]

$$a_3 = E_0 / (0,7y) = 0,008308 / (0,7 \cdot 0,51/2) = 0,047 \text{ (КИ: } 0,047)$$

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a_3 -----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y-0,02))$ (a_6)-----

Доп информация: п.7.10 ($\max e$)

КИ: 0,915

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -906,728 кН/м² | Комбинация: L1+L2-L8

-Sig_x: -906,728 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -26,362 кН/м² | Комбинация: $0,481 \cdot L12 + 0 \cdot L13$

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3

-Sig_x2: -906,728 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -2,89062 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,006251 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-ky: 0,9y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

-e0/(k*y): 0,027237 (п. 7.10)

-e1/(y-0,02): 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max(E_0/(k \cdot y); E_1/(y-0,02)) = \max(0,006251/(0,9 \cdot 0,51/2); 0,215/(0,51/2-0,02)) = \max(0,027; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,915).

2.5 Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 510 мм и 380 мм на среднем (4-м) этаже при опирании плит перекрытия с двух сторон с учетом эксцентриситета от изменения толщины стен ниже перекрытия.

Расчет выполнен для группы элементов № 24 (рис. 2.4.1) с использованием прилагаемого файла **SCAD++ Модель_1_kred=0.8_test_dh.SPR** (в данном случае файл **Вариация.VPR** не использовался, чтобы из-за изменения жесткостей не переделывать остальные тесты т.к. этот тест выполнялся после выполнения остальных).

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.4.2.

Особенностью рассмотренного участка стены в отметках от 0 +9,000 до +12,000 является то, что на рассмотренном этаже толщина стены меняется с 510 мм до 380 мм ниже отметки перекрытия над этажом. Для демонстрации учета эксцентриситета от изменения толщины стены элементы рассмотренного участка стены включены в группу № 98 в параметрах которой задано $dh=1$ (рис. 2.5.1), что означает суммирование момента от изменения толщины с моментом от перекрытия для нижнего участка стены и его вычитание для верхнего по формулам, вывод которых приведен в п. 3.5.1. Если элементы не включены в группу учета эксцентриситета, то принимается $dh=0$.

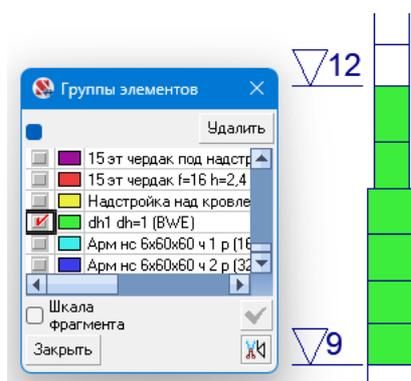


Рис. 2.5.1 – Группа учета эксцентриситетов от изменения толщины

Особенностью учета эксцентриситетов от изменения толщины стены в данном случае является то, что в массив рассчитываемых элементов должны быть включены не только рассматриваемые элементы, но и элементы с другой толщиной (рис. 2.5.2).

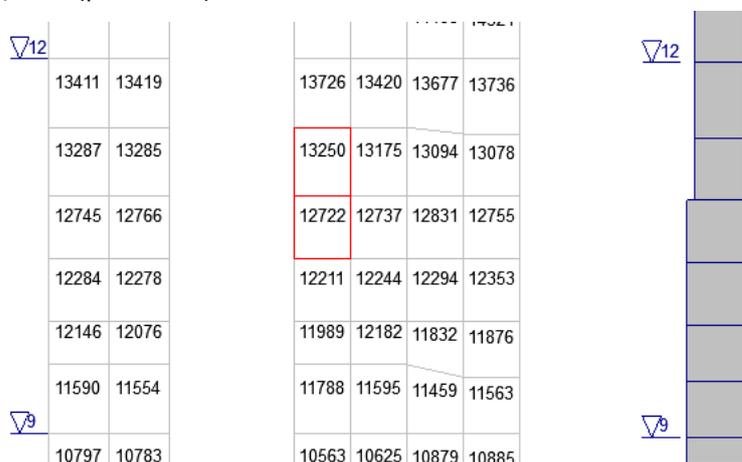


Рис. 2.5.2 – Эпюры моментов от эксцентриситета стен и перекрытия

На рис. 2.5.3 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_1 по загрузению «L1 – постоянные нагрузки на перекрытия»;
- σ_2 по загрузению «L2 – постоянные нагрузки на стены»;
- σ_3 по загрузению «L3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей»;
- σ_4 по загрузению «L4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие»;
- σ_5 по загрузению «L5 – снеговые нагрузки на покрытие»;
- σ_8 по загрузению «L8 – полная ветровая нагрузка вдоль X»;
- σ_{qp} по загрузению «L18 – постоянные нагрузки на перекрытие на отм. +12,000» (вспомогательное загрузение);
- σ_{qt} по загрузению «L19 – временные нагрузки на перекрытие на отм. +12,000» (вспомогательное загрузение).

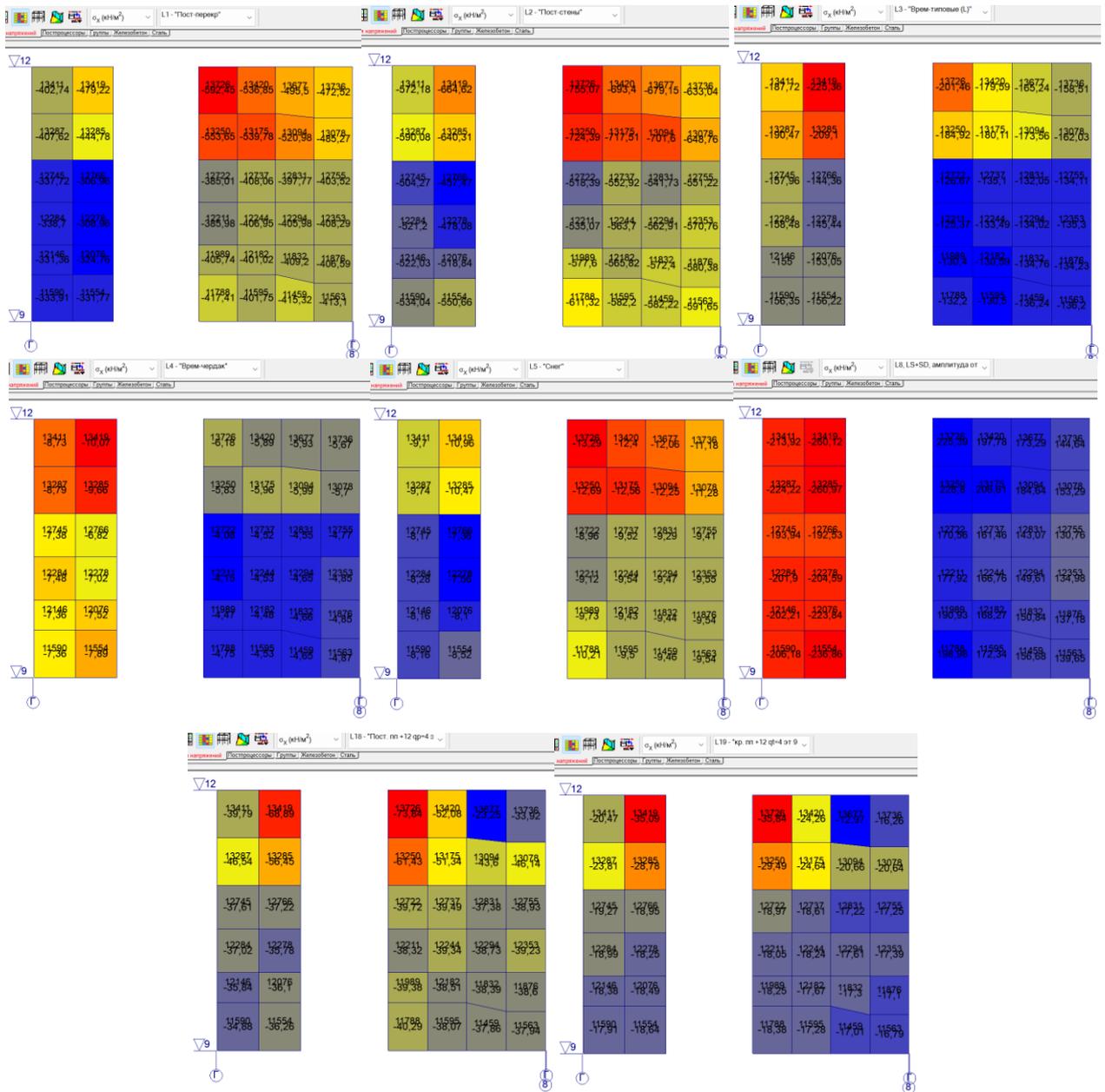


Рис. 2.5.3 – Необходимые для расчета напряжения

Поскольку для рассматриваемого участка стены опирание плит перекрытий с двух сторон, то коэффициенты управления эксцентриситетом (вывод формул см. п. 3.5.9):

- коэффициент $k_p = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} = (6 - 2,1) / (6 + 2,1) = 0,481$;
- коэффициент $k_t = \frac{L_{max}}{L_{max} + L_{min}} = 6 / (6 + 2,1) = 0,741$.

Для данного случая режимами **Наружная стена**, **Армированная наружная стена**, **Стена подвала**, **Армированная стена подвала** программы **КАМИН** воспользоваться не получится, а при использовании режимов **Внецентренно сжатые столбы** или **Внецентренно сжатые армированные столбы** предварительно необходимо определить расчетное значение эксцентриситета e_0 .

Результаты расчета через плагин BrickWalls для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 11, отметки от 0 до +3.000) приведены в таблице 2.5.1, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элементов № 13250 и 12722 с детальным разбором методики расчета, заложенной в плагин BrickWalls.

В таблице 2.5.1 используются следующие обозначения:

- a1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- a2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- a3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- a4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$);

- а5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- а6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot \gamma); e_1/(\gamma - 0.02))$.

Таблица 2.5.1 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls
(файл **Модель_1_kred=0.8_test_dh.SPR**)

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	№ эл.	а1	№ эл.	а2	№ эл.	а3	№ эл.	а4	№ эл.	а5	№ эл.	а6
4 эт 9-12												
24	11459	0,59	11459	-	11459	0,04	11459	-	11459	-	11459	0,64
24	11554	0,58	11554	-	11554	0,04	11554	-	11554	-	11554	0,64
24	11563	0,58	11563	-	11563	0,03	11563	-	11563	-	11563	0,64
24	11590	0,56	11590	-	11590	0,04	11590	-	11590	-	11590	0,64
24	11595	0,59	11595	-	11595	0,04	11595	-	11595	-	11595	0,64
24	11788	0,62	11788	-	11788	0,04	11788	-	11788	-	11788	0,64
24	11832	0,59	11832	-	11832	0,09	11832	-	11832	-	11832	0,64
24	11876	0,59	11876	-	11876	0,09	11876	-	11876	-	11876	0,64
24	11989	0,61	11989	-	11989	0,09	11989	-	11989	-	11989	0,64
24	12076	0,57	12076	-	12076	0,1	12076	-	12076	-	12076	0,64
24	12146	0,56	12146	-	12146	0,1	12146	-	12146	-	12146	0,64
24	12182	0,59	12182	-	12182	0,09	12182	-	12182	-	12182	0,64
24	12211	0,59	12211	-	12211	0,15	12211	-	12211	-	12211	0,64
24	12244	0,61	12244	-	12244	0,15	12244	-	12244	-	12244	0,64
24	12278	0,54	12278	-	12278	0,16	12278	-	12278	-	12278	0,64
24	12284	0,58	12284	-	12284	0,15	12284	-	12284	-	12284	0,64
24	12294	0,6	12294	-	12294	0,15	12294	-	12294	-	12294	0,64
24	12353	0,6	12353	-	12353	0,15	12353	-	12353	-	12353	0,64
24	12722	0,61	12722	-	12722	0,26	12722	-	12722	-	12722	0,64
24	12737	0,64	12737	-	12737	0,25	12737	-	12737	-	12737	0,64
24	12745	0,6	12745	-	12745	0,26	12745	-	12745	-	12745	0,64
24	12755	0,62	12755	-	12755	0,25	12755	-	12755	-	12755	0,64
24	12766	0,55	12766	-	12766	0,26	12766	-	12766	-	12766	0,64
24	12831	0,62	12831	-	12831	0,25	12831	-	12831	-	12831	0,64
24	13078	0,81	13078	-	13078	0,17	13078	-	13078	-	13078	0,88
24	13094	0,88	13094	-	13094	0,17	13094	-	13094	-	13094	0,88
24	13175	0,91	13175	-	13175	0,17	13175	-	13175	-	13175	0,88
24	13250	0,94	13250	-	13250	0,17	13250	-	13250	-	13250	0,88
24	13285	0,85	13285	-	13285	0,17	13285	-	13285	-	13285	0,88
24	13287	0,78	13287	-	13287	0,17	13287	-	13287	-	13287	0,88
24	13411	0,71	13411	-	13411	0,05	13411	-	13411	-	13411	0,88
24	13419	0,84	13419	-	13419	0,07	13419	-	13419	-	13419	0,88
24	13420	0,84	13420	-	13420	0,05	13420	-	13420	-	13420	0,88
24	13677	0,79	13677	-	13677	0,02	13677	-	13677	-	13677	0,88
24	13726	0,93	13726	-	13726	0,06	13726	-	13726	-	13726	0,88
24	13736	0,73	13736	-	13736	0,03	13736	-	13736	-	13736	0,88

Вывод. Наибольший коэффициент использования получается у элементов верхней стены с меньшей толщиной в месте примыкания к более толстой стене (причины см. по эпюре моментов, приведенной на рис. 5.6.5.6).

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 13250 с тестовыми проверками и пояснениями (файл «Модель_1_kred=0.8_test_dh.SPR»).

****Номер элемента 13250****

Номер группы: 24

Имя группы: 24 a1=9 a2=0 kw=0 kp=0,481 kt=0,741 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 10,9 м

-Середина: 11,175 м

-Верх: 11,45 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,38 м

-a1=9 м² (п. 6.7 СП 20.13330)

-a2=0 м² (п. 6.7 СП 20.13330)

-kw=0 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: ВС 5-6 эт

-Прочностные характеристики: R_x=2 МПа | R_y=1,6 МПа | R_{tx}=0,08 МПа | R_{ty}=0,16 МПа | R_{sqx}=0,725 МПа | R_{sqy}=0,16 МПа | R_{tw}=0,12 МПа | k=2 | a=1000 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя: dh1

-Параметры: dh=1

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,938

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1628,848 кН/м² | Комбинация: L1+L2+0,59*L3+0,7*L4+0,7*L5-L8

-Sig_x: -1621,211 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 2,673 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -51,398 кН/м² | Комбинация: 0,481*L18+0,741*L19

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1621,211 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 2,673 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

PCU для элемента № 13250, соответствующие Sig_xs=-1628,848 приведены на рис. 2.5.4.

Критерий	σ _x кН/м ²	σ _y кН/м ²	τ _{xy} кН/м ²	M _x кН*м/м	M _y кН*м/м	M _{xy} кН*м/м	Q _x кН/м	Q _y кН/м	R _x кН/м ²	R _y кН/м ²	Формула
1000	-1686,22	-229,25	114,39	-5,231	-1,499	-0,449	-14,019	5,72	0	0	0 L1+L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L8
5000	-1681,84	-229,07	115,16	-5,386	-1,535	-0,474	-14,415	5,855	0	0	0 L1+L2+L3+0.7*L4+0.7*L5-0.9*L8
8001	-1506,83	-204,28	99,84	-3,921	-1,168	-0,277	-10,658	4,443	0	0	0 L1+L2-L8
2000	-1492,37	-206,86	109,08	-4,912	-1,376	-0,625	-14,482	5,318	0	0	0 L1+L2+L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L9
1000	-1478,46	-204,75	108,61	-5,477	-1,52	-0,538	-14,623	5,775	0	0	0 L1+L2+L3+0.7*L4+0.9*L5
11000	-1474,38	-204,14	108,3	-5,477	-1,522	-0,534	-14,619	5,785	0	0	0 L1+L2+L3+0.9*L5
11090	-1462,96	-202,51	107,52	-5,475	-1,522	-0,532	-14,617	5,789	0	0	0 L1+L2+L3
8003	-1446,51	-200,04	106,88	-6,039	-1,667	-0,445	-14,759	6,247	0	0	0 L1+L2+L3-0.9*L9
11015	-1439,14	-199,08	106,21	-5,958	-1,644	-0,422	-14,407	6,142	0	0	0 L1+L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L9
11000	-1435,07	-198,47	105,9	-5,958	-1,646	-0,418	-14,403	6,152	0	0	0 L1+L2+0.9*L3+0.7*L5-L9
11090	-1426,19	-197,2	105,29	-5,956	-1,646	-0,417	-14,402	6,155	0	0	0 L1+L2+0.9*L3-L9
1000	-1423,57	-192,91	95,38	-4,354	-1,25	-0,372	-11,649	4,772	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L8
5000	-1419,19	-192,73	96,15	-4,509	-1,285	-0,397	-12,045	4,907	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+L3+0.7*L4+0.7*L5-0.9*L8
12090	-1310,44	-181,65	94,09	-3,395	-0,988	-0,45	-10,737	3,831	0	0	0 L1+L2+0.9*L4+0.7*L5+L9
12000	-1301,56	-180,38	93,48	-3,394	-0,989	-0,449	-10,736	3,834	0	0	0 L1+L2+0.9*L4+L9
12015	-1296,32	-179,6	93,08	-3,394	-0,991	-0,444	-10,731	3,847	0	0	0 L1+L2+L9
12090	-1295,28	-179,35	93,59	-4,023	-1,149	-0,354	-10,895	4,337	0	0	0 L1+L2+L4+0.9*L5

Рис. 2.5.4 – PCU для элемента № 13250

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.5.5) для группы № 84 исходные данные для плагина BrickWalls:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p=1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_p=18$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t=3$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_t=19$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по нагружению 35 ($q_p=12$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 1 ($L_p=1$), напряжение от временных нагрузок принято по нагружению 36 ($q_t=13$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 3 ($L_t=3$).

Параметры этажей													
№ группы	Имя этажа	Номер этажа	h	l0	lp	qp	lt	qt	b	w	L	n	
80	-1 эт -2,2-0	-1	2,2	1,08	1	10	3	11	0,12	0	3	14	
81	1 эт 0-3	1	3	2,7	1	12	3	13	0,12	0,46	3	13	
82	2 эт 3-6	2	3	2,7	1	14	3	15	0,12	0,46	3	12	
83	3 эт 6-9	3	3	2,7	1	16	3	17	0,12	0,46	3	11	
84	4 эт 9-12	4	3	2,7	1	18	3	19	0,12	0,46	3	10	
85	5 эт 12-15	5	3	2,7	1	20	3	21	0,12	0,46	3	9	
86	6 эт 15-18	6	3	2,7	1	22	3	23	0,12	0,54	3	8	
87	7 эт 18-21	7	3	2,7	1	24	3	25	0,12	0,54	3	7	
88	8 эт 21-24	8	3	2,7	1	26	3	27	0,12	0,54	3	6	
89	9 эт 24-27	9	3	2,7	1	28	3	29	0,12	0,54	3	5	
90	10 эт 27-30	10	3	2,7	1	30	3	31	0,12	0,54	3	4	
91	11 эт 30-33	11	3	2,7	1	32	3	33	0,12	0,54	3	3	
92	12 эт 33-36	12	3	2,7	1	34	3	35	0,12	0,54	3	2	
93	13 эт 36-39	13	3	2,7	1	36	3	37	0,12	0,54	3	1	
94	14 эт 39-42	14	3	2,7	1	38	4	39	0,12	0,54	3	1	
95	15 эт чердак под надстройкой	15	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1	
96	15 эт чердак	16	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1	
97	надстройка над кровлей	17	1,6	1,44	1	42	5	43	0,12	0,54	3	1	

Рис. 2.5.5 – Исходные данные по этажам для плагина BrickWalls

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета:

- комбинация $L1+L2+L3+0,7*L4+0,7*L5-L8$ (рис. 2.5.4);
- коэффициент сочетания в РСУ для нагружения № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- в исходных данных для группы элементов № 24 параметры $k_p=0,481$, $k_t=0,741$;
- в исходных данных для группы этажа № 84 параметры $n=10$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для нагружения № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4+(1-0,4)/10^{0,5}=0,590$ ($n=10$);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -1686,22-0,9*184,92+0,59*1*184,92=-1628,89$ кН/м²; (Sig_{xs}: -1628,848 кН/м²);
- поскольку стена толщиной 510>300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -628,848+1*29,49*(0,741-1) = -621,210$ кН/м² (Sig_x: -1621,211 кН/м²), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается от перекрытия рассматриваемого этажа только с одной стороны;
- от комбинации $0,481*L18+0,741*L19$
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481*1*-61,41+0,741*1*1*-29,49 = -51,39$ кН/м² (Sig_{x1}: -51,398 кН/м²);
- $\sigma_{x2} = \sigma_x = -1621,211$ (Sig_{x2}: -1621,211 кН/м²).

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,15 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -1,85546 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0,065 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 14,68277 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра
 -M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
 -E_0: 0,020822 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)
 -E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5*0,38-0,12/3; 0,5*0,38-0,07) = \max(0,150; 0,120) = 0,15$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,51$ м – толщина стены), ($E1: 0,15$ м).

$M1 = \text{Sig_x1} * 1 \text{ м} * h * E1 (1-x/H) = -51,398 * 0,38 * 0,15 * (1-1,1/3) = -1,855$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, но для элементов примыкающих к границе изменения толщины принимается по границе изменения толщины, H – высота этажа), ($M1: -1,85546$ кН * м).

$E2 = dh * 0,5 * (h_2 - h_1) = 1 * 0,5 * (0,38 - 0,25) = 0,065$ м ($E2: 0,065$ м)

$M2 = -\text{Sig_x2} * 1 \text{ м} * h * E2 * x/H = -1 * -1621,211 * 0,38 * 0,065 * 1,1/3 = 14,683$ ($M2: 14,68277$ кН * м).

Расчетная схема и эпюра моментов, которая используется в плагине BrickWalls для расчета $M2$ со значениями параметров для рассматриваемого элемента приведена на рис. 5.6.5.6, для которого:

- нагрузка от перекрытия $N1 = \text{Sig_x1} * h = 51,398 * 0,38 = 19,531$ кН;
- нагрузка от стены выше перекрытия $N = (\text{Sig_x} - \text{Sig_x1}) * h = (1621,211 - 51,398) * 0,38 = 596,529$ кН;
- $M = M1 + M2 = -1,855 + 14,683 = 12,83$ (совпадает с моментом на эпюре по рис. 5.6.5.6)

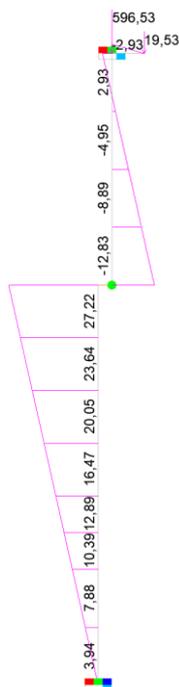


Рис. 5.6.5.6 – Расчетная схема и эпюра моментов при изменении толщины стены в пределах этажа
 Расчетный эксцентриситет

$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig_x}| * h) + ev = \text{ABS}(-1,855 + 14,683 + 0) / (1621,211 * 0,38) + 0 = 0,020823$ м
 ($E_0: 0,020822$ м);

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,020822 / (0,7 * 0,51/2) = 0,117$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0) / (k * \gamma); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,020822 / (0,9 * 0,51/2); 0,15 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,091; 0,882) = 0,882$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)
 -Fi_1: 0,92 (ф. 7.6)
 -Omega: 1,054793 (таб. 7.2)
 -A_c: 0,338 м² (ф. 7.5)
 -Mu: 0 % (п. 7.31)
 -Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)
 -R: 2 МПа

$M_G=1$ поскольку толщина стены $h=38$ см > 30 см (последний абзац п. 7.7 [1]), ($M_G: 1$).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h=2,7/0,38=7,105$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1000$ коэффициент продольного изгиба $\varphi=0,938$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c=h-2e_0=0,38-2*0,020822=0,338$ м.

$\lambda_{hc} = H/h_c=3/0,338=8,876$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1000$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c=0,903$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi+\varphi_c}{2}=(0,938+0,903)/2=0,921$ ($\varphi_{i-1}: 0,92$).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right)=0,38*1*(1-2*0,020822/0,38)=0,338$ м² ($A_c: 0,338$ м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h}=1+0,020822/0,38=1,054795 < 1,45$ ($\omega: 1,054793$).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega}=1621,211*0,38/(1*0,92*2000*0,338*1,054793)=0,939$

(КИ: 0,938).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие а5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (а3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7(h/2)$

КИ: 0,166

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1244,185 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2-L8

-Sig_x: -1244,185 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_xl: -23,125 кН/м² | Комбинация: 0,376*L18+0*L19

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x2: -1244,185 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,15 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,8348 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0,065 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 11,26817 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,022068 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{xs,pcy}$ соответствующее Sig_xs=-1244,185 кН/м² приведено на рис. 2.5.7.

Критерий	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
0	-786,59	-113,08	65,9	-3,244	-0,886	-0,34	-8,748	3,321	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L8
3000	-997,11	-137,77	72,65	-3,771	-1,063	-0,173	-8,675	3,917	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2-L9
8002	-1007,35	-143,36	82,71	-4,689	-1,256	-0,524	-12,46	4,75	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L8
0	-1015,39	-140,51	73,36	-3,144	-0,902	-0,27	-8,518	3,408	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2
12000	-1021,21	-141,39	73,81	-3,144	-0,899	-0,275	-8,523	3,394	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L4
12090	-1032,63	-143,01	74,59	-3,146	-0,899	-0,277	-8,525	3,39	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L4+0.9*L5
12015	-1033,67	-143,26	74,08	-2,517	-0,742	-0,367	-8,361	2,899	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L9
12000	-1038,91	-144,04	74,48	-2,517	-0,739	-0,372	-8,366	2,886	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+L9
12090	-1047,79	-145,31	75,08	-2,518	-0,739	-0,373	-8,367	2,883	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+0.7*L5+L9
0	-1049,24	-149,42	84,91	-4,121	-1,136	-0,417	-11,118	4,268	0	0	0.L1+L2+L8
11090	-1163,54	-160,86	86,29	-5,08	-1,396	-0,34	-12,031	5,207	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3-L9
11000	-1172,42	-162,13	86,89	-5,081	-1,396	-0,341	-12,033	5,204	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L5-L9
11015	-1176,5	-162,74	87,2	-5,081	-1,394	-0,345	-12,037	5,194	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L9
8003	-1183,86	-163,7	87,87	-5,162	-1,417	-0,368	-12,388	5,3	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L3-0.9*L9
11090	-1200,31	-166,17	88,51	-4,598	-1,273	-0,455	-12,247	4,842	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L3
11000	-1211,73	-167,8	89,29	-4,6	-1,273	-0,457	-12,249	4,837	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L3+0.9*L5
1000	-1215,81	-168,41	89,6	-4,6	-1,27	-0,461	-12,253	4,827	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L3+0.7*L4+0.9*L5
2000	-1229,72	-170,52	90,07	-4,035	-1,126	-0,548	-12,111	4,37	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L9
8001	-1244,18	-167,94	80,83	-3,045	-0,918	-0,2	-8,287	3,495	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2-L8
3000	-1259,76	-174,11	91,66	-4,648	-1,312	-0,25	-11,045	4,865	0	0	0.L1+L2-L9
8002	-1270	-179,7	101,72	-5,566	-1,506	-0,601	-14,83	5,697	0	0	0.L1+L2+L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L8

Рис. 2.5.7 – РСУ для элемента № 13250

Напряжения для расчета эксцентриситета:

- комбинация РСУ 0,7826*L1+0,8035*L2-L8;
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=0$, соответственно $k_{t,rsu} = 0$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = \sigma_{xs,pcy} = -1244,18$ кН/м² (Sig_x: -1244,185 кН/м²);
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = \sigma_{xs} = -1254,77$ (Sig_x: -1244,185 кН/м²);
- от комбинации 0,376*L18+0*L19
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 * 0,7826 * -61,43 + 0 = -23,12$ кН/м²
 (Sig_x1: -23,125 кН/м²);
- $\sigma_{x2} = \sigma_x = -1254,768$ (Sig_x2: -1244,185 кН/м²).

$M1 = \text{Sig}_x1 * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -23,12 * 0,38 * 0,15 * (1-1,1/3) = -0,8346$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, но для элементов примыкающих к границе изменения толщины принимается по границе изменения толщины, H – высота этажа), (M1: -0,8348 кН * м).

$$E2 = dh * 0,5 * (h_2 - h_1) = 1 * 0,5 * (0,38 - 0,25) = 0,065 \text{ м} \quad (E2: 0,065 \text{ м})$$

$$M2 = -\text{Sig}_x2 * 1 \text{ м} * h * E2 * x / H = -1 * -1244,185 * 0,38 * 0,065 * 1,1/3 = 11,268 \text{ (M2: 11,26817 кН * м)}.$$

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + e_v = \text{ABS}(-0,8346 + 11,268 + 0) / (1244,185 * 0,38) + 0 = 0,022068 \text{ (E}_0\text{: 0,022083 м)};$$

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1]

$$a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,022068 / (0,7 * 0,38/2) = 0,166 \text{ (КИ: 0,166)}$$

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a_3 -----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k * \gamma); e_1 / (\gamma - 0,02))$ (a6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,882

Критическое напряжение:

$$-\text{Sig}_{xs}: -1049,242 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: L1+L2+L8}$$

$$-\text{Sig}_x: -1049,242 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Формула: Sig}_{xs} + \text{Sig}_{qt} * k_{t,rsu} * (k_t - 1)$$

$$-\text{Sig}_{xgs}: 0 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент } \eta = 0 \text{ по табл. 7.3}$$

$$-\text{Sig}_{xg}: 0 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Формула: Sig}_{xgs} + \text{Sig}_{qt} * k_{t,rsu} * d * (k_t - 1)$$

$$-\text{Sig}_{x1}: -29,548 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: } 0,481 * L18 + 0 * L19$$

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x2: -1049,242 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,15 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -1,06669 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0,065 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 9,50263 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,021158 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- k_y : 0,9 y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

- $e_0/(k*y)$: 0,123731 (п. 7.10)

- $e_1/(y-0,02)$: 0,882353 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_b = \max(E_0/(k*y); E_1/(y-0,02)) = \max(0,021158/(0,9*0,38/2); 0,15/(0,38/2-0,02)) = \max(0,126; 0,882) = 0,882$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,882).

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 12722 с тестовыми проверками и пояснениями (файл «Модель_1_kred=0.8_test_dh.SPR»).

****Номер элемента 12722****

Номер группы: 24

Имя группы: 24 a1=9 a2=0 kw=0 kp=0,481 kt=0,741 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 10,4 м

-Середина: 10,65 м

-Верх: 10,9 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,51 м

-a1=9 м² (п. 6.7 СП 20.13330)

-a2=0 м² (п. 6.7 СП 20.13330)

-kw=0 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: ВС 1-4 эт

-Прочностные характеристики: $R_x=2,2$ МПа | $R_y=1,76$ МПа | $R_{tx}=0,08$ МПа | $R_{ty}=0,16$ МПа | $R_{sqx}=0,8$ МПа | $R_{sly}=0,16$ МПа | $R_{tw}=0,12$ МПа | $k=2$ | $a=1000$ | $n=1$ | $p=2$ | $e_v=0$ | $y_r=1,5$ | $\eta=1$ | $g_n=1$

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя: dh1

-Параметры: dh=1

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,61

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1157,786 кН/м² | Комбинация: L1+L2+0,59*L3+0,7*L4+0,7*L5-L8

-Sig_x: -1152,873 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_xg: 1,72 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -33,162 кН/м² | Комбинация: 0,481*L18+0,741*L19

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x2: -1152,873 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 1,72 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Критерий	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
1000	-1197,09	35,04	-3,61	-0,396	-0,104	-1,302	-9,012	-4,362	0	0	0 L1+L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L8
1105	-1192,7	34,88	-3,18	-0,427	-0,107	-1,36	-9,213	-4,477	0	0	0 L1+L2+L3+0.7*L4+0.7*L5-0.9*L8
1075	-1084,88	31,77	-4,41	-0,186	-0,087	-0,899	-7,104	-3,38	0	0	0 L1+L2+0.7*L4+0.9*L5-L8
3000	-1073,95	31,44	-4,35	-0,183	-0,085	-0,89	-7,117	-3,379	0	0	0 L1+L2-L8
7000	-1051,54	30,58	-0,4	0,135	-0,107	-1,589	-8,954	-4,055	0	0	0 L1+L2+L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L9
11075	-1049,61	30,5	-0,34	-0,004	-0,109	-1,565	-8,987	-4,16	0	0	0 L1+L2+L3+0.9*L4+0.7*L5+0.7*L9
1000	-1040,99	30,2	-0,1	-0,492	-0,114	-1,473	-9,113	-4,533	0	0	0 L1+L2+L3+0.7*L4+0.9*L5
12105	-1040,24	30,26	-0,53	0,228	-0,105	-1,557	-8,724	-3,893	0	0	0 L1+L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5+L9
8004	-1038,13	30,11	-0,09	-0,492	-0,114	-1,467	-9,121	-4,534	0	0	0 L1+L2+L3+0.9*L5
75	-1030,07	29,87	-0,04	-0,489	-0,113	-1,463	-9,126	-4,532	0	0	0 L1+L2+L3
8004	-1024	29,62	0,23	-1,118	-0,121	-1,349	-9,282	-5,011	0	0	0 L1+L2+L3+0.7*L5-0.9*L9
8002	-1017,72	29,43	0,27	-1,116	-0,12	-1,346	-9,286	-5,009	0	0	0 L1+L2+L3-0.9*L9
12150	-1015,73	29,54	-0,7	0,275	-0,101	-1,469	-8,298	-3,674	0	0	0 L1+L2+0.7*L3+0.9*L4+0.7*L5+L9
11000	-1012,81	29,29	0,17	-1,165	-0,12	-1,297	-9,08	-4,953	0	0	0 L1+L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L9
1000	-1011,56	29,66	-3,44	-0,337	-0,084	-1,079	-7,494	-3,618	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L8
12165	-1009,45	29,35	-0,67	0,277	-0,1	-1,467	-8,302	-3,672	0	0	0 L1+L2+0.7*L3+0.9*L4+L9
1105	-1007,17	29,5	-3,01	-0,368	-0,087	-1,137	-7,695	-3,734	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+L3+0.7*L4+0.7*L5-0.9*L8

Рис. 2.5.8 – PCY для элемента № 13722

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета:

- комбинация L1+L2+0,9*L3+0,7*L4+0,7*L5-L8 (рис. 2.5.8);
- коэффициент сочетания в PCY для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt}$
 $= -1197,09 - 0,9 * -126,67 + 0,59 * 1 * -126,67 = -1157,82$ кН/м²; (Sig_xs: -1157,786 кН/м²);
- поскольку стена толщиной 380 > 300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -1157,786 + 1 * -18,97 * (0,741 - 1) = -1152,873$ кН/м² (Sig_x: -1152,873 кН/м²), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается от перекрытия рассматриваемого этажа только с одной стороны;
- от комбинации 0,481*L34+0,741*L35
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 * 1 * -39,72 + 0,741 * 1 * 1 * -18,97 = -33,16$ кН/м² (Sig_x1: -33,162 кН/м²);
- $\sigma_{x2} = \sigma_x = -1152,873$ (Sig_x2: -1152,873 кН/м²).

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,15 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -1,60671 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0,065 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: -24,20456 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: 0 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,043899 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h - b/3; 0,5h - 0,07) = \max(0,5 * 0,38 - 0,12/3; 0,5 * 0,38 - 0,07) = \max(0,150; 0,120) = 0,15$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,51$ м – толщина стены), (E1: 0,15 м).

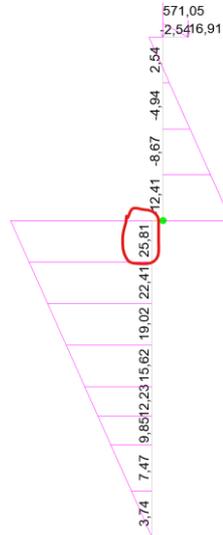
$M1 = \text{Sig}_x1 * 1 * m * h * E1(1 - x/H) = -33,162 * 0,51 * 0,15 * (1 - 1/3) = -1,607$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, но для элементов примыкающих к границе изменения толщины принимается по границе изменения толщины, H – высота этажа), (M1: -1,60671 кН * м).

$$E2=dh*0,5*(h_2-h_1)=1*0,5*(0,38-0,25)=0,065 \text{ м} (E2: 0,065 \text{ м})$$

$$M2=-\text{Sig}_x2*1\text{м}*h*E2*(1-x/H)=-1152,873*0,51*0,065*(1-(0+1,1)/3)=-24,205 (M2: -24,20456 \text{ кН} * \text{ м})$$

Расчетная схема и эпюра моментов, которая используется в плагине BrickWallIs для расчета M2 со значениями параметров для рассматриваемого элемента приведена на рис. 5.6.5.6, для которого:

- нагрузка от перекрытия $N1=\text{Sig}_x1*h=51,398*0,38=19,531 \text{ кН}$;
- нагрузка от стены выше перекрытия $N=(\text{Sig}_x-\text{Sig}_x1)*h=(1621,211-51,398)*0,38=596,529 \text{ кН}$;
- $M=M1+M2=-1,607-24,205=-25,812$ (совпадает с моментом на эпюре по рис. 5.6.5.9)



-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие а5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (а3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$

КИ: 0,256

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -622,016 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2+0,59*L3+L8

-Sig_x: -617,103 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 1,72 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_xl1: -29,009 кН/м² | Комбинация: 0,376*L18+0,741*L19

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -617,103 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 1,72 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,15 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -1,40547 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0,065 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: -12,95609 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,045632 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{xs,pcy}$ соответствующее Sig_xs=-622,016 кН/м² приведено на рис. 2.5.10.

Критерий	σ_x	σ_y	τ_{xy}	M_x	M_y	M_{xy}	Q_x	Q_y	R_x	R_y	Формула
	кН/м ²	кН/м ²	кН/м ²	кН*м/м	кН*м/м	кН*м/м	кН/м	кН/м	кН/м ²	кН/м ²	
0	-547,31	15,53	2,69	-0,268	-0,083	-0,917	-5,378	-2,758	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+L8
75	-661,32	18,86	3,47	-0,479	-0,1	-1,321	-7,285	-3,74	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+L8
2000	-700,17	20,02	3,17	-0,498	-0,102	-1,362	-7,496	-3,843	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L8
6000	-704,16	20,32	-0,4	-0,893	-0,082	-0,662	-5,667	-3,227	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2-L9
11165	-712,23	20,56	-0,45	-0,896	-0,083	-0,665	-5,662	-3,23	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L5-L9
0	-717,87	20,8	-0,74	-0,196	-0,074	-0,792	-5,489	-2,697	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2
11165	-726,84	21,07	-0,8	-0,199	-0,075	-0,795	-5,483	-2,7	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+L5
1075	-730,51	21,18	-0,81	-0,199	-0,076	-0,804	-5,473	-2,698	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+L5
12000	-731,59	21,28	-1,09	0,501	-0,066	-0,922	-5,311	-2,166	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+L9
0	-732,84	20,91	2,52	-0,327	-0,102	-1,14	-6,896	-3,501	0	0	0 L1+L2+L8
8003	-735,26	21,39	-1,11	0,5	-0,067	-0,93	-5,3	-2,164	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+L9
8001	-741,53	21,58	-1,14	0,498	-0,068	-0,932	-5,296	-2,166	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+0.7*L5+L9
12090	-802,77	23,2	0,16	-1,059	-0,097	-0,987	-7,136	-3,991	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.7*L3+0.9*L4+0.7*L5-L9
12165	-823,93	23,97	-0,5	0,336	-0,081	-1,244	-6,784	-2,928	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.7*L3+0.9*L4+L9
11000	-827,29	23,91	0,34	-1,106	-0,101	-1,075	-7,562	-4,21	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L9
12150	-830,2	24,16	-0,53	0,334	-0,081	-1,247	-6,78	-2,93	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+0.7*L3+0.9*L4+0.7*L5+L9
8002	-832,2	24,05	0,44	-1,057	-0,101	-1,123	-7,768	-4,265	0	0	0 0.7826*L1+0.8035*L2+L3-0.9*L9

Рис. 2.5.10 – PCY для элемента № 13722

Напряжения для расчета эксцентриситета:

- комбинация PCY 0,783*L1+0,818*L2+0,9*L3+L8;
- коэффициент сочетания в PCY для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -661,32 - 0,9 * -126,67 + 0,59 * 1 * -126,67 = -622,05$ кН/м² (Sig_x: -622,016 кН/м²);
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -622,016 + 1 * -18,97 * (0,741 - 1) = -617,103$ кН/м² (Sig_x: -617,103 кН/м²), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от

полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается от перекрытия рассматриваемого этажа только с одной стороны;

- от комбинации $0,376 \cdot L_{34} + 0,741 \cdot L_{35}$

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 \cdot 0,7826 \cdot -39,72 + 0,741 \cdot 1 \cdot -18,97 = -29,01 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_{x1} : $-29,009 \text{ кН/м}^2$);

- $\sigma_{x2} = \sigma_x = -622,016$.

$M1 = \text{Sig}_{x1} \cdot 1 \text{ м} \cdot h \cdot E1(1-x/H) = -29,009 \cdot 0,51 \cdot 0,15 \cdot (1-1,1/3) = -1,405 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M1$: $-1,40547 \text{ кН} \cdot \text{м}$)

$$E2 = dh \cdot 0,5 \cdot (h_2 - h_1) = 1 \cdot 0,5 \cdot (0,38 - 0,25) = 0,065 \text{ м}$$

$$M2 = \text{Sig}_{x2} \cdot 1 \text{ м} \cdot h \cdot E2(1-x/H) = -617,103 \cdot 0,51 \cdot 0,065 \cdot (1-1,1/3) = -12,956 \text{ (M2: } -12,95609 \text{ кН} \cdot \text{м)}$$

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig}_x| \cdot h) + e_v = \text{ABS}(-1,405 - 12,95609 + 0) / (617,103 \cdot 0,51) + 0 = 0,045631$$

(E_0 : $0,045632 \text{ м}$);

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1]

$$a_3 = E_0 / (0,7y) = 0,045632 / (0,7 \cdot 0,51/2) = 0,256 \text{ (КИ: } 0,256)$$

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a_3 -----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y-0,02))$ (a_6)-----

Доп информация: п.7.10 ($\max e$)

КИ: $0,638$

Критическое напряжение:

- Sig_{xs} : $-732,838 \text{ кН/м}^2$ | Комбинация: $L1+L2+L8$

- Sig_x : $-732,838 \text{ кН/м}^2$ | Формула: $\text{Sig}_{xs} + \text{Sig}_{qt} \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot (k_t - 1)$

- Sig_{xgs} : 0 кН/м^2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна $0,3 \text{ м}$ или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

- Sig_{xg} : 0 кН/м^2 | Формула: $\text{Sig}_{xgs} + \text{Sig}_{qt} \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot d \cdot (k_t - 1)$

- Sig_{x1} : $-19,107 \text{ кН/м}^2$ | Комбинация: $0,481 \cdot L18 + 0 \cdot L19$

- Sig_{x1g} : 0 кН/м^2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна $0,3 \text{ м}$ или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

- Sig_{x2} : $-732,838 \text{ кН/м}^2$ | Комбинация: Sig_x

- Sig_{x2g} : 0 кН/м^2 | Комбинация: Sig_{xg}

Информация о действующем эксцентриситете:

- $E1$: $0,15 \text{ м}$ – эксцентриситет от перекрытия

- $M1$: $-0,92571 \text{ кН} \cdot \text{м}$ – момент от перекрытия

- $M1g$: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ – момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

- $E2$: $0,065 \text{ м}$ – эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

- $M2$: $-15,38594 \text{ кН} \cdot \text{м}$ – момент от разности толщин стен по высоте

- $M2g$: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ – момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

- $M3$: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ – момент от ветра

- $M3g$: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ – момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

- E_0 : $0,043644 \text{ м}$ – действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0 \text{ м}$ (п. 7.10 СП 15.13330)

- E_{0g} : 0 м – действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0 \text{ м}$ (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- k_y : $0,9y$ (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

- $e_0/(k \cdot y)$: $0,190168$ (п. 7.10)

- $e_1/(y-0,02)$: $0,638298$ (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см , п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max(E_0/(k \cdot y); E_1/(y-0,02)) = \max(0,043644/(0,9 \cdot 0,51/2); 0,15/(0,51/2-0,02)) = \max(0,277; 0,638) = 0,638$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: $0,638$).

2.6 Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 380 мм на среднем (12-м) этаже при опирании плит перекрытия с двух сторон с учетом эксцентриситета от изменения толщины стен в уровне перекрытия

Расчет выполнен для группы элементов № 24 (рис. 2.4.1) с использованием следующих прилагаемых файлов SCAD++:

- Вариация.VPR;
- Модель_1_kred=0.8.SPR;
- Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR;
- Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR.

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.4.2.

Особенностью рассмотренного участка стены в отметках от о +33,000 до +36,000 является то, что на рассмотренном этаже толщина стены 380 мм, а на следующем этаже толщина стены 250 мм и для демонстрации учета эксцентриситета от изменения толщины стены элементы рассмотренного участка включены в группу № 98 в параметрах которой задано $dh=1$, что означает учет эксцентриситета от изменения t и его суммирования с эксцентриситетом от перекрытия (рис. 2.6.1). Если элементы не включены в группу учета эксцентриситета, то принимается $dh=0$, если в группе задано $dh=-1$, то значение эксцентриситета от изменения толщины вычитается из значения эксцентриситета от перекрытия.

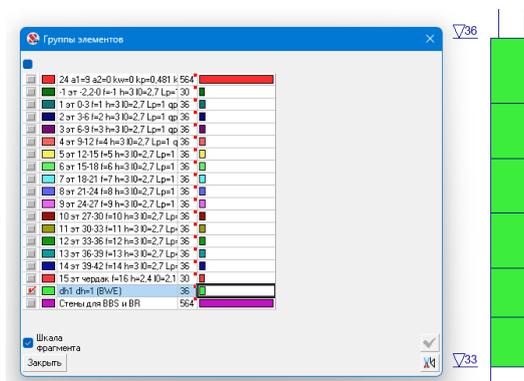


Рис. 2.6.1 – Группа учета эксцентриситетов от изменения толщины

На рис. 2.6.1 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCY в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

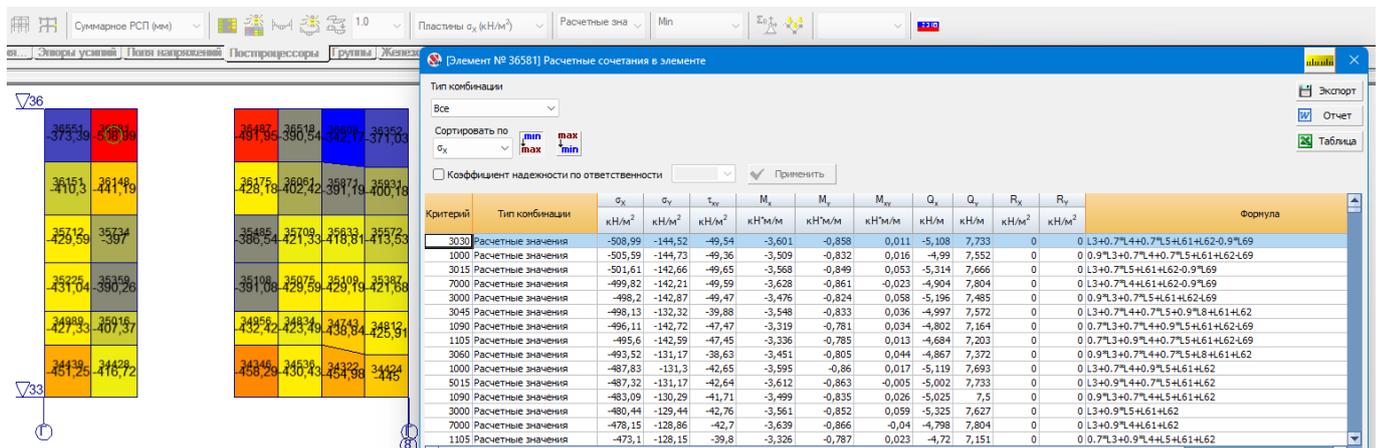


Рис. 2.6.2 Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x).

Из рис. 2.6.2 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения на участке стены получены от вертикальных нагрузок по моделям № 1 и 2, а от ветровой нагрузки по модели № 2. Для рассмотренного элемента ветер по Y в модели № 2 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль X.

На рис. 2.6.3 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_3 по загрузке «L3, задача 1, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 1);
- σ_4 по загрузке «L4, задача 1, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 1);
- σ_5 по загрузке «L5, задача 1, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 1);

- σ_{61} по загрузке «L61, задача 2, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 2);
- σ_{62} по загрузке «L62, задача 2, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 2);
- σ_{69} по загрузке «L69, задача 2, загр. 9 – полная ветровая нагрузка вдоль Y» (Модель № 2);
- σ_{qp} по загрузке «L34, задача 1, загр. 34 – постоянные нагрузки на перекрытие на отм. +36,000» (Модель № 1, вспомогательное нагружение);
- σ_{qt} по загрузке «L35, задача 1, загр. 35 – временные нагрузки на перекрытие на отм. +36,000» (Модель № 1, вспомогательное нагружение);
- σ_{xfw} по загрузке «L56, задача 1, загр. 56 – собственный вес стен в отметках 33-36» (Модель № 1, вспомогательное нагружение).

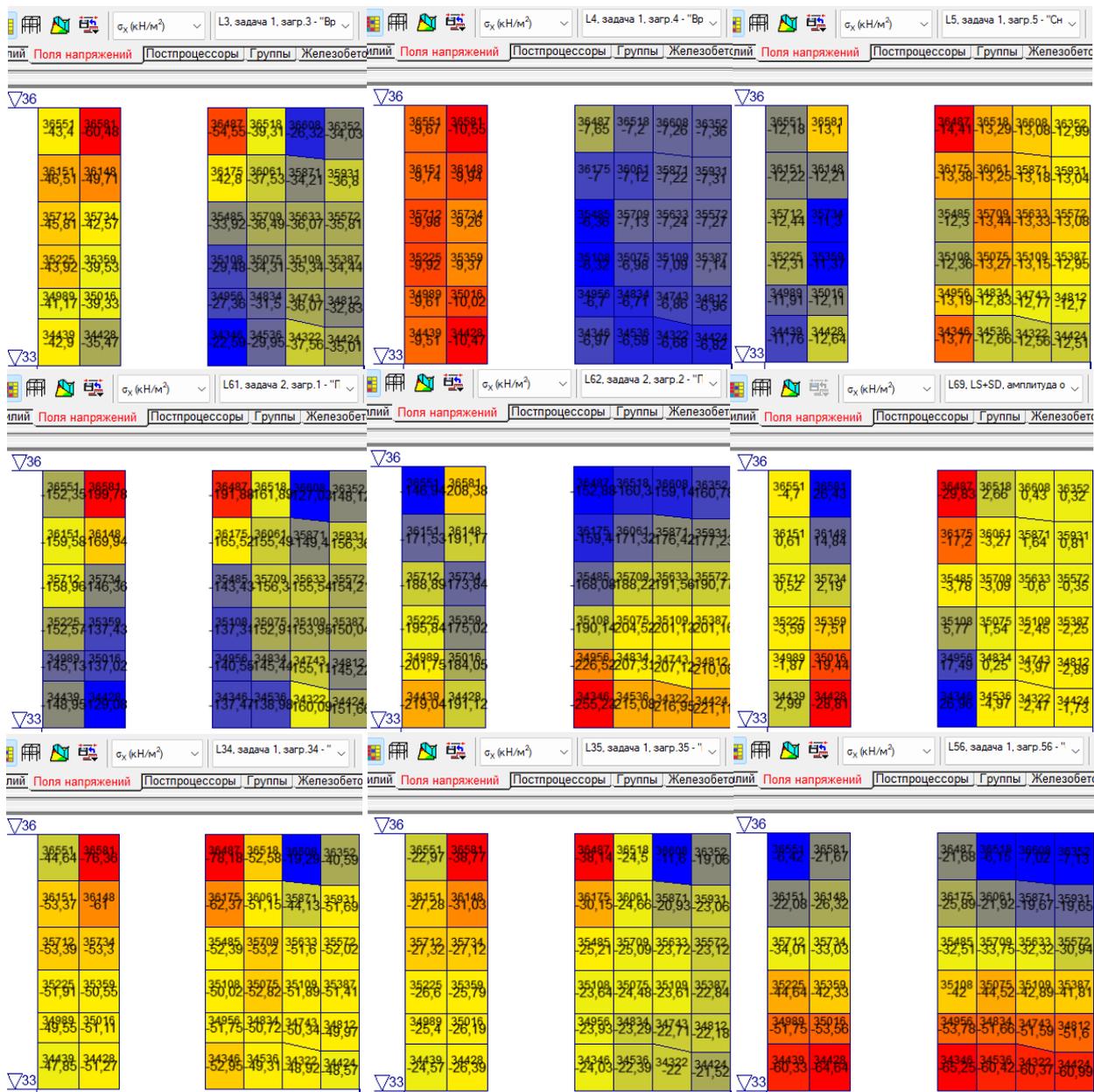


Рис. 2.6.3 – Необходимые для расчета напряжения

Поскольку для рассматриваемого участка стены опирание плит перекрытий с двух сторон, то коэффициенты управления эксцентриситетом (вывод формул см. п. 3.5.9):

- коэффициент $k_p = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} = (6 - 2,1) / (6 + 2,1) = 0,481$;
- коэффициент $k_t = \frac{L_{max}}{L_{max} + L_{min}} = 6 / (6 + 2,1) = 0,741$.

Для данного случая режимами **Наружная стена**, **Армированная наружная стена**, **Стена подвала**, **Армированная стена подвала** программы КАМИН воспользоваться не получится, а при использовании режимов **Внецентренно сжатые столбы** или **Внецентренно сжатые армированные столбы** предварительно необходимо определить расчетное значение эксцентриситета e_0 .

Согласно п. 9.14 [1] при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления, допускается принимать расстояние от точки приложения опорной реакции прогонов, балок или настила до внутренней грани стены или опорной плиты равным одной трети глубины заделки, но не более 7 см.

Соответственно $E_э = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07)$ м, где h – толщина стены, b – ширина опирания плиты.

При $b=0,12$ м и $h=0,38$ м $E_э = \max(0,5*0,38-0,12/3; 0,5*0,38-0,07) = \max(0,150; 0,120) = 0,15$ м.

Для схемы в программе КАМИН (рис. 2.6.5):

- комбинации РСУ L3+0,7*L4+0,7*L5+L61+L162-0,9*L169 (рис. 2.6.1);
- элемент № 36581;
- коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1-0,4)/2^{0,5} = 0,824$;
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = 508,99 - 1*60,48 + 0,824*1*60,48 = 498,35$ кН/м², по РСУ из SCAD (L3) $k_{ts,rsu}=1$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$;
- $N_1 = h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \sigma_{xfw}) = 0,38*(508,99 - 1*76,36 - 0,824*1*38,77 - 21,67) = 144,03$ кН/м;
- поскольку стена толщиной $380 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt} = 0,481*1*76,36 + 0,741*1*38,77 = 65,46$ кН/м²;
- $M_1 = h\sigma_{x1}e_1 = 0,38*65,46*0,15 = 3,73$ кНм/м;
- $e_2 = 0,5(h_2 - h_1) = 0,5*(0,38 - 0,25) = 0,0650$ м;
- $M_2 = Ne_2 = 144,03*0,065 = 9,362$ кНм/м;
- $M = M_1 + M_2 = 3,73 + 9,362 = 13,092$
- $N_3 = h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = 0,38*(1*76,36 + 0,741*1*38,77) = 39,93$ кН/м;
- $N = N_1 + N_3 = 144,03 + 39,93 = 183,96$
- $E = \frac{M}{N} = 13,092/183,96 = 0,0712$ м.

Особенностью учета эксцентриситетов от изменения толщины стены в данном случае является то, что в массив рассчитываемых элементов должны быть включены не только рассматриваемые элементы, но и элементы с измененной толщиной, расположенные над рассматриваемыми (рис. 2.6.4).

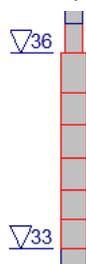


Рис. 2.6.4 – Пример выделения элементов для выполнения расчета выделенных элементов с учетом эксцентриситета от изменения толщины

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам участка стены между отметкам +33,000 и +36,000 (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Наружная стена», «Армированная наружная стена», «Стена подвала», «Армированная стена подвала» программы КАМИН

-----Группа элементов № 24, имя группы «24», этаж «12 эт 33-36»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 36581
 Коэф. использования $a_1 = 0,942$
 Высота этажа: 3 м
 Расчетная высота: 2,7 м
 Коэффициент расчетной высоты: 0,9
 Толщина стены $B=0,38$ м
 Нагрузка от ветра $q=0$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_{Σ} (N_{Σ})=39,93152 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену E_{Σ} (E_{Σ})=0,093431 м

Коэффициент длительной части для N_{Σ} (N_{Σ}): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_{\Sigma}=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=148,01$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_{\Sigma}=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-503,63$ кН/м² от РСУ $0,824 \cdot L_3 + 0,7 \cdot L_4 + 0,9 \cdot L_5 + L_6 + L_6 - L_6$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=0,824$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 34) $\text{sqp}=-76,35772$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu}=1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 35) $\text{sqf}=-38,76548$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t=3$) $f_i \cdot k_{t_rsu}=0,824$ (если $k_{t_rsu} \leq -1$, то $k_{t_rsu}=k_{t_rsu}$, если $-1 < k_{t_rsu} < 0$, то $k_{t_rsu}=-1$, если $0 < k_{t_rsu} < 1$, то $k_{t_rsu}=1$, если $k_{t_rsu} \geq 1$, то $k_{t_rsu}=k_{t_rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=0,481$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=0,741$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_{\Sigma} \text{ sx1} = k_p \cdot k_{p_rsu} \cdot \text{sqp} + k_t \cdot f_i \cdot k_{t_rsu} \cdot \text{sqf} / f_i = 65,45328$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=21,2$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,275$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,38$ м

Нагрузка от ветра $k_w \cdot w=0$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,15$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_{\Sigma} = 1 \cdot B \cdot \text{sx1} \cdot E_1 = -3,73084$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_{Σ} (N_{Σ})=
 $1 \cdot (k_{p_rsu} \cdot \text{sqp} + k_t \cdot f_i \cdot k_{t_rsu} \cdot \text{sqf} / f_i) \cdot B = 39,93152$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_{\Sigma} = M_{\Sigma} / N_{\Sigma} = -0,093431$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{g\Sigma}$ ($N_{g\Sigma}$)=
 $1 \cdot (d_p \cdot k_{p_rsu} \cdot \text{sqp} + d_t \cdot k_t \cdot f_i \cdot k_{t_rsu} \cdot \text{sqf} / f_i) \cdot B = 32,84$ кН/м (d_p и d_t - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для N_{Σ} (N_{Σ})= $N_{g\Sigma} / N_{\Sigma}$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_{\Sigma}=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N = -1 \cdot (\text{Sig}_{xs} - k_{p_rsu} \cdot \text{sqp} - f_i \cdot k_{t_rsu} \cdot \text{sqf} + x \cdot g) \cdot B = 148,01$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g = -1 \cdot (\text{Sig}_{xgs} - d_p \cdot k_{p_rsu} \cdot \text{sqp} - d_t \cdot k_t \cdot f_i \cdot k_{t_rsu} \cdot \text{sqf} + x \cdot g) \cdot B = -35,48$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : N_g / N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_{\Sigma}=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

По максимальному коэффициенту a_3 (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 36487

Кэф. использования $a_3 = 0,723$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,38$ м

Нагрузка от ветра $q=0$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_{Σ} (N_{Σ})=34,00093 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену E_{Σ} (E_{Σ})=0,096741 м

Коэффициент длительной части для N_{Σ} (N_{Σ}): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_{\Sigma}=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=72,07$ кН/м

Коэффициент длительной части для N: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-288,14$ кН/м² от РСУ $0,824*L3+0,783*L61+0,804*L62-L69$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=0,824$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 34) $\text{sqp}=-78,17752$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu}=0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 35) $\text{sq}=-38,14188$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № Lt=3) $f_i*kt_rsu=0,824$ (если $kt_rsu \leq -1$, то $kt_rsu=kt_rsu$, если $-1 < kt_rsu < 0$, то $kt_rsu=-1$, если $0 < kt_rsu < 1$, то $kt_rsu=1$, если $kt_rsu \geq 1$, то $kt_rsu=kt_rsu$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_{p}=0,481$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $kt=0,741$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета Мэ $sx1=k_p*k_{p_rsu}*sqp+kt*f_i*kt_rsu*sq/ft=-57,70659$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=21,2$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,275$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,38$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=0$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E1=0,15$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $Mэ=1*B*sx1*E1=-3,28928$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $Nэ$ ($Nп$)=
 $1*(k_{p_rsu}*sqp+kt*f_i*kt_rsu*sq/ft)*B=34,00093$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $Eэ=Mэ/Nэ=-0,096741$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $Ngэ$ ($Ngп$)=
 $1*(dp*k_{p_rsu}*sqp+dt*kt*f_i*kt_rsu*sq/ft)*B=27,02$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $Nэ$ ($Nп$)= $Ngэ/Nэ$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N=-1*(\text{Sig}_{xs}-k_{p_rsu}*sqp-f_i*kt_rsu*sq+x*g)*B=72,07$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $Ng=-1*(\text{Sig}_{xgs}-dp*k_{p_rsu}*sqp-dt*f_i*kt_rsu*sq+x*g)*B=-29,66$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : Ng/N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a=0$ по табл. 7.3)

При необходимости выполнения расчета в программе **КАМИН** с учетом эксцентриситета от изменения толщины, необходимо использовать режим **Внецентренно сжатые столбы**. Исходные данные и результаты расчета в программе **КАМИН** приведены на рис. 2.6.5 – 2.6.6.

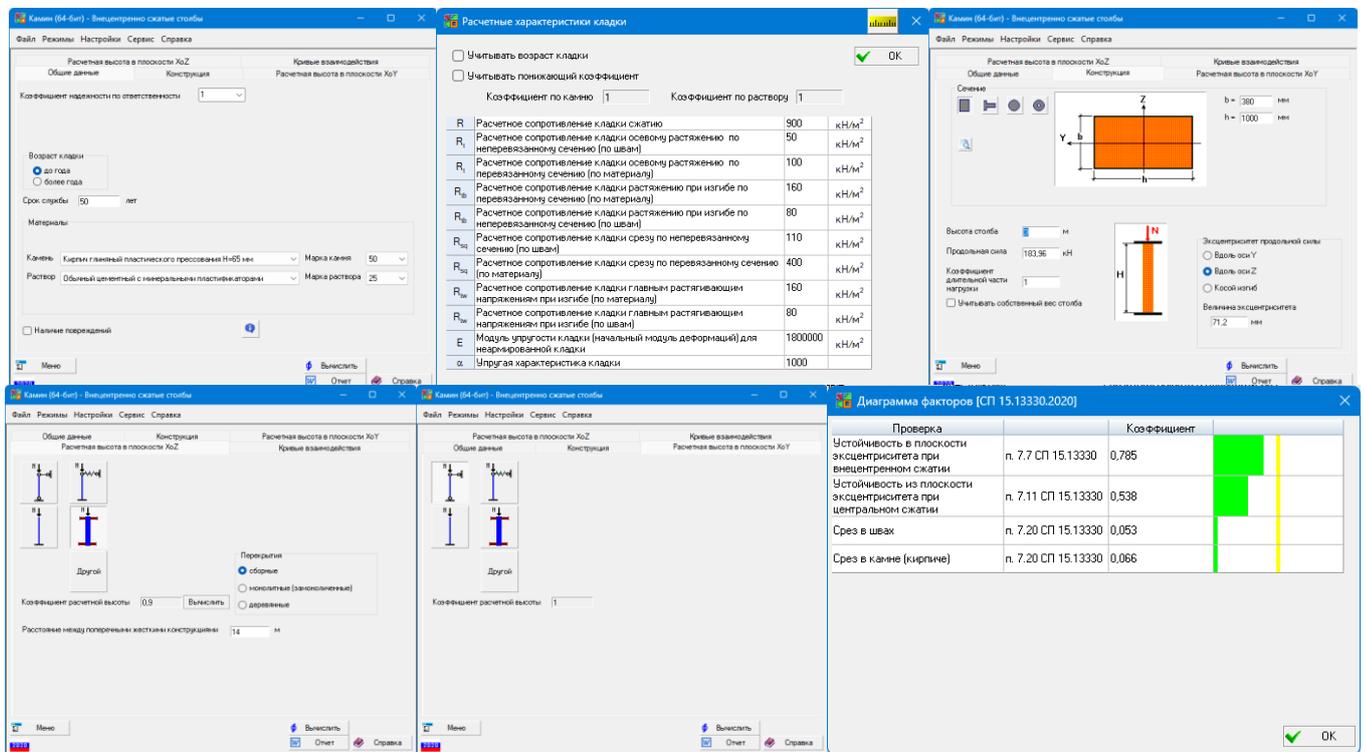


Рис. 2.6.5 – Исходные данные и результаты расчета участка стены в программе **КАМИН** при ручном определении исходных данных по результатам расчета в **SCAD++**

Исходные данные для рис. 2.6.6 на основе исходных данных, выданных плагином BrickWalls для элемента № 36851 по КИ а1:

- $M_1 = M_3 = 3,73$ кНм/м;
- $e_2 = 0,5(h_2 - h_1) = 0,5 \cdot (0,38 - 0,25) = 0,065$ м;
- $M_2 = Ne_2 = 148,01 \cdot 0,065 = 9,62$ кНм/м;
- $M = M_1 + M_2 = 3,73 + 9,62 = 13,35$;
- $N = N + N_3 = 148,01 + 39,93 = 187,94$;
- $E = \frac{M}{N} = 13,35 / 187,96 = 0,0710$ м.

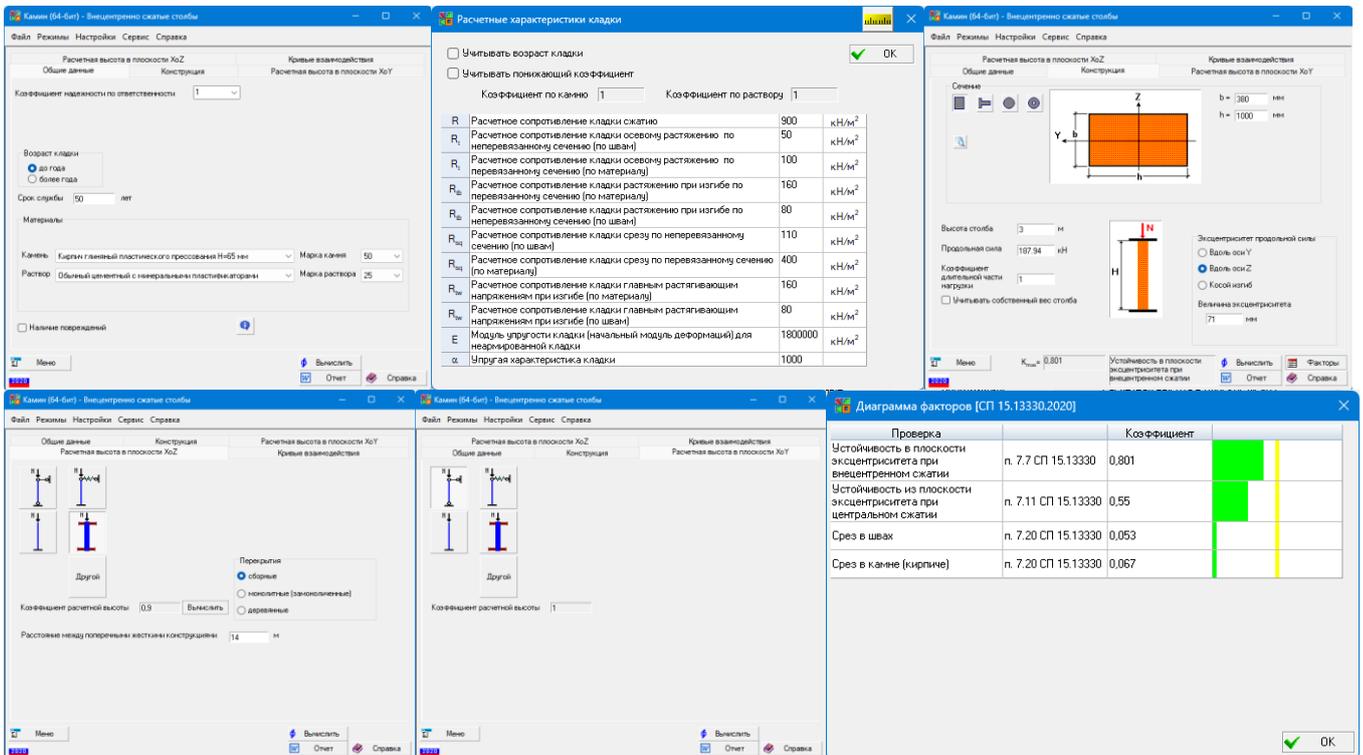


Рис. 2.6.6 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе **КАМИН** при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а1

Результаты расчета через плагин BrickWalls для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 11, отметки от 0 до +3.000) приведены в таблице 2.6.1, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элемента № 2985, а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин BrickWalls.

В таблице 2.6.1 использованы следующие обозначения:

- a1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- a2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- a3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- a4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$);
- a5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- a6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y - 0.02))$.

Таблица 2.6.1 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls через режим **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**)

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	№ эл.	a1	№ эл.	a2	№ эл.	a3	№ эл.	a4	№ эл.	a5	№ эл.	a6
12 эт 33-36												
24	34322	0,55	34322	-	34322	0,06	34322	-	34322	-	34322	0,88
24	34346	0,55	34346	-	34346	0,06	34346	-	34346	-	34346	0,88
24	34424	0,53	34424	-	34424	0,05	34424	-	34424	-	34424	0,88
24	34428	0,5	34428	-	34428	0,06	34428	-	34428	-	34428	0,88
24	34439	0,53	34439	-	34439	0,06	34439	-	34439	-	34439	0,88
24	34536	0,51	34536	-	34536	0,06	34536	-	34536	-	34536	0,88
24	34743	0,55	34743	-	34743	0,14	34743	-	34743	-	34743	0,88
24	34812	0,53	34812	-	34812	0,14	34812	-	34812	-	34812	0,88
24	34834	0,53	34834	-	34834	0,15	34834	-	34834	-	34834	0,88
24	34956	0,54	34956	-	34956	0,16	34956	-	34956	-	34956	0,88
24	34989	0,53	34989	-	34989	0,16	34989	-	34989	-	34989	0,88
24	35016	0,5	35016	-	35016	0,16	35016	-	35016	-	35016	0,88
24	35075	0,57	35075	-	35075	0,25	35075	-	35075	-	35075	0,88
24	35108	0,52	35108	-	35108	0,25	35108	-	35108	-	35108	0,88
24	35109	0,56	35109	-	35109	0,24	35109	-	35109	-	35109	0,88
24	35225	0,56	35225	-	35225	0,25	35225	-	35225	-	35225	0,88
24	35359	0,51	35359	-	35359	0,26	35359	-	35359	-	35359	0,88
24	35387	0,55	35387	-	35387	0,24	35387	-	35387	-	35387	0,88
24	35485	0,54	35485	-	35485	0,36	35485	-	35485	-	35485	0,88
24	35572	0,58	35572	-	35572	0,35	35572	-	35572	-	35572	0,88
24	35633	0,59	35633	-	35633	0,35	35633	-	35633	-	35633	0,88
24	35709	0,59	35709	-	35709	0,35	35709	-	35709	-	35709	0,88
24	35712	0,6	35712	-	35712	0,36	35712	-	35712	-	35712	0,88
24	35734	0,56	35734	-	35734	0,37	35734	-	35734	-	35734	0,88
24	35871	0,59	35871	-	35871	0,46	35871	-	35871	-	35871	0,88
24	35931	0,61	35931	-	35931	0,46	35931	-	35931	-	35931	0,88
24	36061	0,61	36061	-	36061	0,47	36061	-	36061	-	36061	0,88
24	36148	0,67	36148	-	36148	0,5	36148	-	36148	-	36148	0,88
24	36151	0,62	36151	-	36151	0,49	36151	-	36151	-	36151	0,88
24	36175	0,65	36175	-	36175	0,49	36175	-	36175	-	36175	0,88
24	36352	0,66	36352	-	36352	0,62	36352	-	36352	-	36352	0,88

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	№ эл.	a1	№ эл.	a2	№ эл.	a3	№ эл.	a4	№ эл.	a5	№ эл.	a6
24	36487	0,91	36487	-	36487	0,72	36487	-	36487	-	36487	0,88
24	36518	0,7	36518	-	36518	0,65	36518	-	36518	-	36518	0,88
24	36551	0,66	36551	-	36551	0,65	36551	-	36551	-	36551	0,88
24	36581	0,94	36581	-	36581	0,72	36581	-	36581	-	36581	0,88
24	36608	0,58	36608	-	36608	0,57	36608	-	36608	-	36608	0,88

Вывод – Результаты расчета в плагине BrickWalls отличаются от результатов расчета в программе КАМИН (рис. 2.6.6) в $0,942/0,801=1,18$ раза. В плагине BrickWalls в запас принято, что эксцентриситет от изменения толщины стены рассчитывается по напряжению, действующему в рассматриваемом элементе № 36581, а не в элементе вызывающем эксцентриситет, что в данном случае приводит к увеличению напряжения в рассматриваемом элементе за счет дополнительной нагрузки на перекрытие, которое опирается на стену.

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 36581 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

При выводе результатов был выделен не только элемент № 36851, но и элемент с меньшей толщиной № 37171 (рис. 2.6.7).

37531	37171	37201	37245	37308	37349
36551	36581	36487	36518	36608	36352
36151	36148	36175	36061	35871	35931
35712	35734	35485	35709	35633	35572
35225	35359	35108	35075	35109	35387
34989	35016	34956	34834	34743	34812
34439	34428	34346	34536	34322	34424

Рис. 2.6.7 – Пример выделения элементов для выполнения расчета выделенных элементов с учетом эксцентриситета от изменения толщины

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 12 эт 33-36

Имя группы: 12 эт 33-36 f=12 h=3 l0=2,7 Lp=1 qp=34 Lt=3 qt=35 b=0,12 w=0,54 L=3 n=2 u=0 (BWL)

Нижний уровень: 33 м; Верхний уровень: 36 м;

Параметры группы этажа:

- Номер этажа (f)=12;
- Высота этажа (h)=3 м | Расчетная высота (l0)=2,7 м;
- qp=34 (Пост. пп +36 qp=12 эт 33-36);
- qt=35 (кр. пп +36 qt=12 эт 33-36);
- b=0,12 м;
- w=0,54 кН/м2;
- L=3 (Врем- типовые (L));
- n=2;
- u=0 (не является последним этажом);

****Номер элемента 36581****

Номер группы: 24

Имя группы: 24 a1=9 a2=0 kw=0 kp=0,481 kt=0,741 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

- Низ: 35,45 м
- Середина: 35,725 м
- Верх: 36 м

Параметры стены:

- Толщина: 0,38 м
- a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
- a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
- kw=0 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: ВС 11-12 эт

-Прочностные характеристики: $R_x=0,9$ МПа | $R_y=0,72$ МПа | $R_{tx}=0,05$ МПа | $R_{ty}=0,11$ МПа | $R_{sqx}=0,4$ МПа | $R_{sqy}=0,11$ МПа | $R_{tw}=0,08$ МПа | $k=2$ | $a=1000$ | $n=1$ | $p=2$ | $ev=0$ | $yr=1,5$ | $eta=1$ | $gn=1$

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

- Имя: dh1
- Параметры: dh=1

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,942

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -503,627 кН/м² | Комбинация: 0,824*L3+0,7*L4+0,9*L5+L61+L62-L69

0,824264*-60,4825+0,7*-10,5531+0,9*-13,1007-199,7843-208,3814-26,4297=-503,627

-Sig_x: -493,586 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 3,514 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -65,453 кН/м² | Комбинация: 0,481*L34+0,741*L35

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -493,586 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 3,514 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

PCУ для элемента № 36581, соответствующие Sig_xs=-503,627 приведены на рис. 2.6.8.

Критерий	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
3030	-508,99	-144,52	-49,54	-3,601	-0,858	0,011	-5,108	7,733	0	0	0.13+0.7*1.4+0.7*1.5+1.61+1.62-0.9*1.69
1000	-505,59	-144,73	-49,36	-3,509	-0,832	0,016	-4,999	7,552	0	0	0.9*1.3+0.7*1.4+0.7*1.5+1.61+1.62+1.69
3015	-501,61	-142,66	-49,65	-3,568	-0,849	0,053	-5,314	7,666	0	0	0.13+0.7*1.5+1.61+1.62-0.9*1.69
7000	-499,82	-142,21	-49,59	-3,628	-0,861	-0,023	-4,904	7,804	0	0	0.13+0.7*1.4+1.61+1.62-0.9*1.69
3000	-498,2	-142,87	-49,47	-3,476	-0,824	0,058	-5,196	7,485	0	0	0.9*1.3+0.7*1.5+1.61+1.62+1.69
3045	-498,13	-132,32	-39,88	-3,548	-0,833	0,036	-4,997	7,572	0	0	0.13+0.7*1.4+0.7*1.5+0.9*1.8+1.61+1.62
1090	-496,11	-142,72	-47,47	-3,319	-0,781	0,034	-4,802	7,164	0	0	0.7*1.3+0.7*1.4+0.9*1.5+1.61+1.62+1.69
1105	-495,6	-142,59	-47,45	-3,336	-0,785	0,013	-4,684	7,203	0	0	0.7*1.3+0.9*1.4+0.7*1.5+1.61+1.62+1.69
3060	-493,52	-131,17	-38,63	-3,451	-0,805	0,044	-4,867	7,372	0	0	0.9*1.3+0.7*1.4+0.7*1.5+1.8+1.61+1.62
1000	-487,83	-131,3	-42,65	-3,595	-0,86	0,017	-5,119	7,693	0	0	0.13+0.7*1.4+0.9*1.5+1.61+1.62
5015	-487,32	-131,17	-42,64	-3,612	-0,863	-0,005	-5,002	7,733	0	0	0.13+0.9*1.4+0.7*1.5+1.61+1.62
1090	-483,09	-130,29	-41,71	-3,499	-0,835	0,026	-5,025	7,5	0	0	0.9*1.3+0.7*1.4+1.5+1.61+1.62
3000	-480,44	-129,44	-42,76	-3,561	-0,852	0,059	-5,325	7,627	0	0	0.13+0.9*1.5+1.61+1.62
7000	-478,15	-128,86	-42,7	-3,639	-0,866	-0,04	-4,798	7,804	0	0	0.13+0.9*1.4+1.61+1.62
1105	-473,1	-128,15	-39,8	-3,326	-0,787	0,023	-4,72	7,151	0	0	0.7*1.3+0.9*1.4+1.5+1.61+1.62
1120	-472,85	-128,09	-39,79	-3,334	-0,789	0,012	-4,661	7,171	0	0	0.7*1.3+1.4+0.9*1.5+1.61+1.62

Рис. 2.6.8 – PCУ для элемента № 36581

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.6.9) для группы № 92 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина BrickWalls:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p=1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_p=34$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t=3$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_t=35$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по загрузению 35 ($q_p=12$), а коэффициент сочетания из РСУ по загрузению 1 ($L_p=1$), напряжение от временных нагрузок принято по загрузению 36 ($q_t=13$), а коэффициент сочетания из РСУ по загрузению 3 ($L_t=3$).

Параметры этажей													
№ группы	Имя этажа	Номер этажа	h	l ₀	l _p	l _t	q _p	q _t	b	w	L	n	
80	-1 эт -2,2-0	-1	2,2	1,98	1	10	3	11	0,12	0	3	14	
81	1 эт 0-3	1	3	2,7	1	12	3	13	0,12	0,46	3	13	
82	2 эт 3-6	2	3	2,7	1	14	3	15	0,12	0,46	3	12	
83	3 эт 6-9	3	3	2,7	1	16	3	17	0,12	0,46	3	11	
84	4 эт 9-12	4	3	2,7	1	18	3	19	0,12	0,46	3	10	
85	5 эт 12-15	5	3	2,7	1	20	3	21	0,12	0,46	3	9	
86	6 эт 15-18	6	3	2,7	1	22	3	23	0,12	0,54	3	8	
87	7 эт 18-21	7	3	2,7	1	24	3	25	0,12	0,54	3	7	
88	8 эт 21-24	8	3	2,7	1	26	3	27	0,12	0,54	3	6	
89	9 эт 24-27	9	3	2,7	1	28	3	29	0,12	0,54	3	5	
90	10 эт 27-30	10	3	2,7	1	30	3	31	0,12	0,54	3	4	
91	11 эт 30-33	11	3	2,7	1	32	3	33	0,12	0,54	3	3	
92	12 эт 33-36	12	3	2,7	1	34	3	35	0,12	0,54	3	2	
93	13 эт 36-39	13	3	2,7	1	36	3	37	0,12	0,54	3	1	
94	14 эт 39-42	14	3	2,7	1	38	4	39	0,12	0,54	3	1	
95	15 эт чердак под надстройкой	15	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1	
96	15 эт чердак	16	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1	
97	Надстройка над кровлей	17	1,6	1,44	1	42	5	43	0,12	0,54	3	1	

Рис. 2.6.9 – Исходные данные по этажам для плагина BrickWalls

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета:

- комбинация РСУ $0,9 \cdot L_3 + 0,7 \cdot L_4 + 0,7 \cdot L_5 + L_{61} + L_{62} - L_{69}$ (рис. 2.6.8);
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu} = 0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- в исходных данных для группы элементов № 24 параметры $k_p = 0,481$, $k_t = 0,741$;
- в исходных данных для группы этажа № 92 параметры $n = 2$, $L = 3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L = 3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1 - 0,4) / 2^{n-1} = 0,824264$ ($n = 2$);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = -505,5873 - 0,9 \cdot -60,4825 + 0,824264 \cdot 1 \cdot -60,4825 = -501,01$ кН/м²; (Sig_xs: -503,627 кН/м²);
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu} \sigma_{qt} (k_t - 1) = -503,627 + 1 \cdot -38,77 \cdot (0,741 - 1) = -493,586$ кН/м² (Sig_x: -493,586 кН/м²), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается от перекрытия рассматриваемого этажа только с одной стороны;
- от комбинации $0,481 \cdot L_{34} + 0,741 \cdot L_{35}$
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 \cdot 1 \cdot -76,36 + 0,741 \cdot 1 \cdot 1 \cdot -38,77 = -65,46$ кН/м² (Sig_x1: -65,453 кН/м²);
- $\sigma_{x2} = \sigma_{x1} = -493,586$.

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,15 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -3,73084 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0,065 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: -12,19159 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: 0 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,084891 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h - b/3; 0,5h - 0,07) = \max(0,5 \cdot 0,38 - 0,12/3; 0,5 \cdot 0,38 - 0,07) = \max(0,15; 0,12) = 0,15$ м ($b = 0,12$ м – ширина опирания плиты, $h = 0,51$ м – толщина стены), ($E1: 0,15$ м).

$M1 = \text{Sig}_x \cdot 1 \cdot m \cdot h \cdot E1 \cdot (1 - x/H) = -65,453 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,15 \cdot (1 - 0/3) = -3,731$ кН * м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M1: -3,73084$ кН * м), для верхнего элемента этажа $x = 0$.

$E2 = dh \cdot 0,5 \cdot (h_2 - h_1) = 1 \cdot 0,5 \cdot (0,38 - 0,25) = 0,065$ м

$$M2 = \text{Sig_x2} * 1 \text{ м} * h * E2(1 - x1/H1) = -493,586 * 0,38 * 0,065 * (1 - 0/3) = -12,192 \text{ (M2: } -12,19159 \text{ кН} * \text{ м)}$$

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig_x}| * h) + e_v = \text{ABS}(-3,73084 + 0 - 12,19159) / (493,586 * 0,38) + 0 = 0,084891 \text{ м}$$

(E_0: 0,084891 м);

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,084891 / (0,7 * 0,51/2) = 0,048$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0)/(k*\gamma); E_1/(\gamma - 0,02)) = \max(0,084891 / (0,9 * 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,370; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)
 -Fi_1: 0,861 (ф. 7.6)
 -Omega: 1,223398 (таб. 7.2)
 -A_c: 0,21 м² (ф. 7.5)
 -Mu: 0 % (п. 7.31)
 -Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)
 -R: 0,9 МПа

M_G=1 поскольку толщина стены $h=38 \text{ см} > 30 \text{ см}$ (последний абзац п. 7.7 [1]), (M_G: 1).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,7/0,38 = 7,105$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1000$ коэффициент продольного изгиба $\varphi = 0,938$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,38 - 2 * 0,084891 = 0,210 \text{ м}$.

$\lambda_{hc} = H/h_c = 3/0,21 = 14,29$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1000$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c = 0,783$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,938 + 0,783)/2 = 0,861$ (Fi_1: 0,861).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,38 * 1 * (1 - 2 * 0,084891/0,38) = 0,210 \text{ м}^2$ (A_c: 0,21 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,084891/0,38 = 1,223397 < 1,45$ (Omega: 1,010864).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 493,586 * 0,38 / (1 * 0,861 * 900 * 0,21 * 1,223397) = 0,942$

(КИ: 0,942).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие а5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (а3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7(h/2)$

КИ: 0,721

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -289,275 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2+0,824*L63+L69
 -Sig_x: -279,235 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)
 -Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_xg: 3,514 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
 -Sig_x1: -57,469 кН/м² | Комбинация: 0,376*L34+0,741*L35
 -Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_x2: -279,235 кН/м² | Комбинация: Sig_x
 -Sig_x2g: 3,514 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,15 м - эксцентриситет от перекрытия
 -M1: -3,27573 кН * м - момент от перекрытия
 -M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
 -E2: 0,065 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
 -M2: -6,89711 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
 -M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
 -M3: 0 кН * м - момент от ветра
 -M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
 -E_0: 0,095871 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0 \text{ м}$ (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_{0g}: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный e_v=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{xs,rsu}$ соответствующее Sig_{xs}=-289,275 кН/м² приведено на рис. 2.6.0.

Критерий	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
6000	-266,8481	-53,8329	-12,7737	-2,176	-0,549	0,014	-3,607	4,73	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L69+0.9*L125
2045	-267,5038	-64,625	-23,6008	-2,274	-0,585	-0,063	-3,467	5,002	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L8
0	-281,8639	-66,4938	-20,5031	-2,214	-0,553	-0,031	-3,396	4,844	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2
2015	-290,1501	-68,39	-20,3139	-2,258	-0,56	-0,084	-3,111	4,949	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L124
90	-292,3849	-56,6056	-18,8663	-3,003	-0,743	-0,02	-4,457	6,501	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L63+L69
2000	-292,4171	-69,1461	-20,3458	-2,262	-0,565	-0,091	-3,102	4,94	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L4
6000	-294,546	-69,5619	-20,3903	-2,17	-0,545	0,025	-3,689	4,741	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L125
3075	-304,2077	-72,1155	-20,2722	-2,227	-0,561	-0,046	-3,364	4,849	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L4+0.9*L5
2060	-304,4545	-70,159	-29,5919	-3,061	-0,771	-0,048	-4,579	6,68	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L8+0.9*L63
3075	-314,8922	-73,0592	-17,2066	-2,169	-0,53	-0,017	-3,265	4,702	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+0.7*L5+L8
11165	-315,8088	-72,3112	-29,8271	-3,174	-0,793	-0,08	-4,496	6,924	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L8+L63+0.7*L64
8003	-316,8681	-72,5792	-29,8284	-3,174	-0,793	-0,08	-4,497	6,925	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L8+L123+0.7*L64
11060	-320,5282	-72,7809	-24,8709	-2,888	-0,739	-0,119	-3,884	6,156	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L9+0.7*L63+0.9*L64
90	-322,9202	-72,6427	-27,1599	-3,089	-0,76	-0,014	-4,632	6,709	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L63
12135	-323,4817	-87,5053	-24,8358	-2,142	-0,483	-0,011	-2,702	4,694	0	0	0.7826*L121+0.8035*L122+L124
12135	-325,1046	-87,5623	-24,718	-2,16	-0,516	-0,058	-2,61	4,596	0	0	0.9+0.7826*L121+0.8035*L122+0.9*L124

Рис. 2.6.9 – РСУ для элемента № 36581

Напряжения для расчета эксцентриситета:

- комбинация РСУ 0,7826*L1+0,8035*L2+0,9*L63+L69;
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,rsu} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -292,3849 - 0,9 * -60,48 + 0,824 * 1 * -60,48 = -287,7884$ кН/м² (Sig_x: -289,275 кН/м²), так как коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 63 $k_{ts,rsu}=0,9$, то $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1) по параметру L=3 в группе этажа № 92 плагин BrickWalls идентифицирует, что в режиме **Вариация моделей** коэффициент φ необходимо применить к загрузке № 63 (№ 3 в Модели № 3);
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -289,275 + 1 * -38,77 * (0,741 - 1) = -279,234$ кН/м² (Sig_x: -279,235 кН/м²), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается от перекрытия рассматриваемого этажа только с одной стороны;
- от комбинации 0,376*L34+0,741*L35
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 * 0,7826 * -76,36 + 0,741 * 1 * -38,77 = -57,47$ кН/м² (Sig_{x1}: -57,469 кН/м²);
- $\sigma_{x2} = \sigma_{x1} = -279,235$.

$M1 = \text{Sig}_{x1} * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -57,469 * 0,38 * 0,15 * (1-0/3) = -3,276$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), (M1: -3,27573 кН * м)

$E2 = dh * 0,5 * (h_2 - h_1) = 1 * 0,5 * (0,38 - 0,25) = 0,065$ м

$M2 = \text{Sig}_{x2} * 1 \text{ м} * h * E2(1-x1/H1) = -279,235 * 0,38 * 0,065 * (1-0/3) = -6,897$ (M2: -6,89711 кН * м)

Расчетный эксцентриситет

$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + e_v = \text{ABS}(-3,276 + 0 - 6,897) / (279,235 * 0,38) + 0 = 0,095873$

(E₀: 0,095871 м);

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1]

$a3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,095871 / (0,7 * 0,38/2) = 0,721$ (КИ: 0,721)

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a3-----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k * \gamma); e_1 / (\gamma - 0,02))$ (a6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,882

Критическое напряжение:

-Sig_{xs}: -329,552 кН/м² | Комбинация: L1+L2+L69

-Sig_x: -329,552 кН/м² | Формула: Sig_{xs}+Sig_{qt}*k_{t,rsu}*(k_t-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -36,728 кН/м² | Комбинация: 0,481*L34+0*L35

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -329,552 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,15 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -2,0935 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0,065 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: -8,13994 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,081717 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-ky: 0,9y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

-e0/(k*y): 0,477879 (п. 7.10)

-e1/(y-0.02): 0,882353 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_b = \max(E_0/(k*y); E_1/(y-0,02)) = \max(0,081717/(0,9*0,38/2); 0,15/(0,38/2-0,02)) = \max(0,478; 0,882) = 0,882$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,882).

2.7 Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 250 мм на среднем (13-м) этаже при опирании плит перекрытия с двух сторон

Расчет выполнен для группы элементов № 24 (рис. 2.6.1 с использованием следующих прилагаемых файлов **SCAD++**:

- **Вариация.VPR**;
- **Модель_1_kred=0.8.SPR**;
- **Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR**;
- **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR**.

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.6.2.

На рис. 2.7.1 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCU в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

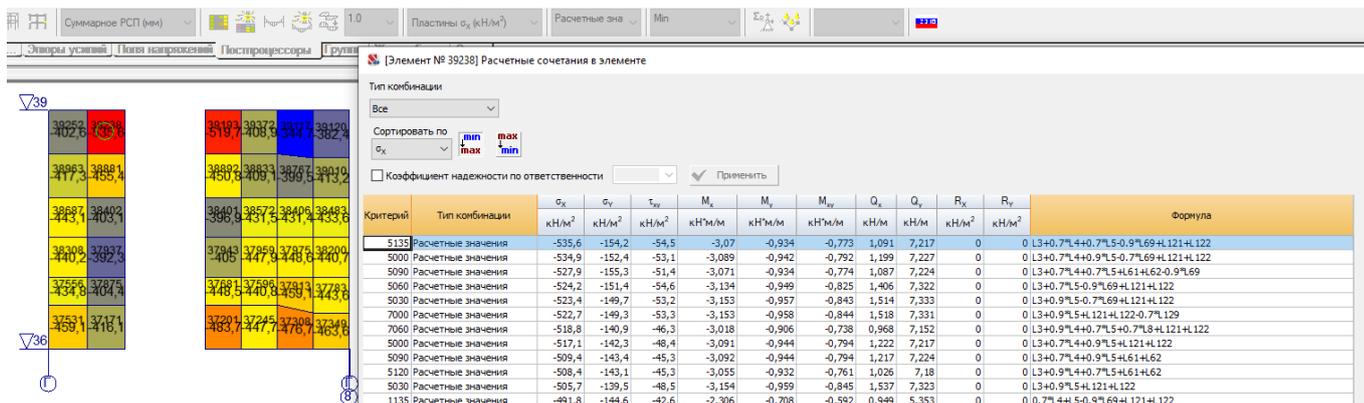


Рис. 2.7.1 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCU (σ_x)

Из рис. 2.7.1 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения во внутренней несущей стене от постоянных нагрузок по модели 3, от временных нагрузок на перекрытия по модели 1, а от ветровой нагрузки по модели 3 (для рассмотренного элемента ветер по Y в модели 3 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль X).

На рис. 2.7.2 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_1 по загрузению «L1, задача 1, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 1);
- σ_2 по загрузению «L2, задача 1, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 1);
- σ_3 по загрузению «L3, задача 1, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 1);
- σ_4 по загрузению «L4, задача 1, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 2);
- σ_5 по загрузению «L5, задача 1, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 2);
- σ_{61} по загрузению «L61, задача 2, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 3);
- σ_{62} по загрузению «L62, задача 2, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 3);
- σ_{69} по загрузению «L69, задача 2, загр. 9 – полная ветровая нагрузка вдоль Y» (Модель № 2);
- σ_{121} по загрузению «L121, задача 3, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 3);
- σ_{122} по загрузению «L122, задача 3, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 3);
- σ_{qp} по загрузению «L36, задача 1, загр. 36 – постоянные нагрузки на покрытие на отм. +39» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{qt} по загрузению «L37, задача 1, загр. 37 – временные нагрузки на перекрытие на отм. +39» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{xfw} по загрузению «L57, задача 1, загр. 57 – собственный вес стен между отметкам +36 и +39» (Модель № 1, вспомогательное загрузение).

Поскольку для рассматриваемого участка стены опирание плит перекрытий с двух сторон, то коэффициенты управления эксцентриситетом (вывод формул см. п. 3.5.9):

- коэффициент $k_p = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} = (6 - 2,1) / (6 + 2,1) = 0,481$;
- коэффициент $k_t = \frac{L_{max}}{L_{max} + L_{min}} = 6 / (6 + 2,1) = 0,741$.

Коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3])

$$\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1 - 0,4) / 1^{0,5} = 1,000.$$

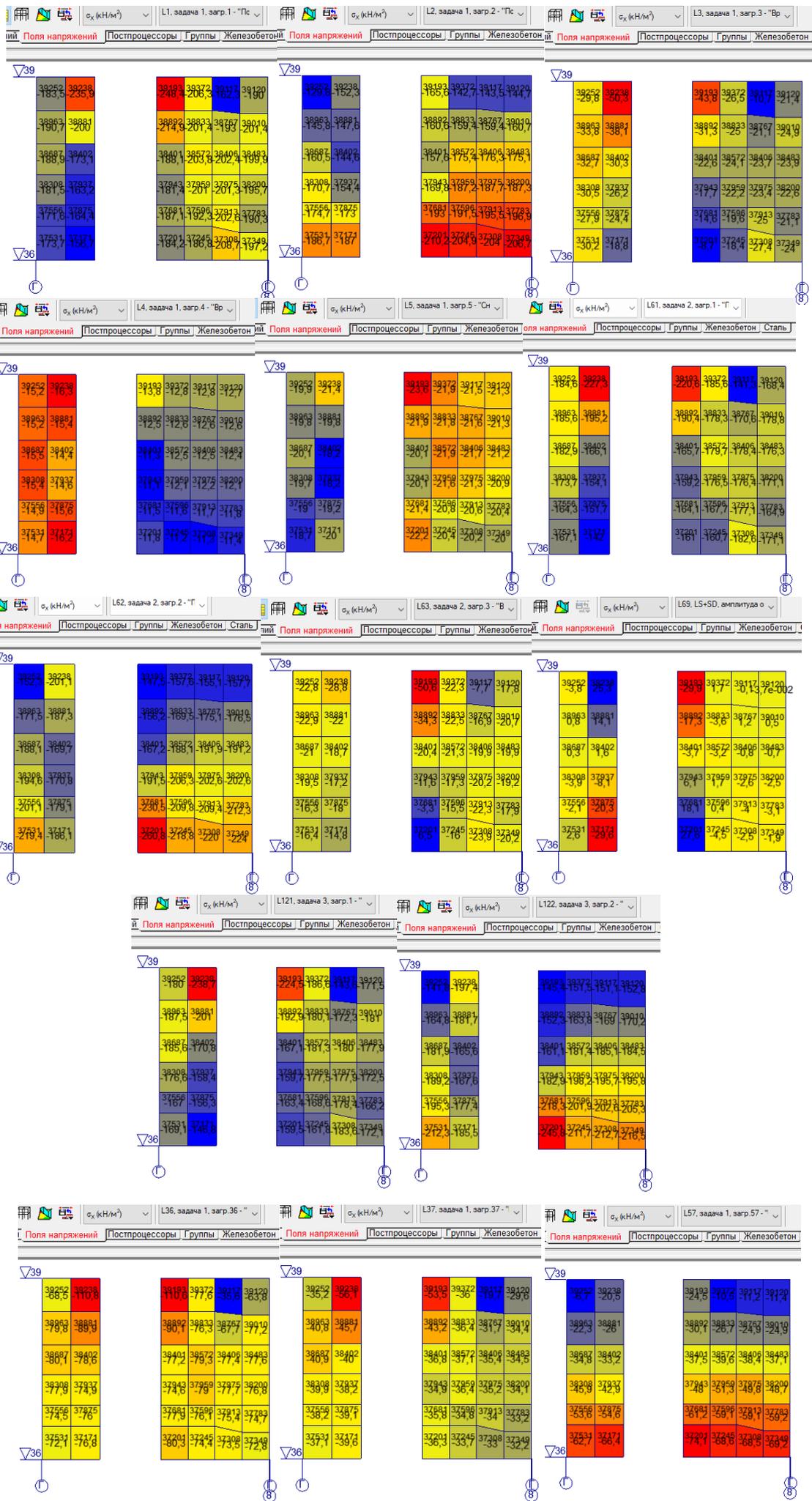


Рис. 2.7.2 – Необходимые для расчета напряжения

Согласно п. 9.14 [1] при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления, допускается принимать расстояние от точки приложения опорной реакции прогонов, балок или настила до внутренней грани стены или опорной плиты равным одной трети глубины заделки, но не более 7 см.

Соответственно $e_1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07)$ м, где h – толщина стены, b – ширина опирания плиты.

При $b=0,12$ м и $h=0,25$ м $e_1 = \max(0,5*0,25-0,12/3; 0,5*0,25-0,07) = \max(0,085; 0,055) = 0,085$ м.

Для схемы в программе **КАМИН** (рис. 2.7.4) для расчетной комбинации РСУ по рис. 2.7.1 L3+0,7*L4+0,7*L5+0,9*L69+L121+L122:

- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = 535,6 \text{ кН/м}^2$ $k_{ts,rsu}=1$ по РСУ из SCAD (L3), соответственно $k_{t,rsu}$ в запас принято $k_{t,rsu} = 1$;
- $N = h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \sigma_{xfw}) = 0,25*(535,6-1*110,8-1*1*56,1-20,5) = 87,05 \text{ кН/м}$;
- поскольку стена толщиной 250 мм, $\lambda_h = l_0/h = 2,7/0,25 = 10,80$, по табл. 7.3 [1] $\eta = 0,016 > 0$, значит коэффициент m_g по формуле (7.7) [1] не равен 1, соответственно для его расчета требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{xgs} = 0,35*50,3+0,35*0,7*16,3+0,5*0,7*21,4-0+238,7+197,4 = 465,19 \text{ кН/м}^2$;
- $N_g = 0,25*(465,19-1*110,8-0,35*1*1*56,1-20,5) = 78,56 \text{ кН/м}$
- $K_{dN} = \frac{N_g}{N} = 78,56/87,05 = 0,90$;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt} = 0,481*1*110,8+0,741*1*56,1 = 94,86 \text{ кН/м}^2$;
- $M_3 = h\sigma_{x1}e_1 = 0,25*94,86*0,085 = 2,016 \text{ кНм/м}$;
- $N_3 = h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = 0,25*(1*110,8+0,741*1*56,1) = 38,093 \text{ кН/м}$;
- $E_3 = \frac{M_3}{N_3} = 2,016/38,093 = 0,053 \text{ м}$;
- $N_{g3} = h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + dk_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = 0,25*(1*110,8+0,35*0,741*56,1) = 31,337$
- $K_{dN3} = \frac{N_{g3}}{N_3} = 31,337/38,093 = 0,82$.

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам простенка между отметкам +36,000 и +39,000 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR и данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Наружная стена», «Армированная наружная стена», «Стена подвала», «Армированная стена подвала» программы КАМИН

-----Группа элементов № 24, имя группы «24», этаж «13 эт 36-39»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 39238
 Коэф. использования $a_1 = 0,906$
 Высота этажа: 3 м
 Расчетная высота: 2,7 м
 Коэффициент расчетной высоты: 0,9
 Толщина стены $B=0,25$ м
 Нагрузка от ветра $q=0$ кН/м²
 Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_3 (N_p)=38,09438 кН/м
 Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену E_3 (E_p)=0,052922 м
 Коэффициент длительной части для N_3 (N_p): 0,823
 Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=90,66$ кН/м
 Коэффициент длительной части для N : 0,91
 Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs} = -535,64$ кН/м² от РСУ L3+0,7*L4+0,7*L5+0,9*L69+L121+L122 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($fi=1$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs} = -465,23$ кН/м² от РСУ 0,35*L3+0,245*L4+0,35*L5+0*L69+L121+L122 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 36) $\text{sqp} = -110,80009$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu} = 1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 37) $\text{sq} = -56,10989$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загружение № Lt=3) $f_i \cdot k_{t,rsu}=1$ (если $k_{t,rsu} \leq -1$, то $k_{t,rsu}=k_{t,rsu}$, если $-1 < k_{t,rsu} < 0$, то $k_{t,rsu}=-1$, если $0 < k_{t,rsu} < 1$, то $k_{t,rsu}=1$, если $k_{t,rsu} > 1$, то $k_{t,rsu}=k_{t,rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=0,481$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=0,741$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета M_3 $s_{x1}=k_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} / f_i} = -94,87227$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=22,2$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,275$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,25$ м

Нагрузка от ветра $k_w \cdot w=0$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,085$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_3=1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1 = -2,01604$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_3 ($N_{п}$) $= -1 \cdot (k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} / f_i}) \cdot B = 38,09438$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_3 = M_3 / N_3 = -0,052922$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок N_{g3} (N_{gp}) $= -1 \cdot (d_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} / f_i}) \cdot B = 31,34$ кН/м (d_p и d_t - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для N_3 ($N_{п}$) $= N_{g3} / N_3 = 0,823$

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N = -1 \cdot (\text{Sig}_{xs} - k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} + x \cdot g}) \cdot B = 90,66$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g = -1 \cdot (\text{Sig}_{xgs} - d_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} + x \cdot g}) \cdot B = 82,17$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : $N_g / N = 0,91$

Тестовая проверка и пояснения:

- в исходных данных для группы элементов № 24 параметры $k_p=0,481$, $k_t=0,741$;
- в исходных данных для группы этажа № 93 параметры $n=1$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1-0,4) / 1^{0,5} = 1,000$ ($n=1$);
- комбинация РСУ $L_3+0,7 \cdot L_4+0,7 \cdot L_5-0,9 \cdot L_6+L_{121}+L_{122}$;
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{t,rsu}=1$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{t,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = \sigma_{xs,pcy} = -535,6$ кН/м² ($\text{Sig}_{xs} = -535,64$ кН/м²);
- $N = -1 \cdot h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu} \sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu} \sigma_{qt} - \gamma x) = -0,25 \cdot (-535,6 - 1 \cdot -110,8 - 1 \cdot -56,1 + 22,2 \cdot 0,275) = 90,65$ кН/м ($N=90,66$ кН/м).
- поскольку стена толщиной 250 мм, $\lambda_h = l_0/h = 2,7/0,25 = 10,80$, по табл. 7.3 [1] $\eta = 0,016 > 0$, значит коэффициент m_g по формуле (7.7) [1] не равен 1, соответственно для его расчета требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{xgs} = 0,35 \cdot -50,3 + 0,35 \cdot 0,7 \cdot -16,3 + 0,5 \cdot 0,7 \cdot -21,4 - 0 - 238,7 - 197,4 = -465,19$ кН/м² ($\text{Sig}_{xgs} = -465,23$ кН/м² от РСУ $0,35 \cdot L_3 + 0,245 \cdot L_4 + 0,35 \cdot L_5 + 0 \cdot L_6 + L_{121} + L_{122}$);
- $N_g = -1 \cdot h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu} \sigma_{qp} - d_t \varphi k_{t,rsu} \sigma_{qt} - \gamma x) = -0,25 \cdot (-465,19 - 1 \cdot -110,8 - 0,35 \cdot 1 \cdot -56,1 + 22,2 \cdot 0,275) = 82,16$ кН/м ($N_g = -1 \cdot (\text{Sig}_{xgs} - d_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} + x \cdot g}) \cdot B = 82,2$ кН/м);
- $K_{dN} = \frac{N_g}{N} = 82,19 / 90,68 = 0,91$ (Коэффициент длительной части для N : $N_g / N = 0,91$);
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 \cdot 1 \cdot -110,8 + 0,741 \cdot 1 \cdot -56,1 = -94,86$ кН/м² ($s_{x1} = k_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} / f_i} = -94,87227$ кН/м²);
- $M_3 = h \sigma_{x1} e_1 = 0,25 \cdot -94,86 \cdot 0,085 = -2,016$ кН*м ($M_3 = 1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1 = -2,01604$ кН*м);
- $N_3 = -1 \cdot h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,25 \cdot (1 \cdot -110,8 + 0,741 \cdot 1 \cdot -56,1) = 38,093$ кН/м (N_3 ($N_{п}$) $= -1 \cdot (k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} / f_i}) \cdot B = 38,09438$ кН/м);
- $E_3 = \left| \frac{M_3}{N_3} \right| = 2,016 / 38,093 = 0,053$ м (E_3 ($E_{п}$) $= 0,052922$ м);
- $N_{g3} = -1 \cdot h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + d_t k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,25 \cdot (1 \cdot -110,8 + 0,35 \cdot 0,741 \cdot -56,1) = 31,337$ кН/м (N_{g3} (N_{gp}) $= -1 \cdot (d_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot s_{qt} / f_i}) \cdot B = 31,34$ кН/м);

- $K_{dNэ} = \frac{Ngэ}{Nэ} = 31,337/38,093 = 0,82$

(Коэффициент длительной части для Nэ (Nп) = Ngэ/Nэ = 0,823).

По максимальному коэффициенту аз (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 39193

Козф. использования аз = 0,5

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Козэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены В=0,25 м

Нагрузка от ветра q=0 кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) Nэ (Nп)=31,56712 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену Eэ (Eп)=0,054738 м

Козэффициент длительной части для Nэ (Nп): 0,796

Нагрузки от вышележащих перекрытий N=39,69 кН/м

Козэффициент длительной части для N: 1

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение Sig_xs=-304,99 кН/м² от РСУ L3+0,783*L61+0,804*L62-L69 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей (fi=1 для загрузки 3)

Напряжение Sig_xgs=-306,46 кН/м² от РСУ 0,35*L3+0,783*L61+0,804*L62+0*L69 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 36) sqp=-110,62276 кН/м²

Козэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия kp_rsu=0,783

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 37) sqt=-53,50992 кН/м²

Козэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № Lt=3) fi*kt_rsu=1 (если kt_rsu<=-1, то kt_rsu=kt_rsu, если -1<kt_rsu<0, то kt_rsu=-1, если 0<kt_rsu<1, то kt_rsu=1, если kt_rsu>=1, то kt_rsu=kt_rsu)

Козэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки kp=0,481

Козэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки kt=0,741

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета Mэ sx1=kp*kp_rsu*sqp+kt*fi*kt_rsu*sqt/fi=-81,31393 кН/м²

Объемный вес кладки g=22,2 кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа х=0,275 м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Козэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены В=0,25 м

Нагрузка от ветра kw*w=0 кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену E1=0,085 м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену Mэ=1*В*sx1*E1=-1,72792 кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) Nэ (Nп)=-1*(kp_rsu*sqp+kt*fi*kt_rsu*sqt/fi)*В=31,56712 кН/м

Приведенный эксцентриситет Eэ=Mэ/Nэ=-0,054738 м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок Ngэ (Ngп)=-1*(dp*kp_rsu*sqp+dt*kt*fi*kt_rsu*sqt/fi)*В=25,12 кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Козэффициент длительной части для Nэ (Nп)=Ngэ/Nэ=0,796

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) N=-1*(Sig_xs-kp_rsu*sqp-fi*kt_rsu*sqt+x*g)*В=39,69 кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) Ng=-1*(Sig_xgs-dp*kp_rsu*sqp-dt*fi*kt_rsu*sqt+x*g)*В=48,75 кН/м

Козэффициент длительной части для N: Ng/N=1

PCY для элемента № 39193, соответствующие Sig_xs=-304,99 приведены на рис. 2.7.3.

Критерий	σ _x кН/м ²	σ _y кН/м ²	τ _{xy} кН/м ²	M _x кН*м/м	M _y кН*м/м	M _{xy} кН*м/м	Q _x кН/м	Q _y кН/м	R _x кН/м ²	R _y кН/м ²	Формула
4000	-261,2	-45,39	6,35	-1,628	-0,613	0,523	1,27	-3,373	0	0	0,7826*L61+0,8035*L62-L69
4030	-262,63	-47,62	8,67	-1,628	-0,613	0,522	1,261	-3,379	0	0	-L69+0,7826*L121+0,8035*L122
4105	-273,6	-48,43	6,42	-1,55	-0,593	0,461	0,845	-3,274	0	0	0,9*L4+0,7826*L61+0,8035*L62-L69
4000	-291,14	-64,12	13,68	-1,634	-0,614	0,524	1,252	-3,403	0	0	0,7826*L61+0,8035*L62
4030	-292,57	-66,35	15,99	-1,633	-0,613	0,523	1,242	-3,408	0	0	0,7826*L121+0,8035*L122
6030	-294,09	-69,07	18,6	-1,68	-0,65	0,554	1,312	-3,431	0	0	L8+0,7826*L121+0,8035*L122
0	-300,61	-54,16	18,24	-2,262	-0,825	0,706	1,685	-4,843	0	0	0,9*L3+0,7826*L61+0,8035*L62-L69
30	-302,04	-56,39	20,56	-2,261	-0,825	0,705	1,676	-4,849	0	0	0,9*L3-L69+0,7826*L121+0,8035*L122
4105	-304,91	-67,49	13,76	-1,547	-0,591	0,454	0,78	-3,292	0	0	L4+0,7826*L61+0,8035*L62
7015	-305,12	-65,64	11,46	-1,505	-0,56	0,428	0,726	-3,258	0	0	0,9*L8+0,7826*L61+0,8035*L62-L64
8003	-306,48	-68,12	13,81	-1,546	-0,593	0,456	0,789	-3,279	0	0	0,7826*L61+0,8035*L62-L124
7015	-306,5	-68,08	13,8	-1,546	-0,593	0,456	0,789	-3,279	0	0	0,7826*L61+0,8035*L62-L64
8003	-306,68	-68,61	13,93	-1,541	-0,604	0,466	0,812	-3,23	0	0	0,9*L9+0,7826*L61+0,8035*L62-L124
2045	-309,41	-59,24	22,61	-2,332	-0,848	0,726	1,72	-5,015	0	0	L3-0,9*L69+0,7826*L121+0,8035*L122
2030	-310,01	-63,39	23,85	-2,266	-0,825	0,706	1,671	-4,867	0	0	0,9*L3-L68+0,7826*L121+0,8035*L122
105	-317,12	-58,27	18,18	-2,329	-0,848	0,765	2,065	-4,911	0	0	0,9*L3+0,7*L5+0,7826*L61+0,8035*L62-L69

Рис. 2.7.3 – PCY для элемента № 39193, соответствующие Sig_xs

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация PCY 0,9*L3+0,7826*L61+0,8035*L62-L69;
- коэффициент сочетания в PCY для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -300,61 - 0,9 * -43,8 + 1 * -43,8 = -304,99$ кН/м² (Sig_xs=-304,99 кН/м²);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \gamma x) = -0,25 * (-304,99 - 0,7826 * -110,6 - 1 * -53,5 + 22,2 * 0,275) = 39,71$ кН/м (N=39,69 кН/м);
- $\sigma_{xgs} = 0,35 * -43,8 + 0,7826 * -220,6 + 0,8035 * -147,5 + 0 = -306,49$ кН/м² (Sig_xgs=-306,46 кН/м² от PCY 0,35*L3+0,783*L61+0,804*L62+0*L69);
- $N_g = -1 * h(\sigma_{xgs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - d_t \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \gamma x) = -0,25 * (-306,49 - 0,7826 * -110,6 - 0,35 * 1 * -53,5 + 22,2 * 0,275) = 48,78$ кН/м (Ng=-1 * (Sig_xgs-dp*kp_rsu*sqp-dt*fi*kt_rsu*sqt+x*g) *B=48,75 кН/м);
- $K_{dN} = \frac{N_g}{N} = 48,78/39,71 = 1,23 > 1$, принято 1 (Коэффициент длительной части для N: Ng/N=1);
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt} = 0,481 * 0,7826 * -110,6 + 0,741 * 1 * -53,5 = -81,28$ кН/м² (sx1=kp*kp_rsu*sqp+kt*fi*kt_rsu*sqt/fi=-81,31393 кН/м²);
- $M_3 = h\sigma_{x1}e_1 = 0,25 * -81,3193 * 0,085 = -1,73$ кН*м/м (M3=1*B*sx1*E1=-1,72792 кН*м);
- $N_3 = -1 * h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = -0,25 * (0,7826 * -110,6 + 0,741 * 1 * -53,5) = 31,55$ кН/м (N3 (Nп)=-1 * (kp_rsu*sqp+kt*fi*kt_rsu*sqt/fi) *B=31,56712 кН/м);
- $E_3 = \left| \frac{M_3}{N_3} \right| = 1,73/31,55 = 0,055$ м (E3 (Eп)=0,054738 м);
- $N_{g3} = -1 * h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + d_t k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = -0,25 * (0,7826 * -110,6 + 0,35 * 0,741 * -53,5) = 25,11$ кН/м (Ng3 (Ngп)=-1 * (dp*kp_rsu*sqp+dt*kt*fi*kt_rsu*sqt/fi) *B=25,12 кН/м);
- $K_{dN3} = \frac{N_{g3}}{N_3} = 25,12/31,55 = 0,796$ (Коэффициент длительной части для N3 (Nп)=Ng3/N3=0,796).

Исходные данные и результаты расчета в программе **КАМИН** по исходным данным, рассчитанным выше в очную, а также выданным плагином BrickWalls приведены на рис. 2.7.3 – 2.7.5.

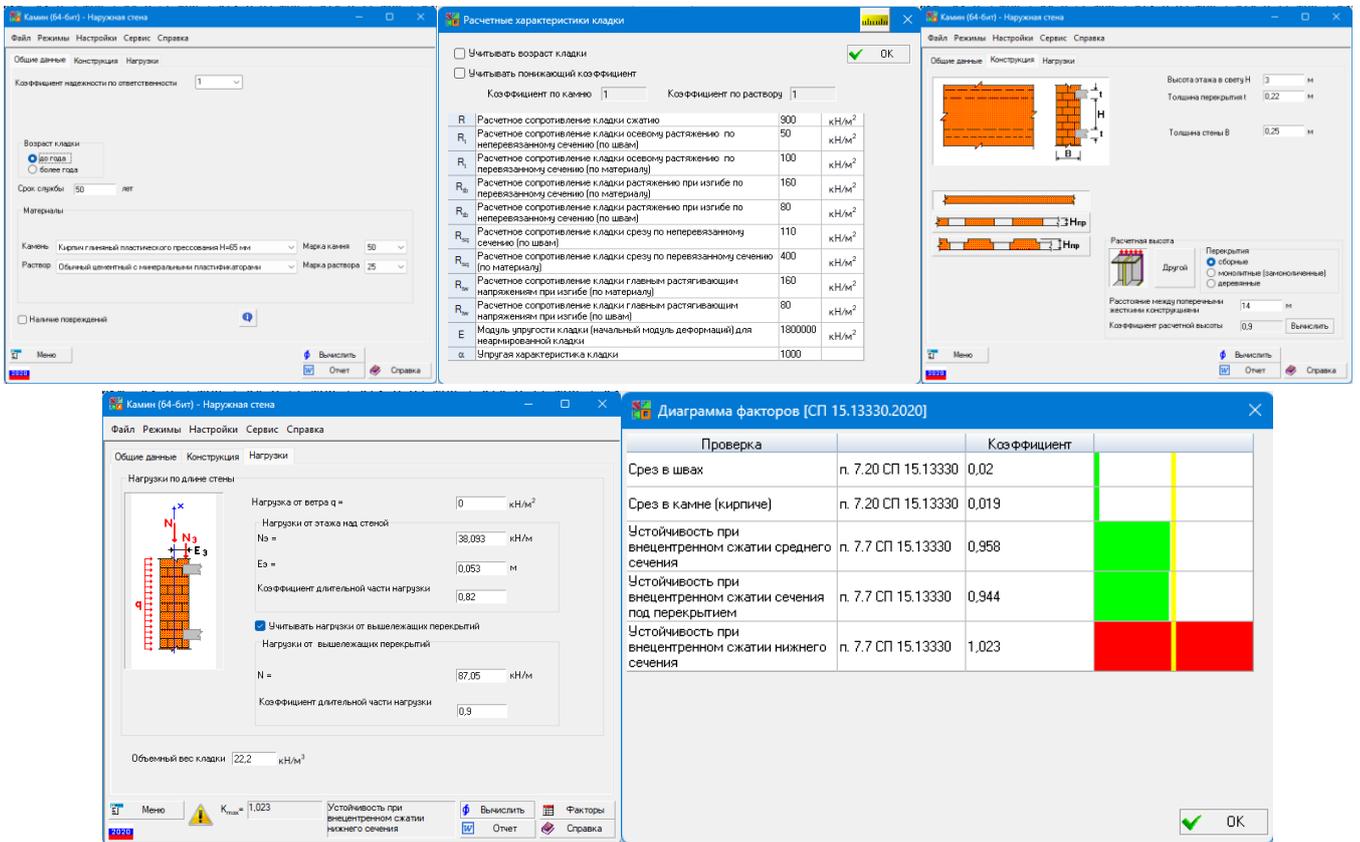


Рис. 2.7.4 – Исходные данные и результаты расчета участка стены в программе **КАМИН** при ручном определении исходных данных по результатам расчета в **SCAD++**

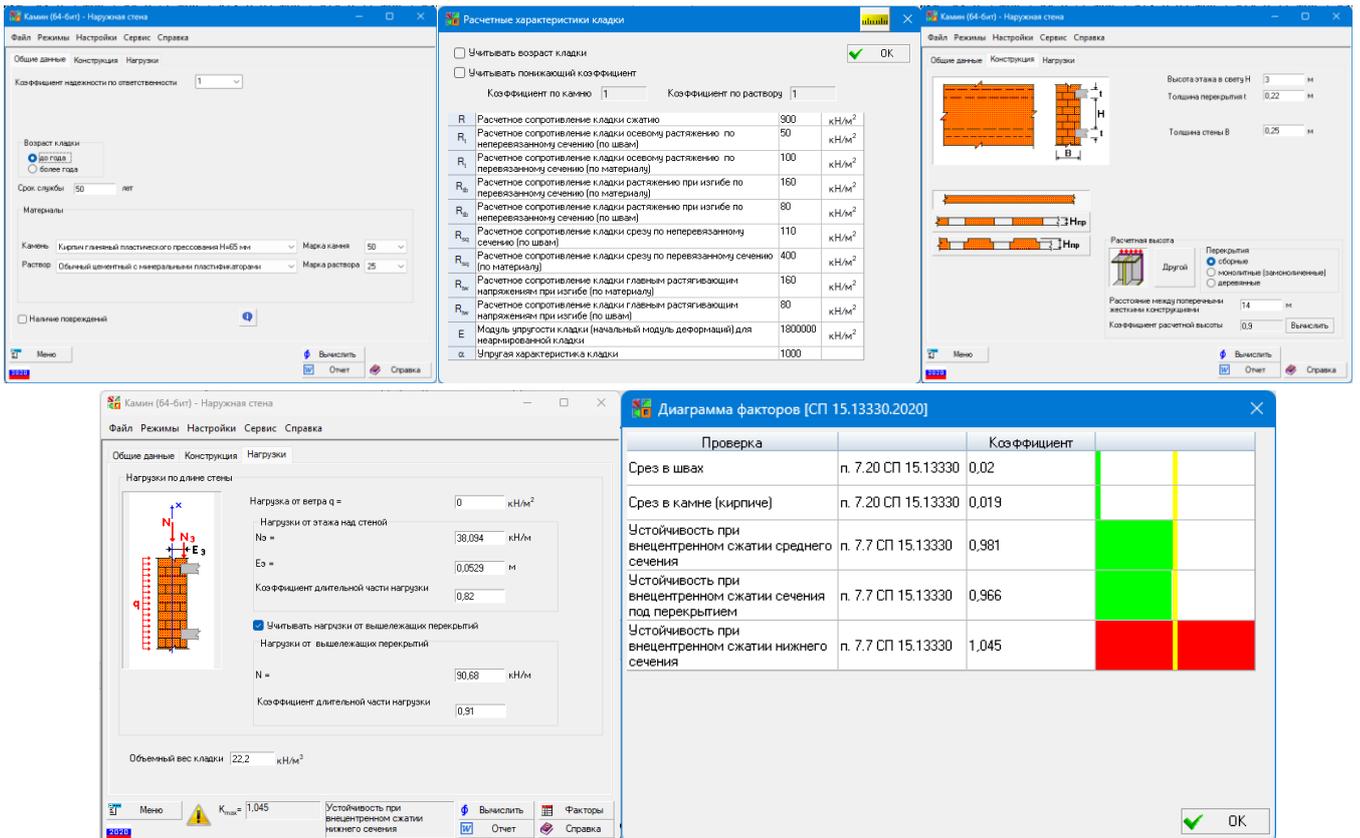


Рис. 2.7.5 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе **КАМИН** при использовании исходных данных, выданных плагином **BrickWalls** по **КИ а1**

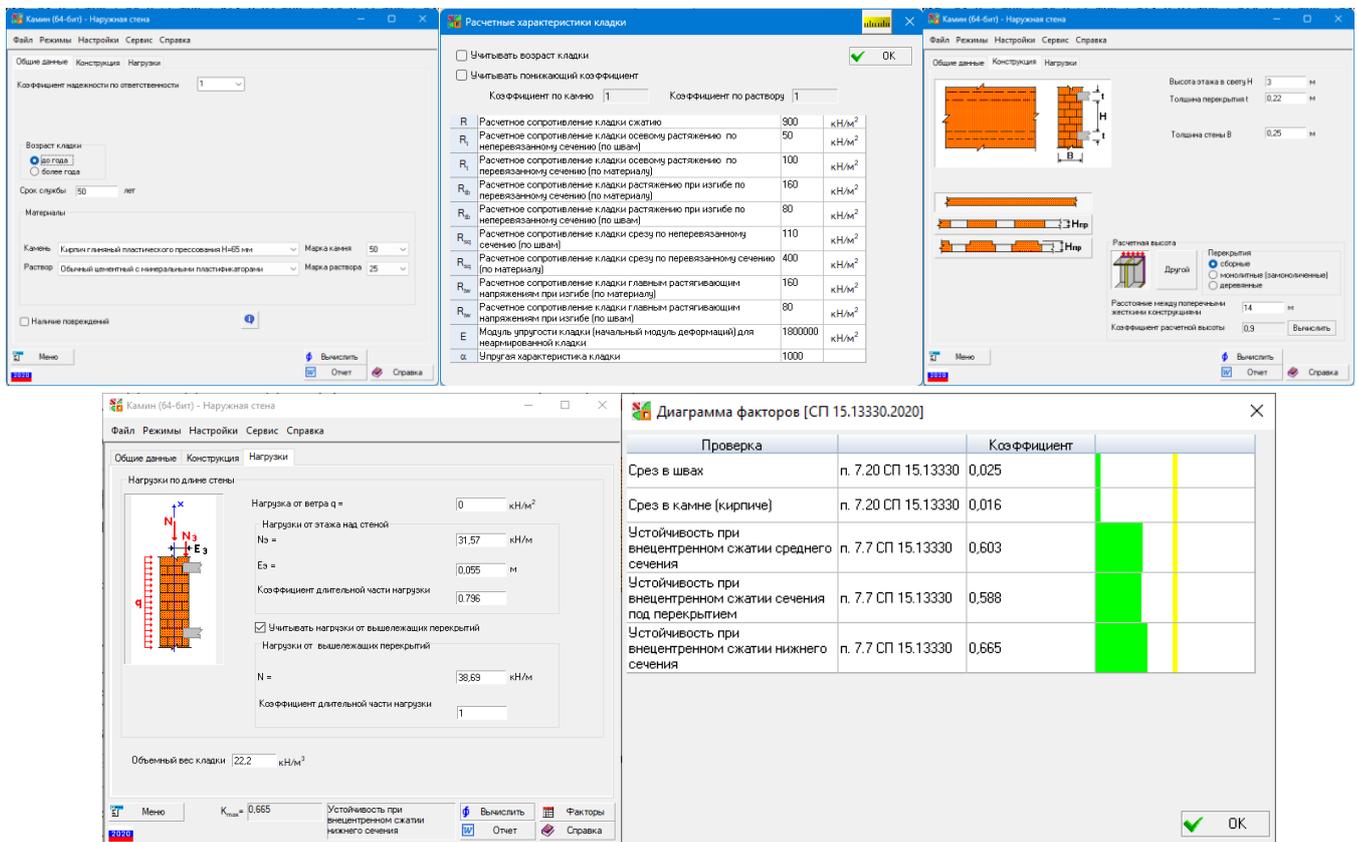


Рис. 2.7.5 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе **КАМИН** при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а3

На результаты из программы **КАМИН** на рис. 2.7.3 – 2.7.4 по устойчивости нижнего сечения в данном случае внимания обращать не следует, поскольку по рис. 2.7.1 напряжения в элементе № 39238 (-535,6 кН/м²) за счет концентрации краевых напряжений существенно больше чем в нижнем элементе № 37171 (-416,1 кН/м²).

Результаты расчета через плагин BrickWalls для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 44, отметки от 42 до +44,4) приведены в таблице 2.7.1, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элементов № 43051 и 45375, а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин BrickWalls.

В таблицах 2.7.1 использованы следующие обозначения:

- a1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- a2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- a3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- a4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при a3>1);
- a5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- a6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y-0.02))$.

Таблица 2.7.1 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls через режим **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но отчет выводится в файл **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**)

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	N эл.	a1	N эл.	a2	N эл.	a3	N эл.	a4	N эл.	a5	N эл.	a6
13 эт 36-39												
24	37171	0,63	37171	-	37171	0,25	37171	-	37171	-	37171	0,81
24	37201	0,73	37201	-	37201	0,25	37201	-	37201	-	37201	0,81
24	37245	0,67	37245	-	37245	0,24	37245	-	37245	-	37245	0,81
24	37308	0,71	37308	-	37308	0,24	37308	-	37308	-	37308	0,81
24	37349	0,69	37349	-	37349	0,24	37349	-	37349	-	37349	0,81

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 e0<0.7(h/2)		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 e0<=0.17h		п.7.10 (max e)	
	Н эл.	а1	Н эл.	а2	Н эл.	а3	Н эл.	а4	Н эл.	а5	Н эл.	а6
24	37531	0,69	37531	-	37531	0,25	37531	-	37531	-	37531	0,81
24	37556	0,66	37556	-	37556	0,28	37556	-	37556	-	37556	0,81
24	37596	0,67	37596	-	37596	0,27	37596	-	37596	-	37596	0,81
24	37681	0,68	37681	-	37681	0,28	37681	-	37681	-	37681	0,81
24	37783	0,67	37783	-	37783	0,27	37783	-	37783	-	37783	0,81
24	37875	0,61	37875	-	37875	0,28	37875	-	37875	-	37875	0,81
24	37913	0,7	37913	-	37913	0,27	37913	-	37913	-	37913	0,81
24	37937	0,61	37937	-	37937	0,32	37937	-	37937	-	37937	0,81
24	37943	0,63	37943	-	37943	0,31	37943	-	37943	-	37943	0,81
24	37959	0,7	37959	-	37959	0,3	37959	-	37959	-	37959	0,81
24	37975	0,7	37975	-	37975	0,3	37975	-	37975	-	37975	0,81
24	38200	0,69	38200	-	38200	0,3	38200	-	38200	-	38200	0,81
24	38308	0,69	38308	-	38308	0,31	38308	-	38308	-	38308	0,81
24	38401	0,63	38401	-	38401	0,34	38401	-	38401	-	38401	0,81
24	38402	0,64	38402	-	38402	0,36	38402	-	38402	-	38402	0,81
24	38406	0,68	38406	-	38406	0,33	38406	-	38406	-	38406	0,81
24	38483	0,68	38483	-	38483	0,33	38483	-	38483	-	38483	0,81
24	38572	0,68	38572	-	38572	0,33	38572	-	38572	-	38572	0,81
24	38687	0,7	38687	-	38687	0,35	38687	-	38687	-	38687	0,81
24	38767	0,64	38767	-	38767	0,35	38767	-	38767	-	38767	0,81
24	38833	0,66	38833	-	38833	0,36	38833	-	38833	-	38833	0,81
24	38881	0,74	38881	-	38881	0,4	38881	-	38881	-	38881	0,81
24	38892	0,73	38892	-	38892	0,4	38892	-	38892	-	38892	0,81
24	38963	0,67	38963	-	38963	0,38	38963	-	38963	-	38963	0,81
24	39010	0,66	39010	-	39010	0,36	39010	-	39010	-	39010	0,81
24	39117	0,55	39117	-	39117	0,35	39117	-	39117	-	39117	0,81
24	39120	0,63	39120	-	39120	0,39	39120	-	39120	-	39120	0,81
24	39193	0,88	39193	-	39193	0,5	39193	-	39193	-	39193	0,81
24	39238	0,91	39238	-	39238	0,5	39238	-	39238	-	39238	0,81
24	39252	0,67	39252	-	39252	0,43	39252	-	39252	-	39252	0,81
24	39372	0,68	39372	-	39372	0,43	39372	-	39372	-	39372	0,81

Выводы:

- результаты расчета в плагине BrickWalls отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** для верхнего сечения (рис. 2.7.4) в 0,91/0,96=0,95 раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** при приближенном учете веса стен при определении N (без учета веса перемычек рис. 2.7.5) отличаются от более точного расчета (рис. 2.7.4) в 0,981/0,958=1,02 раза;
- в программе **КАМИН** стена рассматривается как пролет неразрезной балки, что соответствует схеме а) рис. Б.1. СП 15.13330.2020, а плагине BrickWalls при расчете на вертикальную нагрузку используется расчетная схема б) рис. Б.1. СП 15.1333.2020, но результаты расчета между разными схемами отличаются не более чем на 5%, соответственно не имеет смысла применять схему неразрезной балки.

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 39238 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл **Вариация.VPR**, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_trace_Вариация.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 13 эт 36-39

Имя группы: 13 эт 36-39 f=13 h=3 l0=2,7 Lp=1 qp=36 Lt=3 qt=37 b=0,12 w=0,57 L=3 n=1 u=0 (BWL)

Нижний уровень: 36 м; Верхний уровень: 39 м;

Параметры группы этажа:

-Номер этажа(f)=13;
-Высота этажа(h)=3 м | Расчетная высота(l0)=2,7 м;
-qp=36 (Пост. пп +39 qp=13 эт 36-39);
-qt=37 (кр. пп +39 qt=13 эт 36-39);
-b=0,12 м;
-w=0,57 кН/м2;
-L=3 (Врем-типовые (L));
-n=1;
-u=0 (не является последним этажом);

****Номер элемента 39238****

Номер группы: 24

Имя группы: 24 a1=9 a2=0 kw=0 kp=0,481 kt=0,741 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 38,45 м
-Середина: 38,725 м
-Верх: 39 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,25 м
-a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-kw=0 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: kred=0.7 ВС 13 и выше эт

-Прочностные характеристики: R_x=0,9 МПа | R_y=0,72 МПа | R_{tx}=0,05 МПа | R_{ty}=0,11 МПа | R_{sqx}=0,4 МПа | R_{sqy}=0,11 МПа | R_{tw}=0,08 МПа | k=2 | a=1000 | n=1 | p=2 | ev=0,02 | yr=1 | eta=1 | gn=1

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
-Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,906

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -535,637 кН/м2 | Комбинация: L3+0,7*L4+0,7*L5-0,9*L69+L121+L122
-Sig_x: -521,104 кН/м2 | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)
-Sig_xgs: -465,229 кН/м2 | Комбинация: 0,35*L3+0,245*L4+0,35*L5+0*L69+L121+L122
-Sig_xg: -460,143 кН/м2 | Формула: Sig_xgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
-Sig_x1: -94,872 кН/м2 | Комбинация: 0,481*L36+0,741*L37
-Sig_x1g: -67,847 кН/м2 | Комбинация: 0,481*L36+0,259*L37
-Sig_x2: -521,104 кН/м2 | Комбинация: Sig_x
-Sig_x2g: -460,143 кН/м2 | Комбинация: Sig_xg

Комбинация L3+0,7*L4+0,7*L5-0,9*L69+L121+L122 для Sig_xs приводится с учетом коэффициента, учитывающего для загрузки № 3 временные нагрузки от двух и более этажей $\varphi = 1$ ($\sigma_{xs,pcy}$ принято по рис. 2.7.1)

$\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{t,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -535,6 \text{ кН/м}^2$ (Sig_xs: -175,526 кН/м2).

Sig_xgs - напряжение, соответствующее Sig_xs, но с учетом заданных в исходных данных по загрузкам коэффициентов длительности, поэтому в комбинации для Sig_xgs

- для загрузки № 3 коэффициент 0,35;
- для загрузки № 4 коэффициент 0,35*0,7=0,245;
- для загрузки № 5 коэффициент 0,5*0,7=0,350;
- для загрузки № 69 коэффициент 0.

Согласно результатам расчета напряжений на рис. 2.7.2 для комбинации $0,35*L3+0,245*L4+0,35*L5+0*L69+L121+L122$:

$\text{Sig_xgs} = 0,35* -50,3 + 0,35*0,7* -16,3 + 0,5*0,7* -21,4 + 0 - 238,7 - 197,4 = -465,189 \text{ кН/м}^2$
($\text{Sig_xgs} : -465,229 \text{ кН/м}^2$).

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.6.6) для группы № 93 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина BrickWalls:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p=1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_p=36$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t=3$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_t=37$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по нагружению 36 ($q_p=36$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 1 ($L_p=1$), но поскольку в рассмотренном РСУ не вошло нагружение 1, то в плагине BrickWalls принимается по нагружению 121 $k_{p,rsu}=1$ (в режиме **Вариация моделей** плагин идентифицирует, что в модели № 3 нагружение 121 соответствует нагружению № 1). Напряжение от временных нагрузок принято по нагружению 37 ($q_t=37$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 3 ($L_t=3$).

Параметры этажей													
№ группы	Имя этажа	Номер этажа	h	l0	Lp	qp	Lt	qt	b	w	L	n	
80	-1 эт -2,2-0	-1	2,2	1,98	1	10	3	11	0,12	0	3	14	
81	1 эт 0-3	1	3	2,7	1	12	3	13	0,12	0,46	3	13	
82	2 эт 3-6	2	3	2,7	1	14	3	15	0,12	0,46	3	12	
83	3 эт 6-9	3	3	2,7	1	16	3	17	0,12	0,46	3	11	
84	4 эт 9-12	4	3	2,7	1	18	3	19	0,12	0,46	3	10	
85	5 эт 12-15	5	3	2,7	1	20	3	21	0,12	0,46	3	9	
86	6 эт 15-18	6	3	2,7	1	22	3	23	0,12	0,54	3	8	
87	7 эт 18-21	7	3	2,7	1	24	3	25	0,12	0,54	3	7	
88	8 эт 21-24	8	3	2,7	1	26	3	27	0,12	0,54	3	6	
89	9 эт 24-27	9	3	2,7	1	28	3	29	0,12	0,54	3	5	
90	10 эт 27-30	10	3	2,7	1	30	3	31	0,12	0,54	3	4	
91	11 эт 30-33	11	3	2,7	1	32	3	33	0,12	0,54	3	3	
92	12 эт 33-36	12	3	2,7	1	34	3	35	0,12	0,54	3	2	
93	13 эт 36-39	13	3	2,7	1	36	3	37	0,12	0,54	3	1	
94	14 эт 39-42	14	3	2,7	1	38	4	39	0,12	0,54	3	1	
95	15 эт чердак под настройкой	15	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1	
96	15 эт чердак	16	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1	
97	Настройка над кровлей	17	1,6	1,44	1	42	5	43	0,12	0,54	3	1	

Рис. 2.6.6 – Исходные данные по этажам для плагина BrickWalls

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета:

- комбинация РСУ $L3+0,7*L4+0,7*L5-0,9*L69+L121+L122$;
- коэффициент сочетания в РСУ для нагружения № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -535,6 \text{ кН/м}^2$ ($\text{Sig_xs} = -535,637 \text{ кН/м}^2$);
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -535,6 + 1* -56,1*(0,741-1) = -521,07 \text{ кН/м}^2$
($\text{Sig_x} : -521,104 \text{ МПа}$), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается от перекрытия рассматриваемого этажа только с одной стороны;
- комбинация длительных нагрузок $0,35*L3+0,245*L4+0,35*L5+0*L69+L121+L122$;
- $\sigma_{xgs} = 0,35* -50,3 + 0,35*0,7* -16,3 + 0,5*0,7* -21,4 - 0 - 238,7 - 197,4 = -465,19 \text{ кН/м}^2$
($\text{Sig_xgs} = -465,229 \text{ кН/м}^2$);
- $\sigma_{xg} = \sigma_{xgs} + d_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -465,19 + 0,35*1* -56,1*(0,741-1) = -460,10 \text{ кН/м}^2$
($\text{Sig_xg} : -460,143 \text{ МПа}$).

Приведенные напряжения от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.7.2):

- от комбинации 0,481*L36+0,741*L37
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 \cdot 1 \cdot -110,8 + 0,741 \cdot 1 \cdot -56,1 = -94,86 \text{ кН/м}^2$
 (Sig_x1: -94,872 МПа), в плагине BrickWalls принято, что если для временной нагрузки $0 < k_{t,rsu} < 1$, то в запас принимается $k_{t,rsu} = 1$, а если $k_{t,rsu} \leq 0$, то принимается фактическое значение, $k_{p,rsu} < 1$ возможен в случаях, когда через столбец K1 учитывается коэффициент надежности $\gamma_f = 0,9$;
- от комбинации 0,481*L40+0,259*L41
 $\sigma_{x1g} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + d_t k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 \cdot 1 \cdot -110,8 + 0,35 \cdot 0,741 \cdot 1 \cdot -56,1 = -67,84 \text{ кН/м}^2$
 (Sig_x1g: -67,847 МПа).

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,085 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -2,01604 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: -1,44175 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: 0 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,035475 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0,032533 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5 \cdot 0,25 - 0,12/3; 0,5 \cdot 0,25 - 0,07) = \max(0,085; 0,055) = 0,085 \text{ м}$ ($b = 0,12 \text{ м}$ – ширина опирания плиты, $h = 0,25 \text{ м}$ – толщина стены), ($E1: 0,085 \text{ м}$).

$M1 = \text{Sig}_x1 \cdot 1 \cdot m \cdot h \cdot E1(1-x/H) = -94,872 \cdot 0,25 \cdot 0,085 \cdot (1-0/3) = -2,01603 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), (-2,01604).

$M1g = \text{Sig}_x1g \cdot 1 \cdot m \cdot h \cdot E1(1-x/H) = -67,847 \cdot 0,25 \cdot 0,085 \cdot (1-0/3) = -1,44175 \text{ кН} \cdot \text{м}$ ($M1g: -1,44175 \text{ кН} \cdot \text{м}$).

Расчетные эксцентриситеты:

- $E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig}_x| \cdot h) + e_v = \text{ABS}(-2,01604+0+0) / (521,104 \cdot 0,25) + 0,02 = 0,035475 \text{ м}$
 ($E_0: 0,035475 \text{ м}$), для стены толщиной 250 мм $e_v = 0,02 \text{ м}$ согласно п. 7.9 [1];
- $E_0g = |(M1g+M2g+M3g)| / (|\text{Sig}_xg| \cdot h) + e_v = \text{ABS}(-1,44175+0+0) / (465,229 \cdot 0,25) + 0,02 = 0,032396 \text{ м}$
 ($E_0g: 0,032533 \text{ м}$).

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,035475 / (0,7 \cdot 0,25/2) = 0,4054$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0)/(k \cdot \gamma); E_1/(\gamma - 0,02)) = \max(0,035475 / (0,9 \cdot 0,25/2); 0,085 / (0,25/2 - 0,02)) = \max(0,315; 0,810) = 0,81$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k = 0,9$).

Расчетные параметры:

- M_G: 0,984 (п. 7.7)
- Fi_1: 0,794 (ф. 7.6)
- Omega: 1,1419 (таб. 7.2)
- A_c: 0,179 м² (ф. 7.5)
- Mu: 0 % (п. 7.31)
- Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)
- R: 0,9 МПа

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,7/0,25 = 10,8$, соответственно:

- по табл. 7.1 [1] при $\alpha = 1000$ $\varphi = 0,864$;
- по табл. 7.3 [1] $\eta = 0,16$, соответственно по формуле (7.7) $m_g = 1 - \eta \frac{N}{N_g} \left(1 + \frac{1,2e_{0g}}{h}\right) = 1 - 0,16 \cdot (460,143/521,104) \cdot \left(1 + 1,2 \cdot 0,032533/0,25\right) = 0,9836655$ ($M_G: 0,984$).

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,25 - 2 \cdot 0,035475 = 0,179 \text{ м}$.

$\lambda_{hc} = H/h_c = 3/0,179 = 16,760$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha = 1000$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c = 0,725$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,864 + 0,725)/2 = 0,795$ ($Fi_1: 0,794$).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,25 * 1 * (1 - 2 * 0,035475 / 0,25) = 0,179 \text{ м}^2$ ($A_{c,с}$: 0,179 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,035475 / 0,25 = 1,14190 < 1,45$ (ω : 1,1419).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 521,104 * 0,25 / (0,984 * 0,794 * 900 * 0,179 * 1,1419) = 0,906$

(КИ: 0,906).

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (a_3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7 (h/2)$

КИ: 0,5

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -313,023 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2+L63+0,9*L69
 -Sig_x: -298,49 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)
 -Sig_xgs: -317,111 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2+0,35*L63+0*L69
 -Sig_xg: -312,024 кН/м² | Формула: Sig_xsg+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
 -Sig_x1: -83,286 кН/м² | Комбинация: 0,376*L36+0,741*L37
 -Sig_x1g: -56,261 кН/м² | Комбинация: 0,376*L36+0,259*L37
 -Sig_x2: -298,49 кН/м² | Комбинация: Sig_x
 -Sig_x2g: -312,024 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,085 м - эксцентриситет от перекрытия
 -M1: -1,76984 кН * м - момент от перекрытия
 -M1g: -1,19555 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
 -E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
 -M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
 -M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
 -M3: 0 кН * м - момент от ветра
 -M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
 -E_0: 0,043717 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
 -E_0g: 0,035326 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{xс,рсу} = -313,023 \text{ кН/м}^2$, соответствующее $\text{Sig_xs} = -313,023 \text{ кН/м}^2$ приведено на рис. 2.6.7.

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м	M_y кН*м	M_{xy} кН*м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
1105	Нормативные длительные	-310,914	-90,089	-23,217	-1,56	-0,476	-0,391	0,594	3,649	0	0	0.2625*L4+0.3571*L5+0.6805*L61+0.7174*L62
12030	Нормативные значения	-311,084	-89,505	-27,408	-1,515	-0,476	-0,345	0,262	3,568	0	0	0.7142*L8+0.75*L64+0.6805*L121+0.7174*L122
4030	Расчетные длительные	-311,155	-76,011	-24,692	-1,82	-0,565	-0,442	0,183	4,393	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.315*L64+0*L69
12105	Расчетные длительные	-311,494	-88,153	-25,376	-1,582	-0,48	-0,409	0,717	3,683	0	0	0.3571*L65+0.6805*L121+0.7174*L122
4030	Расчетные длительные	-311,612	-76,113	-24,688	-1,817	-0,564	-0,439	0,167	4,387	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.35*L64
12060	Нормативные значения	-312,379	-88,347	-25,396	-1,471	-0,44	-0,31	0,224	3,511	0	0	0.7142*L9+0.75*L64+0.6805*L121+0.7174*L122
7075	Нормативные значения	-312,567	-90,365	-23,166	-1,474	-0,449	-0,317	0,156	3,538	0	0	0.8333*L4+0.6805*L61+0.7174*L62
6075	Нормативные значения	-312,612	-77,625	-31,942	-2,241	-0,708	-0,618	0,798	5,225	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.5*L5+0.7142*L8
8002	Расчетные длительные	-312,755	-76,465	-24,68	-1,817	-0,565	-0,44	0,166	4,387	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.35*L4+0*L8
8002	Расчетные длительные	-312,755	-76,465	-24,68	-1,817	-0,565	-0,44	0,166	4,387	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.35*L4
8005	Нормативные значения	-312,911	-74,117	-27,57	-2,212	-0,679	-0,567	0,62	5,259	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.7692*L63+0.5833*L64+0.6428*L65
0	Расчетные значения	-313,023	-65,998	-26,436	-2,627	-0,797	-0,662	0,709	6,296	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L63+0.9*L69
1000	Нормативные длительные	-313,729	-88,641	-25,329	-1,549	-0,471	-0,381	0,543	3,637	0	0	0.2625*L4+0.25*L5+0.69+0.6805*L121+0.7174*L122
8005	Нормативные значения	-314,072	-73,082	-26,077	-2,158	-0,652	-0,525	0,428	5,209	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.5*L8+0.7692*L63+0.75*L64+0.5*L65
3030	Нормативные длительные	-314,205	-88,755	-25,325	-1,546	-0,471	-0,379	0,53	3,632	0	0	0.2916*L4+0.25*L5+0.69+0.6805*L121+0.7174*L122
3000	Нормативные значения	-314,957	-88,663	-25,293	-1,471	-0,448	-0,315	0,162	3,535	0	0	0.8333*L64+0.6805*L121+0.7174*L122

Рис. 2.6.7 – РСУ для элемента № 39238

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета:

- комбинация РСУ $0,783 * L1 + 0,804 * L2 + L63 + 0,9 * L69$;
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 63 $k_{ts,rsu} = 1$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xс,рсу} - k_{ts,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = \sigma_{xс,рсу} = -313,023 \text{ кН/м}^2$ ($\text{Sig_xs} = -313,023 \text{ кН/м}^2$);
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu} \sigma_{qt} (k_t - 1) = -313,023 + 1 * -56,1 * (0,741 - 1) = -298,49 \text{ кН/м}^2$ (Sig_x : -298,49 кН/м²), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от

полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается от перекрытия рассматриваемого этажа только с одной стороны;

- Комбинация длительных нагрузок $0,783*L1+0,804*L2+0,35*L63+0*L69$;
- $\sigma_{xgs} = 0,7826*-235,9+0,8035*-152,3+0,35*-28,8+0=-317,068$ ($\text{Sig_xgs}=-317,111$ кН/м²);
- $\sigma_{xg} = \sigma_{xgs} + d_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} (k_t - 1) = -317,111+0,35*1*-56,1*(0,741-1) = -312,03$ кН/м² ($\text{Sig_xg}: -312,024$ МПа).
- от комбинации $0,376*L36+0,741*L37$
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481*0,7826*1*-110,8+0,741*1*-56,1 = -83,279$ кН/м² ($\text{Sig_x1}: -83,286$ МПа);
- от комбинации $0,376*L36+0,259*L37$
 $\sigma_{x1g} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + d_t k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481*0,7826*-110,8+0,35*0,741*1*-56,1 = -56,26$ кН/м² ($\text{Sig_x1g}: -56,261$ МПа).

$M1 = \text{Sig_x1} * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -83,279 * 0,25 * 0,085 * (1-0/3) = -1,76968$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), (-1,76984).

$M1g = \text{Sig_x1g} * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -56,26 * 0,25 * 0,085 * (1-0/3) = -1,19553$ кН*м ($M1g: -1,19555$ кН * м).

Расчетные эксцентриситеты:

- $E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig_x}| * h) + e_v = \text{ABS}(-1,76984+0+0) / (298,49 * 0,25) + 0,02 = 0,043717$ м ($E_0: 0,043717$ м), для стены толщиной 250 мм $e_v = 0,02$ м согласно п. 7.9 [1];
- $E_{0g} = |(M1g+M2g+M3g)| / (|\text{Sig_xg}| * h) + e_v = \text{ABS}(-1,19555+0+0) / (312,024 * 0,25) + 0,02 = 0,035326$ м ($E_{0g}: 0,035326$ м).

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7y) = 0,043717 / (0,7 * 0,25/2) = 0,500$ (КИ: 0,5)

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a_3 -----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k*y); e_1 / (y-0,02))$ (a_6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,81

Критическое напряжение:

- $\text{Sig_xs}: -394,233$ кН/м² | Комбинация: L1+L2+L63+0,9*L69
- $\text{Sig_x}: -379,701$ кН/м² | Формула: $\text{Sig_xs} + \text{Sig_qt} * k_{t,rsu} * (k_t - 1)$
- $\text{Sig_xgs}: -398,322$ кН/м² | Комбинация: L1+L2+0,35*L63+0*L69
- $\text{Sig_xg}: -393,235$ кН/м² | Формула: $\text{Sig_xsg} + \text{Sig_qt} * k_{t,rsu} * d * (k_t - 1)$
- $\text{Sig_x1}: -94,872$ кН/м² | Комбинация: 0,481*L36+0,741*L37
- $\text{Sig_x1g}: -67,847$ кН/м² | Комбинация: 0,481*L36+0,259*L37
- $\text{Sig_x2}: -379,701$ кН/м² | Комбинация: Sig_x
- $\text{Sig_x2g}: -393,235$ кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

- $E1: 0,085$ м - эксцентриситет от перекрытия
- $M1: -2,01604$ кН * м - момент от перекрытия
- $M1g: -1,44175$ кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- $E2: 0$ м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- $M2: 0$ кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- $M2g: 0$ кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- $M3: 0$ кН * м - момент от ветра
- $M3g: 0$ кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- $E_0: 0,041238$ м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- $E_{0g}: 0,034666$ м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v = 0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- $k_y: 0,8y$ (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)
- $e_0 / (k*y): 0,412381$ (п. 7.10)
- $e_1 / (y-0,02): 0,809524$ (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max(E_0 / (k*y); E_1 / (y-0,02)) = \max(0,041238 / (0,9 * 0,25/2); 0,215 / (0,25/2 - 0,02)) = \max(0,367; 0,810) = 0,81$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,81).

2.8 Расчет внутренней несущей стены (группа № 24) толщиной 250 мм на верхнем (15-м, чердачном) этаже при опирании плит покрытия с двух сторон

Расчет выполнен для группы элементов № 24 (рис. 2.4.1) с использованием следующих прилагаемых файлов **SCAD++**:

- **Вариация.VPR**;
- **Модель_1_kred=0.8.SPR**;
- **Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR**;
- **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR**.

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.4.2.

На рис. 2.8.1 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCY в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

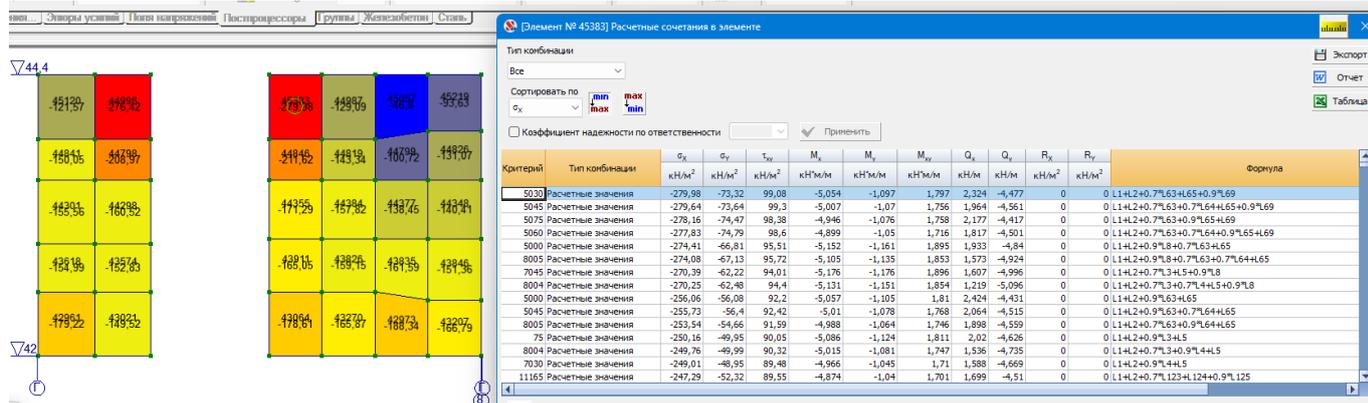


Рис. 2.8.1 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x)

Из рис. 2.8.1 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения на участке стены получены от вертикальных нагрузок по моделям № 1 и 2, а от ветровой нагрузки также по модели № 2 (для рассмотренного элемента ветер по Y в модели № 1 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль X).

На рис. 2.8.2 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_1 по загрузению «L1, задача 1, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 1);
- σ_2 по загрузению «L2, задача 1, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 1);
- σ_{63} по загрузению «L63, задача 3, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 2);
- σ_{65} по загрузению «L65, задача 2, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 2);
- σ_{69} по загрузению «L69, задача 2, загр. 9 – полная ветровая нагрузка вдоль Y» (Модель № 2);
- σ_{qp} по загрузению «L40, задача 1, загр. 40 – постоянные нагрузки на покрытие на отм. +44.000» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{qt} по загрузению «L41, задача 1, загр. 41 – временные нагрузки на покрытие на отм. +44.000» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{xfw} по загрузению «L59, задача 1, загр. 59 – собственный вес стен в отметка 42-44.4» (Модель № 1, вспомогательное загрузение).

Поскольку для рассматриваемого участка стены опирание плит перекрытий с двух сторон, то коэффициенты управления эксцентриситетом (вывод формул см. п. 3.5.9):

- коэффициент $k_p = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} = (6 - 2) / (6 + 2) = 0,481$;
- коэффициент $k_t = \frac{L_{max}}{L_{max} + L_{min}} = 6 / (6 + 2) = 0,741$.

Коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3])

$$\varphi = 1.$$

Согласно п. 9.14 [1] при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления, допускается принимать расстояние от точки приложения опорной реакции прогонов, балок или настила до внутренней грани стены или опорной плиты равным одной трети глубины заделки, но не более 7 см.

Соответственно $e_1 = \max(0,5h - b/3; 0,5h - 0,07)$ м, где h – толщина стены, b – ширина опирания плиты.

При $b = 0,12$ м и $h = 0,25$ м $e_1 = \max(0,5 * 0,25 - 0,12/3; 0,5 * 0,25 - 0,07) = \max(0,085; 0,055) = 0,085$ м.

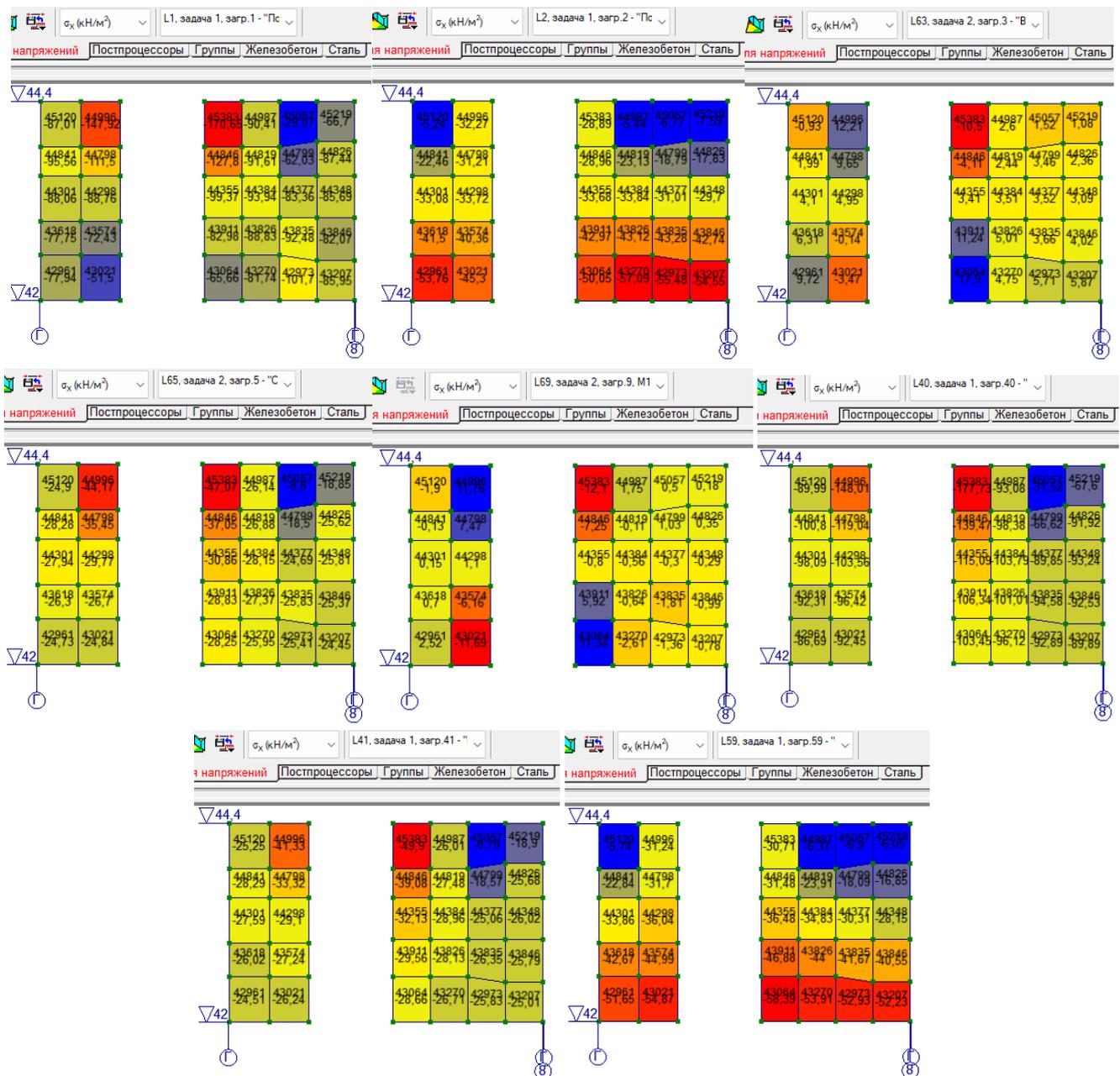


Рис. 2.8.2 – Необходимые для расчета напряжения

Для схемы в программе КАМИН (рис. 2.1.1) для комбинации РСУ по рис. 2.8.1

L1+L2+0,7*63+L65+0,9L68:

- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 0,481 * 177,73 + 0,741 * 1 * 49,9 = 122,46 \text{ кН/м}^2$;
- $M_3 = h \sigma_{x1} e_1 = 0,25 * 122,26 * 0,085 = 2,602 \text{ кНм/м}$;
- $N_3 = h (k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = 0,25 * (1 * 177,73 + 0,741 * 1 * 49,9) = 53,68 \text{ кН/м}$;
- $E_3 = \frac{M_3}{N_3} = 2,602 / 53,68 = 0,0485 \text{ м}$;
- согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0 / h = 2,16 / 0,25 = 8,64$, по табл. 7.3 [1] $\eta = 0$, соответственно по формуле (7.7) $m_\phi = 1$ и необходимости определять коэффициент длительности нет.

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам простенка между отметкам +42,000 и +44,400 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Внецентренно сжатые столбы», «Внецентренно сжатые армированные столбы» программы КАМИН

-----Группа элементов № 24, имя группы «24», этаж «15 эт чердак»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 45383

Козф. использования $a_1 = 0,54$

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Кэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,25$ м

Нагрузка от ветра $q=0$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)=53,67589 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э$ ($E_п$)=0,048482 м

Кэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-198,53$ кН/м² от РСУ 0,7*L3+L5-0,9*L69+L121+L122 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=1$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 40) $\text{sqp}=-177,72969$ кН/м²

Кэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu}=1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 41) $\text{sq}=-49,89726$ кН/м²

Кэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t=5$) $f_i*k_{t_rsu}=1$ (если $k_{t_rsu}<=-1$, то $k_{t_rsu}=k_{t_rsu}$, если $-1<k_{t_rsu}<0$, то $k_{t_rsu}=-1$, если $0<k_{t_rsu}<1$, то $k_{t_rsu}=1$, если $k_{t_rsu}>=1$, то $k_{t_rsu}=k_{t_rsu}$)

Кэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=0,481$

Кэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=0,741$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э \text{ sx}1=k_p*k_{p_rsu}*sqp+k_t*f_i*k_{t_rsu}*sq/f_i=-122,46185$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=22,2$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,275$ м

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Кэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,25$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=0$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,085$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э=1*B*sx1*E_1=-2,60231$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)= $-1*(k_{p_rsu}*sqp+k_t*f_i*k_{t_rsu}*sq/f_i)*B=53,67589$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э=M_э/N_э=-0,048482$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{гэ}$ ($N_{гп}$)= $-1*(dp*k_{p_rsu}*sqp+dt*k_t*f_i*k_{t_rsu}*sq/f_i)*B=49,05$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Кэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$)= $N_{гэ}/N_э$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_г=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация РСУ 0,7*L3+L5-0,9*L69+L121+L122;
- в исходных данных для группы элементов № 24 параметры $k_p=0,481$, $k_t=0,741$;
- в исходных данных для группы этажа № 96 параметры $n=1$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4+(1-0,4)/1^0,5=1,000$ ($n=1$);
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 5 ($L_t=5$) $k_{ts,rsu}=1$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,481*-177,73+0,741*1*-49,9=-122,46$ кН/м² ($\text{sx}1=k_p*k_{p_rsu}*sqp+k_t*f_i*k_{t_rsu}*sq/f_i=-122,46185$ кН/м²);
- $M_э = h \sigma_{x1} e_1 = 0,25*-122,26*0,085=-2,602$ кНм/м ($M_э=1*B*sx1*E_1=-2,60231$ кН*м);
- $N_э = -1 * h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,25*(1*-177,73+0,741*1*-49,9)=53,68$ кН/м ($N_э$ ($N_п$)=53,67589 кН/м);
- $E_э = \left| \frac{M_э}{N_э} \right| = 2,602/53,68=0,0485$ м ($E_э$ ($E_п$)=0,048482 м);

- согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h=2,16/0,25=8,64$, по табл. 7.3 [1] $\eta=0$, соответственно по формуле (7.7) $m_g=1$ и необходимости определять коэффициент длительности нет.

Элемент № 45383

Козф. использования $a_3 = 0,802$

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Козэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,25$ м

Нагрузка от ветра $q=0$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)=44,03405 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э$ ($E_п$)=0,050146 м

Козэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или козэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-160,81$ кН/м² от РСУ $0,7*L_3+L_5-0,9*L_6+0,783*L_{121}+0,804*L_{122}$ с учетом козэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=1$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или козэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом козэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загружение № 40) $\text{sqp}=-177,72969$ кН/м²

Козэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu}=0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загружение № 41) $\text{sq}=-49,89726$ кН/м²

Козэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загружение № $L_t=5$) $f_i*k_t\text{rsu}=1$ (если $k_t\text{rsu}\leq-1$, то $k_t\text{rsu}=k_t\text{rsu}$, если $-1<k_t\text{rsu}<0$, то $k_t\text{rsu}=-1$, если $0<k_t\text{rsu}<1$, то $k_t\text{rsu}=1$, если $k_t\text{rsu}\geq 1$, то $k_t\text{rsu}=k_t\text{rsu}$)

Козэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=0,481$

Козэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=0,741$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э \text{sx}1=k_p*k_{p_rsu}*sq+kt*f_i*k_t\text{rsu}*sq/f_i=-103,91096$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=22,2$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,275$ м

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Козэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,25$ м

Нагрузка от ветра $k_w*w=0$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,085$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э=1*B*sx1*E_1=-2,20811$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_п$)= $1*(k_{p_rsu}*sq+kt*f_i*k_t\text{rsu}*sq/f_i)*B=44,03405$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э=M_э/N_э=-0,050146$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{гэ}$ ($N_{гп}$)= $1*(dp*k_{p_rsu}*sq+dt*kt*f_i*k_t\text{rsu}*sq/f_i)*B=39,41$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Козэффициент длительной части для $N_э$ ($N_п$)= $N_{гэ}/N_э$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или козэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация РСУ $0,7*L_3+L_5-0,9*L_6+0,783*L_{121}+0,804*L_{122}$;
- козэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 5 ($L_t=5$) $k_{ts,rsu}=1$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,481*0,783*-177,73+0,741*1*-49,9=-103,91$ кН/м² ($\text{sx}1=k_p*k_{p_rsu}*sq+kt*f_i*k_t\text{rsu}*sq/f_i=-103,91096$ кН/м²), в плагине BrickWalls принято, что если для временной нагрузки $0 < k_{t,rsu} < 1$, то в запас принимается $k_{t,rsu} = 1$, а если $k_{t,rsu} \leq 0$, то принимается фактическое значение, $k_{p,rsu} < 1$ возможен в случаях, когда через столбец К1 учитывается козэффициент надежности $\gamma_f=0,9$;
- $M_э = h\sigma_{x1}e_1=0,25*-103,91*0,085=-2,208$ кНм/м ($M_э=1*B*sx1*E_1=-2,20811$ кН*м);
- $N_э = -1 * h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = -0,25*(0,783*-177,73+0,741*1*-49,9)=44,03$ кН/м ($N_э$ ($N_п$)=44,03405 кН/м);
- $E_э = \left| \frac{M_э}{N_э} \right| = 2,208/44,03=0,0501$ м ($E_э$ ($E_п$)=0,050146 м);

- согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,16/0,25 = 8,64$, по табл. 7.3 [1] $\eta = 0$, соответственно по формуле (7.7) $m_g = 1$ и необходимости определять коэффициент длительности нет.

Исходные данные и результаты расчета в программе **КАМИН** приведены на рис. 2.8.3 – 2.8.4.

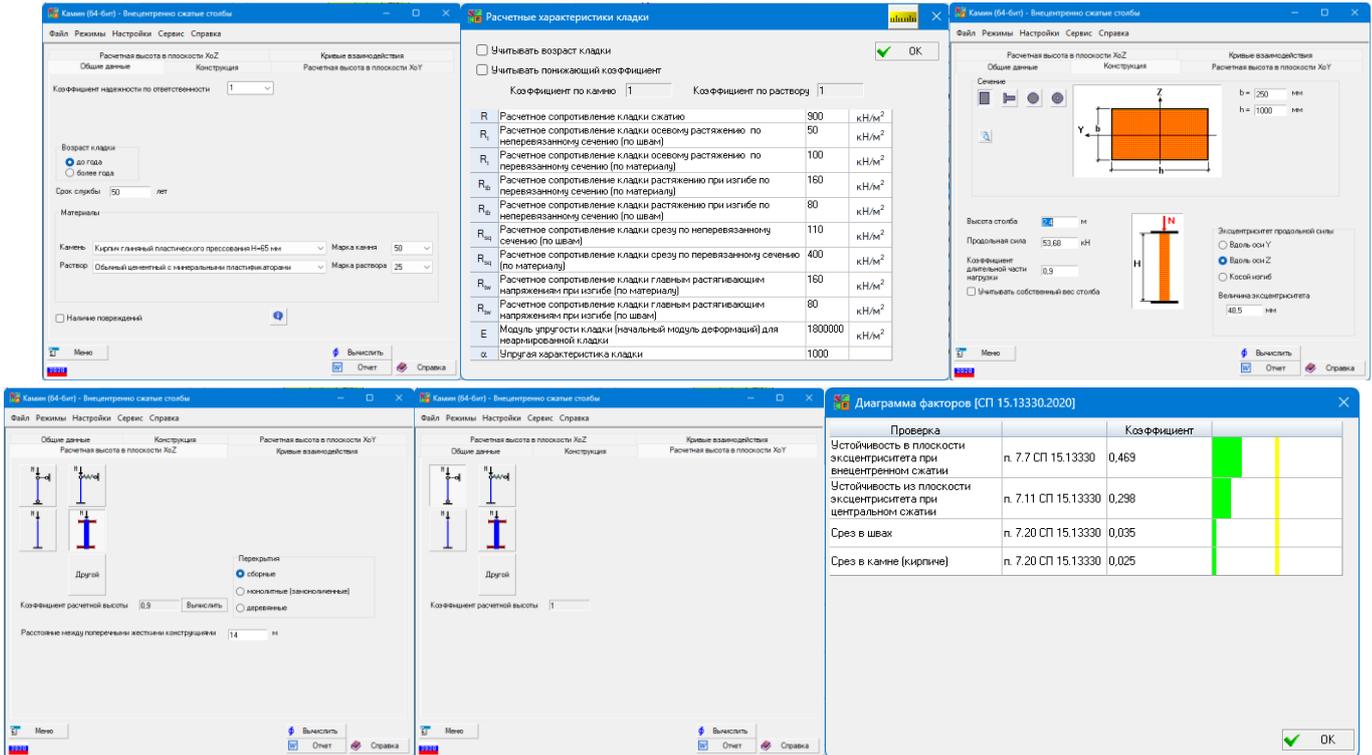


Рис. 2.8.3 – Исходные данные и результаты расчета участка стены в программе **КАМИН** при ручном определении исходных данных по результатам расчета в **SCAD++**, а также при выданных плагином **BrickWalls** по KI a1

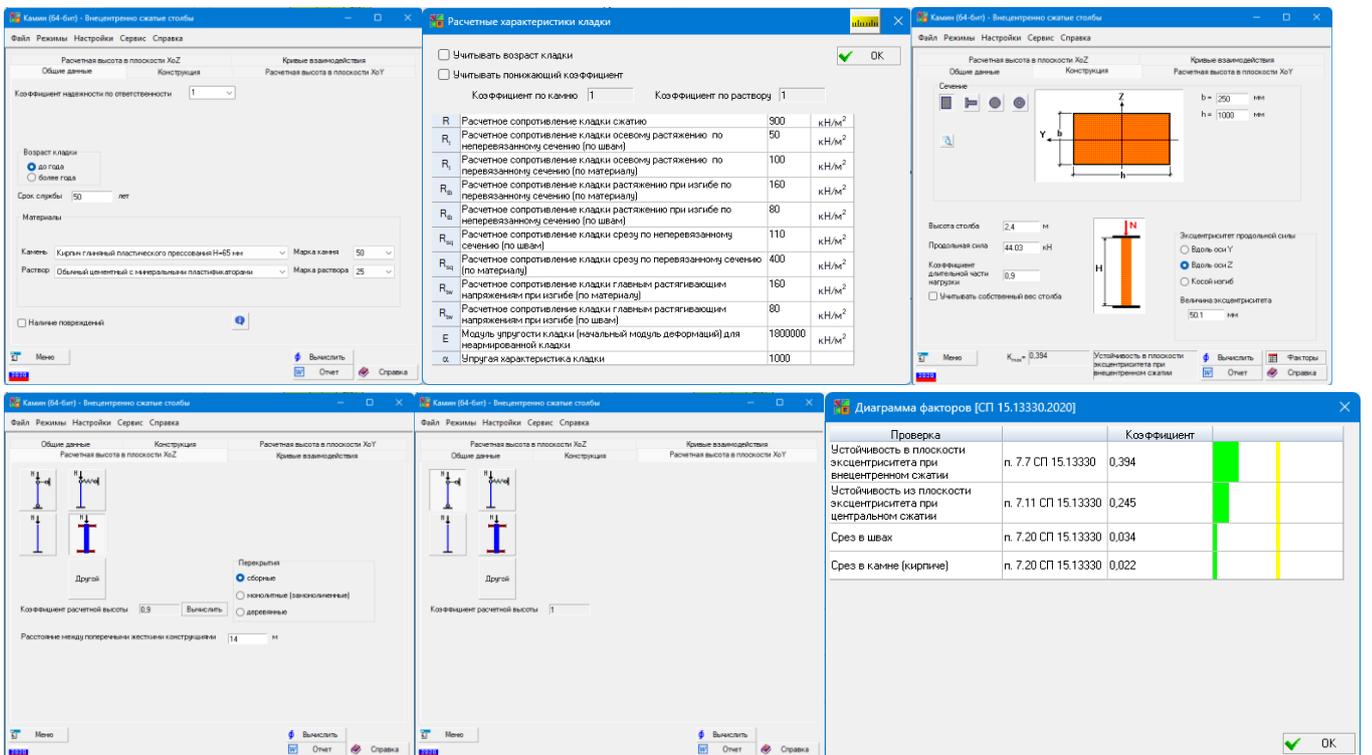


Рис. 2.8.4 – Исходные данные и результаты расчета участка стены в программе **КАМИН** при выданных плагином **BrickWalls** по KI a3

Результаты расчета через плагин **BrickWalls** для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 11, отметки от 0 до +3.000) приведены в таблице 2.8.1, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элемента № 2985, а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин **BrickWalls**.

В таблице 2.8.1 использованы следующие обозначения:

- a1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;

- а2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- а3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- а4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$);
- а5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- а6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y-0.02))$.

Таблица 2.8.1 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls через режим **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**)

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	№ эл.	а1	№ эл.	а2	№ эл.	а3	№ эл.	а4	№ эл.	а5	№ эл.	а6
15 эт чердак												
24	42961	0,25	42961	-	42961	0,28	42961	-	42961	-	42961	0,81
24	42973	0,26	42973	-	42973	0,27	42973	-	42973	-	42973	0,81
24	43021	0,21	43021	-	43021	0,36	43021	-	43021	-	43021	0,81
24	43064	0,25	43064	-	43064	0,33	43064	-	43064	-	43064	0,81
24	43207	0,23	43207	-	43207	0,27	43207	-	43207	-	43207	0,81
24	43270	0,23	43270	-	43270	0,29	43270	-	43270	-	43270	0,81
24	43574	0,22	43574	-	43574	0,43	43574	-	43574	-	43574	0,81
24	43618	0,23	43618	-	43618	0,39	43618	-	43618	-	43618	0,81
24	43826	0,24	43826	-	43826	0,4	43826	-	43826	-	43826	0,81
24	43835	0,24	43835	-	43835	0,37	43835	-	43835	-	43835	0,81
24	43846	0,22	43846	-	43846	0,38	43846	-	43846	-	43846	0,81
24	43911	0,24	43911	-	43911	0,43	43911	-	43911	-	43911	0,81
24	44298	0,26	44298	-	44298	0,51	44298	-	44298	-	44298	0,81
24	44301	0,25	44301	-	44301	0,49	44301	-	44301	-	44301	0,81
24	44348	0,23	44348	-	44348	0,49	44348	-	44348	-	44348	0,81
24	44355	0,28	44355	-	44355	0,54	44355	-	44355	-	44355	0,81
24	44377	0,22	44377	-	44377	0,49	44377	-	44377	-	44377	0,81
24	44384	0,25	44384	-	44384	0,51	44384	-	44384	-	44384	0,81
24	44798	0,35	44798	-	44798	0,65	44798	-	44798	-	44798	0,81
24	44799	0,18	44799	-	44799	0,61	44799	-	44799	-	44799	0,81
24	44819	0,25	44819	-	44819	0,6	44819	-	44819	-	44819	0,81
24	44826	0,24	44826	-	44826	0,61	44826	-	44826	-	44826	0,81
24	44841	0,26	44841	-	44841	0,59	44841	-	44841	-	44841	0,81
24	44846	0,37	44846	-	44846	0,69	44846	-	44846	-	44846	0,81
24	44987	0,28	44987	-	44987	0,8	44987	-	44987	-	44987	0,81
24	44996	0,45	44996	-	44996	0,8	44996	-	44996	-	44996	0,81
24	45057	0,1	45057	-	45057	0,8	45057	-	45057	-	45057	0,81
24	45120	0,27	45120	-	45120	0,8	45120	-	45120	-	45120	0,81
24	45219	0,21	45219	-	45219	0,8	45219	-	45219	-	45219	0,81
24	45383	0,54	45383	-	45383	0,8	45383	-	45383	-	45383	0,81

Вывод. Полученный в плагине BrickWalls коэффициент использования а1 больше, рассчитанного в программе **КАМИН** в 0,54/0,47=1,15 раза.

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 45383 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл **Вариация.VPR**, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 15 эт чердак

Имя группы: 15 эт чердак f=16 h=2,4 l0=2,16 Lp=1 qp=40 Lt=5 qt=41 b=0,12 w=0,54 L=3 n=1 u=1 (BWL)

Нижний уровень: 42 м; Верхний уровень: 44,4 м;

Параметры группы этажа:

-Номер этажа(f)=16;
-Высота этажа(h)=2,4 м | Расчетная высота(l0)=2,16 м;
-qp=40 (Пост. пп +44.4 qp=15 эт чердак);
-qt=41 (кр. пп +44.4 qt=15 эт чердак);
-b=0,12 м;
-w=0,54 кН/м2;
-L=3 (Врем-типовые (L));
-n=1;
-u=1 (является последним этажом);

****Номер элемента 45383****

Номер группы: 24

Имя группы: 24 a1=9 a2=0 kw=0 kp=0,481 kt=0,741 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 43,85 м
-Середина: 44,125 м
-Верх: 44,4 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,25 м
-a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-kw=0 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: BC 13 и выше эт
-Прочностные характеристики: Rx=0,9 МПа | Ry=0,72 МПа | Rtx=0,05 МПа | Rty=0,11 МПа | Rsqx=0,4 МПа | Rsqy=0,11 МПа | Rtw=0,08 МПа | k=2 | a=1000 | n=1 | p=2 | ev=0,02 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
-Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,54

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:
-Комбинация: Формула: $0,7 \cdot L3 + L5 - 0,9 \cdot L69 + L121 + L122$
-Sig_x: -214,704 кН/м2 | Формула: $L40 + 0,741 \cdot L41$ (Sig_x=kp_rsu*sqp+kt*fi*kt_rsu*sqrt/fi)
-Sig_xg: 0 кН/м2 | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
-Sig_x1: -122,462 кН/м2 | Комбинация: $0,481 \cdot L40 + 0,741 \cdot L41$ (Sig_x1=kp*kp_rsu*sqp+kt*fi*kt_rsu*sqrt/fi)
-Sig_x1g: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

При запуске на расчет взведен чекбокс e0 для верхних элементов

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.8.5) для группы № 82 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина BrickWalls:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $Lp=1$;

- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_p=40$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t=5$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_t=41$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по нагружению 40 ($q_p=40$), напряжение от временных нагрузок принято по нагружению 13 ($q_t=13$). Коэффициент φ , учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей при расчете эксцентриситета от перекрытия не учитывается.

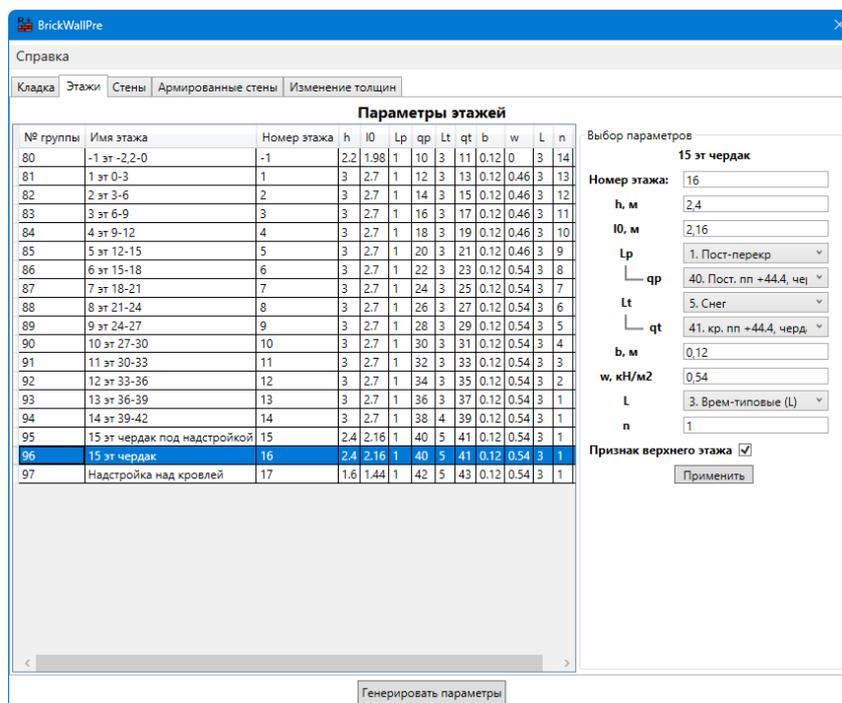


Рис. 2.8.5 – Исходные данные по этажам для плагина **BrickWalls**

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета (по рис. 2.8.2):

- комбинация РСУ $0,7 \cdot L_3 + L_5 - 0,9 \cdot L_{69} + L_{121} + L_{122}$;
- коэффициент сочетания в РСУ для нагружения № 5 $k_{ts,rsu}=1$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- от комбинации $L_{40} + 0 \cdot L_{41}$
 $\sigma_x = k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 \cdot -177,73 + 0,741 \cdot 1 \cdot 1 \cdot -49,9 = -214,71 \text{ кН/м}^2$
 (Sig_x: $-214,704 \text{ кН/м}^2$), расчет по приведенной формуле учитывает, что напряжения от полезной нагрузки за счет коэффициента k_t учитывается только от одного перекрытия;
- согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,16/0,25 = 8,64$, по табл. 7.3 [1] $\eta = 0$, соответственно по формуле (7.7) $m_g = 1$ и необходимости рассчитывать напряжение от длительных нагрузок нет.
- от комбинации $0,481 \cdot L_{40} + 0,741 \cdot L_{41}$
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,481 \cdot 1 \cdot -177,73 + 0,741 \cdot 1 \cdot 1 \cdot -49,9 = -122,46 \text{ кН/м}^2$
 (Sig_x1: $-122,462 \text{ кН/м}^2$);
- согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,16/0,25 = 8,64$, по табл. 7.3 [1] $\eta = 0$, соответственно по формуле (7.7) $m_g = 1$ и необходимости рассчитывать напряжение от длительных нагрузок нет.

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,085 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: $-2,60231 \text{ кН} \cdot \text{м}$ - момент от перекрытия
- M1g: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ - момент от ветра
- M3g: $0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,068482 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v = 0,02 \text{ м}$ (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_{0g}: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный
ev=0,02 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E_1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5*0,25-0,12/3; 0,5*0,25-0,07) = \max(0,085; 0,055) = 0,085$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,25$ м – толщина стены), ($E_1: 0,085$ м).

$M_1 = \text{Sig}_x * 1 * m * h * E_1 (1-x/H) = -122,46 * 0,25 * 0,085 * (1-0/3) = -2,602$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M_1: -2,60231$ кН * м). В плагине BrickWalls принято, что для верхних элементов этажа $x=0$.

Расчетный эксцентриситет

$E_0 = |(M_1 + M_2 + M_3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + ev = \text{ABS}(-2,602 + 0 + 0) / (177,73 * 0,25) + 0,02 = 0,0786$ м ($E_0: 0,078568$ м), для стен толщиной 250 мм и менее случайный эксцентриситет $ev=0,02$ м согласно п. 7.9 [1].

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,0786 / (0,7 * 0,25/2) = 0,898$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0 / (k * \gamma)); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,0786 / (0,8 * 0,25/2); 0,085 / (0,25 - 0,02)) = \max(0,786; 0,810) = 0,81$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,8$).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)
-Fi₁: 0,767 (ф. 7.6)
-Omega: 1,273928 (таб. 7.2)
-A_c: 0,113 м² (ф. 7.5)
-Mu: 0 % (п. 7.31)
-Fi₁Arm: 0 (ф. 7.6)
-R: 0,9 МПа

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0 / h = 2,16 / 0,25 = 8,64$, соответственно:

- по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1000$ $\varphi=0,907$;
- по табл. 7.3 [1] $\eta=0$, соответственно по формуле (7.7) $m_g=1$ ($M_G: 1$).

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,25 - 2 * 0,0685 = 0,113$ м.

$\lambda_{hc} = H / h_c = 2,4 / 0,113 = 21,239$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1000$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c = 0,627$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,907 + 0,627) / 2 = 0,767$ (Fi₁: 0,767).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,25 * 1 * (1 - 2 * 0,0685 / 0,25) = 0,113$ м² (A_c: 0,113 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,0685 / 0,25 = 1,27400 < 1,45$ (Omega: 1,273928).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 214,71 * 0,25 / (1 * 0,767 * 900 * 0,113 * 1,274) = 0,540$ (КИ: 0,54).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие a5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (a3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7(h/2)$

КИ: 0,802

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:
-Комбинация: Формула: $0,7 * L_3 + L_5 - 0,9 * L_6 + 0,783 * L_{121} + 0,804 * L_{122}$
-Sig_x: -176,067 кН/м² | Формула: $0,783 * L_{40} + 0,741 * L_{41}$ (Sig_x=kp_rrsu*sq+kt*fi*kt_rsu*sq/fi)
-Sig_{xg}: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
-Sig_{x1}: -103,878 кН/м² | Комбинация: $0,376 * L_{40} + 0,741 * L_{41}$
(Sig_{x1}=kp*kp_rrsu*sq+kt*fi*kt_rsu*sq/fi)
-Sig_{x1g}: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,085 м - эксцентриситет от перекрытия
-M1: -2,2074 кН * м - момент от перекрытия
-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
 -M3: 0 кН * м - момент от ветра
 -M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
 -E_0: 0,070149 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
 -E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

$$a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,070149 / (0,7 * 0,25 / 2) = 0,802 \text{ (КИ: } 0,802)$$

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a_3 -----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k\gamma); e_1 / (\gamma - 0,02))$ (a_6)-----

Доп информация: п.7.10 ($\max e$)

КИ: 0,81

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,7 * L_3 + L_5 - 0,9 * L_6 + L_1 + L_2$

-Sig_x: -214,704 кН/м² | Формула: $L_4 + 0,741 * L_1$ ($\text{Sig}_x = k_p \text{rsu} * \text{sqp} + k_t * f_i * k_t \text{rsu} * \text{sqrt} / f_i$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -122,462 кН/м² | Комбинация: $0,481 * L_4 + 0,741 * L_1$ ($\text{Sig}_x1 = k_p * k_p \text{rsu} * \text{sqp} + k_t * f_i * k_t \text{rsu} * \text{sqrt} / f_i$)

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,085 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -2,60231 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,068482 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0,02$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- $k\gamma$: 0,8 γ (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

- $e_0 / (k\gamma)$: 0,68482 (п. 7.10)

- $e_1 / (\gamma - 0,02)$: 0,809524 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

$a_6 = \max((E_0 / (k\gamma)); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,0685 / (0,8 * 0,25 / 2); 0,085 / (0,25 / 2 - 0,02)) = \max(0,685; 0,810) = 0,81$
 (КИ: 0,81), согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,8$ ($k\gamma$: 0,8 γ).

2.9 Расчет ненесущего простенка внешней стены (группа № 44) толщиной 510 мм на первом этаже

Расчет выполнен для группы элементов № 44 (рис. 2.9.1), которая соответствует простенку № 24 примера из пособия [8] (рис. 3.1) с использованием следующих прилагаемых файлов **SCAD++**:

- **Вариация.VPR**;
- **Модель_1_kred=0.8.SPR**;
- **Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR**;
- **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR**.

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.9.2.

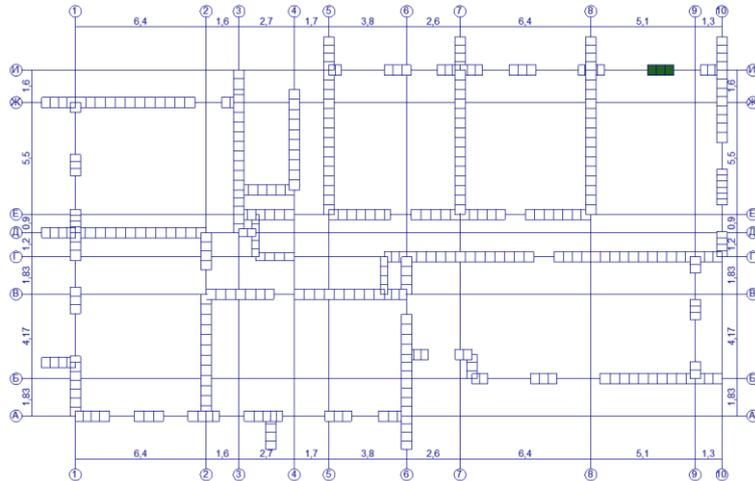


Рис. 2.9.1 – Расположение рассматриваемого участка стены на плане

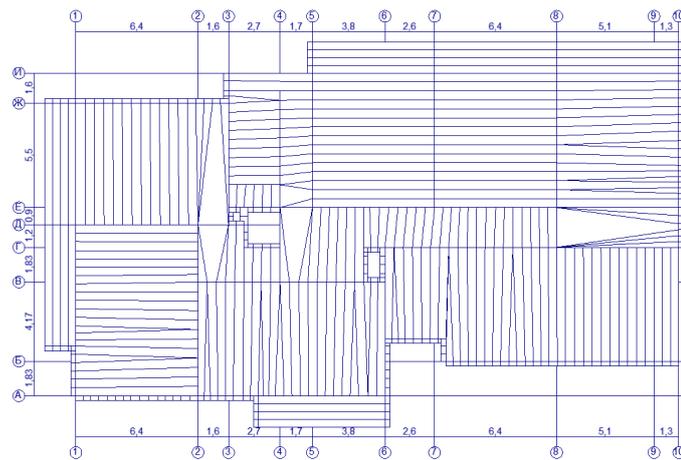


Рис. 2.9.2 – Схема опирания перекрытий

На рис. 2.9.3 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCY в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН/м	M_y кН/м	M_{xy} кН/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
1000	Расчетные значения	-2292,95	-255,83	-286,62	0,639	-0,032	0,164	-1,307	-0,279	0	0	0 L121+L122+L123+0.7*L124+0.7*L125+0.9*L129
5090	Расчетные значения	-2285,64	-255,66	-286,56	0,776	-0,043	0,152	-1,409	-0,273	0	0	0 L121+L122+0.9*L123+0.7*L124+0.7*L125+L129
3075	Расчетные значения	-2279,52	-254,2	-284,01	0,936	-0,04	0,147	-1,468	-0,19	0	0	0 0.9*L69+L121+L122+L123+0.7*L124+0.7*L125
5120	Расчетные значения	-2179,64	-245,91	-270,67	-2,965	0,143	0,418	0,318	-0,885	0	0	0 -0.9*L9+L121+L122+L123+0.7*L124+0.7*L125
1000	Расчетные значения	-2170,02	-240,09	-267,03	-0,502	0,066	0,267	-0,352	-0,294	0	0	0 L121+L122+L123+0.7*L124+0.9*L125
11030	Расчетные значения	-2151,25	-238,03	-264,77	-0,502	0,065	0,264	-0,349	-0,292	0	0	0 L121+L122+L123
11030	Расчетные значения	-2116,33	-229,28	-258,07	2,245	-0,021	0,094	-1,089	0,369	0	0	0 L9+L121+L122+0.9*L123
8002	Расчетные значения	-2061,04	-236,83	-257,12	1,264	-0,016	0,253	-1,679	-0,201	0	0	0 L61+L62+0.9*L63+0.7*L64+0.7*L65+L69
11075	Расчетные значения	-2031,18	-233,31	-257,63	0,094	0,074	0,291	-0,317	-0,168	0	0	0 L8+L121+L122
1000	Расчетные длительные	-2021,41	-226,31	-251	-0,432	0,064	0,257	-0,323	-0,266	0	0	0 L121+L122+0.35*L123+0.245*L124+0.45*L125
1000	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 L121+L122+0.35*L123+0.245*L124+0.35*L125+0*L129
3075	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 0*L69+L121+L122+0.35*L123+0.245*L124+0.35*L125
5120	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 0*L9+L121+L122+0.35*L123+0.245*L124+0.35*L125
11030	Расчетные длительные	-2013,04	-225,38	-249,98	-0,432	0,063	0,256	-0,321	-0,265	0	0	0 L121+L122+0.35*L123

Рис. 2.9.3 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x)

Из рис. 2.9.3 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения в несущем простенке приняты полностью по модели 3 (для рассмотренного элемента ветер по Y в модели 3 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль X).

По результатам расчета в примере приложения 8 пособия [8] (см. табл. 3.1.3 настоящего документа) максимальное напряжение в рассматриваемом простенке (№ 16 на первом этаже) составило 1480 кН/м². Среднее напряжение по результатам расчета $(2292,95+1997,8+2230,14)/3=2174$, что больше в $2174/1480=1,47$ по сравнению результатами из примера в пособии [8]. Существенную разницу можно объяснить тем, что в пособии [8] не учтена догрузка простенка за счет включения перемычек в силовую работу, что подтверждается результатами расчета по модели 1 (прилагаемый файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**), приведенными на рис. 2.9.4, согласно которым среднее напряжение по результатам расчета $(1711+1355+1696)/3=1587$, что больше уже всего в $1587/1480=1,07$ по сравнению результатами из примера в пособии [8].

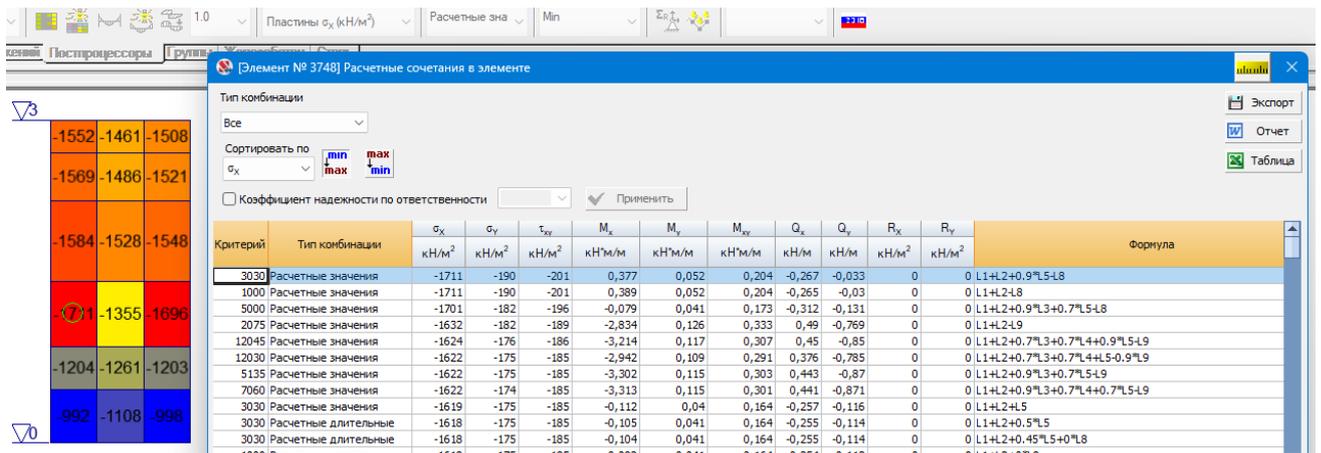


Рис. 2.9.4 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор РСУ (σ_x) для модели № 1

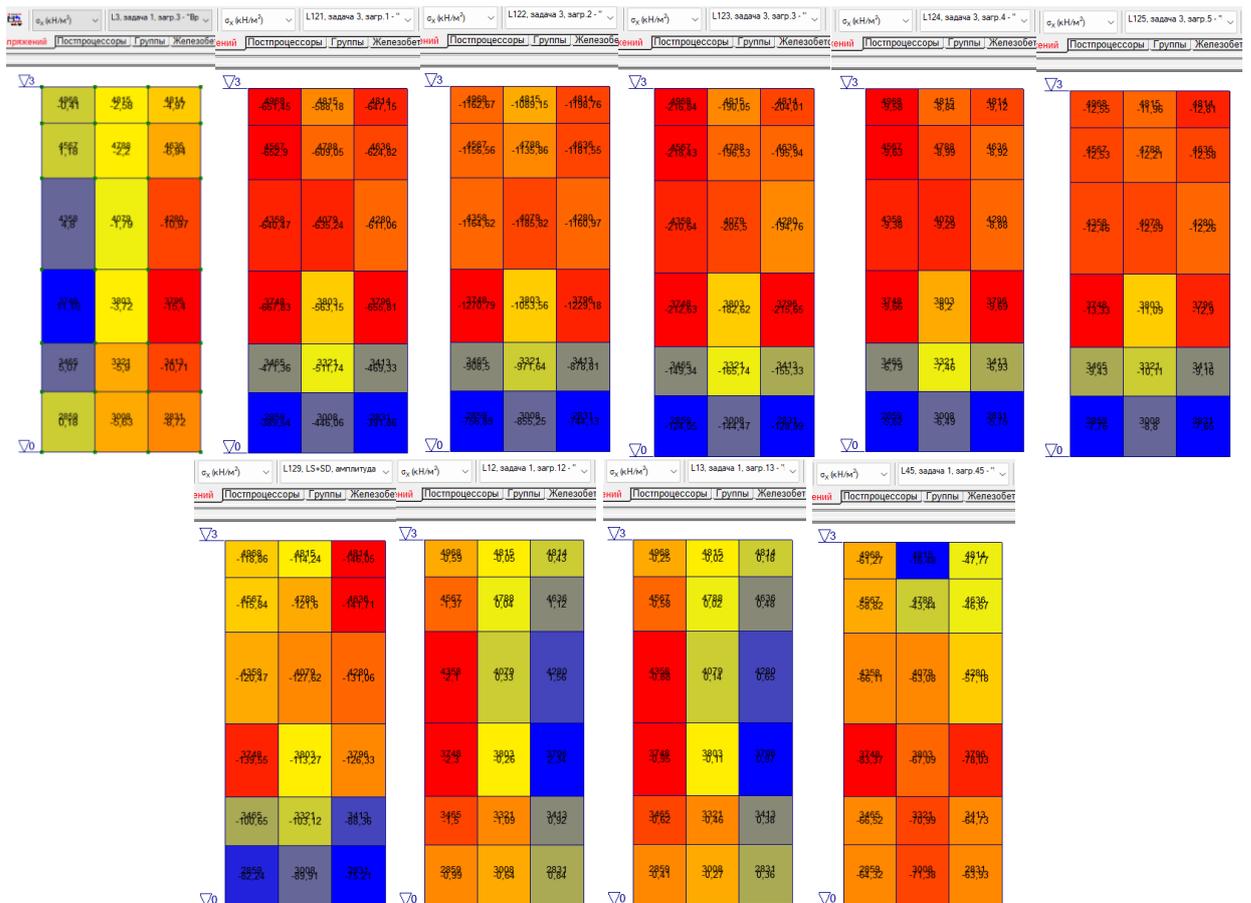


Рис. 2.9.5 – Необходимые для расчета напряжения

На рис. 2.9.5 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_{121} по загрузке «L121, задача 3, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 3);
- σ_{122} по загрузке «L122, задача 3, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 3);

- σ_{123} по загрузке «L123, задача 3, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 3);
- σ_{124} по загрузке «L124, задача 3, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 3);
- σ_{125} по загрузке «L125, задача 3, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 3);
- σ_{129} по загрузке «L129, задача 3, загр. 9 – полная ветровая нагрузка вдоль Y» (Модель № 3);
- σ_{qp} по загрузке «L12, задача 1, загр. 12 – постоянные нагрузки на перекрытие на отм. +3,000» (Модель № 1, вспомогательное загрузке);
- σ_{qt} по загрузке «L13, задача 1, загр. 13 – временные нагрузки на перекрытие на отм. +3,000» (Модель № 1, вспомогательное загрузке);
- σ_{xfw} по загрузке «L45, задача 1, загр. 45 – собственный вес стен между отметками 0,000 и +3,000» (Модель № 1, вспомогательное загрузке).

Поскольку простенок ненесущий и эксцентриситет от опирания перекрытий можно не учитывать ($k_p=k_t=0$) и соответственно для схемы в программе КАМИН (рис. 2.9.5).

- $N = h(\sigma_{xs,pcy} - \sigma_{xfw}) = 0,51 * (2292,95 - 83,37) = 1126,89$ кН/м;
- $E_3 = 0$ м;
- $N_3 = 0$ (КАМИН не позволяет вводить 0, поэтому использовано значение 0,01 кН/м);

Ветровое давление принято с учетом коэффициента 1,72, равного отношению максимальных перемещений от полного ветра к максимальным перемещениям от статического ветра (см. п. 3.2).

Приведенное ветровое давление на простенок с учетом нагрузки от окон:

- напор $0,265 * 1,72 * (1,29 + 2,1/2 + 1,3/2) / 1,29 = 1,06$ кН/м² (1,29 м – ширина простенка, 2,1 м и 1,3 м – ширина примыкающих к простенку проемов) в исходных данных для групп этажа давление от ветра задано $w = 0,265 * 1,72 = 0,46$ кН/м² и коэффициент ветрового давления $k_w = (1,29 + 2,1/2 + 1,3/2) / 1,29 = 2,3$;
- отсос $0,166 * 1,72 * (1,29 + 2,1/2 + 1,3/2) / 1,29 = 0,66$ кН/м².

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам простенка между отметкам 0,000 и +3,000 (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Наружная стена», «Армированная наружная стена», «Стена подвала», «Армированная стена подвала» программы КАМИН

-----Группа элементов № 44, имя группы «44», этаж «1 эт 0-3»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 3748

Кэф. использования $a_1 = 1,033$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B = 0,51$ м

Нагрузка от ветра $q = 1,07$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э (N_p) = 1,65578$ кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э (E_p) = 0,214998$ м

Коэффициент длительной части для $N_э (N_p)$: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a = 0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N = 1108,96$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a = 0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании:

- Тип сетки: Прямоугольные;
- Класс арматуры: A240;
- Диаметр: 6 мм;
- Шаг стержней в сетках: 60 мм;
- Расстояние между сетками: 486 мм.

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig_xs} = -2214,71$ кН/м² от РСУ L121+L122+0,566*L123+0,7*L124+0,7*L125+L129 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i = 0,566$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig_xgs} = 0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\text{eta} = 0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 12) $\text{sqp} = -2,29552$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $\text{kp_rsu} = 1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 13) $\text{sq} = -0,9511$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № Lt=123) $f_i * \text{kt_rsu} = 0,566$ (если $\text{kt_rsu} \leq -1$, то $\text{kt_rsu} = \text{kt_rsu}$, если $-1 < \text{kt_rsu} < 0$, то $\text{kt_rsu} = -1$, если $0 < \text{kt_rsu} < 1$, то $\text{kt_rsu} = 1$, если $\text{kt_rsu} > 1$, то $\text{kt_rsu} = \text{kt_rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $\text{kp} = 1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $\text{kt} = 1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M \text{э} \text{sx} = \text{kp} * \text{kp_rsu} * \text{sqp} + \text{kt} * f_i * \text{kt_rsu} * \text{sq} / f_i = -3,24662$ кН/м²

Объемный вес кладки $g = 20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x = 1,8$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B = 0,51$ м

Нагрузка от ветра $\text{kw} * w = 1,0672$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1 = 0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M \text{э} = 1 * B * \text{sx} * E_1 = -0,35599$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N \text{э}$ (N_p) = $-1 * (\text{kp_rsu} * \text{sqp} + \text{kt} * f_i * \text{kt_rsu} * \text{sq} / f_i) * B = 1,65578$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E \text{э} = M \text{э} / N \text{э} = -0,214998$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{g \text{э}}$ (N_{gp}) = $-1 * (\text{dp} * \text{kp_rsu} * \text{sqp} + \text{dt} * \text{kt} * f_i * \text{kt_rsu} * \text{sq} / f_i) * B = 1,34$ кН/м (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $N \text{э}$ (N_p) $= N_{g \text{э}} / N \text{э}$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\text{mg} = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\text{eta} = 0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N = -1 * (\text{Sig_xs} - \text{kp_rsu} * \text{sqp} - f_i * \text{kt_rsu} * \text{sq} + x * g) * B = 1108,96$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g = -1 * (\text{Sig_xgs} - \text{dp} * \text{kp_rsu} * \text{sqp} - \text{dt} * f_i * \text{kt_rsu} * \text{sq} + x * g) * B = -20,36$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : N_g / N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\text{mg} = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\text{eta} = 0$ по табл. 7.3)

PCY для элемента № 3748, соответствующие $\text{Sig_xs} = -2214,71$ приведены на рис. 2.9.6.

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
1000	Расчетные значения	-2292,95	-255,83	-286,62	0,639	-0,032	0,164	-1,307	-0,279	0	0	0 L121+L122+L123+0.7*L124+0.7*L125+0.9*L129
5090	Расчетные значения	-2285,64	-255,66	-286,56	0,776	-0,043	0,152	-1,409	-0,273	0	0	0 L121+L122+0.9*L123+0.7*L124+0.7*L125+L129
3075	Расчетные значения	-2279,52	-254,2	-284,01	0,936	-0,04	0,147	-1,468	-0,19	0	0	0 0.9*L69+L121+L122+L123+0.7*L124+0.7*L125
5120	Расчетные значения	-2179,64	-245,91	-270,67	-2,965	0,143	0,418	0,318	-0,885	0	0	0 -0.9*L9+L121+L122+L123+0.7*L124+0.7*L125
1000	Расчетные значения	-2170,02	-240,09	-267,03	-0,502	0,066	0,267	-0,352	-0,294	0	0	0 L121+L122+L123+0.7*L124+0.9*L125
11030	Расчетные значения	-2151,25	-238,03	-264,77	-0,502	0,065	0,264	-0,349	-0,292	0	0	0 L121+L122+L123
11030	Расчетные значения	-2116,33	-229,28	-258,07	2,245	-0,021	0,094	-1,089	0,369	0	0	0 0.9*L121+L122+0.9*L123
8002	Расчетные значения	-2061,04	-236,83	-257,12	1,264	-0,016	0,253	-1,679	-0,201	0	0	0 L61+L62+0.9*L63+0.7*L64+0.7*L65+L69
11075	Расчетные значения	-2031,18	-233,31	-257,63	0,094	0,074	0,291	-0,317	-0,168	0	0	0 +8+L121+L122
1000	Расчетные длительные	-2021,41	-226,31	-251	-0,432	0,064	0,257	-0,323	-0,266	0	0	0 L121+L122+0.35*L123+0.245*L124+0.45*L125
1000	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 L121+L122+0.35*L123+0.245*L124+0.35*L125+0*L129
3075	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 0*L69+L121+L122+0.35*L123+0.245*L124+0.35*L125
5120	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 0*L9+L121+L122+0.35*L123+0.245*L124+0.35*L125
11030	Расчетные длительные	-2013,04	-225,38	-249,98	-0,432	0,063	0,256	-0,321	-0,265	0	0	0 L121+L122+0.35*L123
5090	Расчетные длительные	-2012,63	-225,48	-250,03	-0,428	0,064	0,256	-0,321	-0,264	0	0	0 L121+L122+0.315*L123+0.245*L124+0.35*L125+0*L129

Рис. 2.9.6 – РСУ для элемента № 3748, соответствующие Sig_xs

Тестовая проверка и пояснения:

- в исходных данных для группы элементов № 44 параметры $k_p = 1, k_t = 1;$

- в исходных данных для группы этажа № 81 параметры $n=13$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1-0,4)/13^{0,5} = 0,566$ ($n=13$);
- комбинация РСУ $L121+L122+0,9*L123+0,7*L124+0,7*L125+L129$;
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 123 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -2285,64 - 0,9 * -212,63 + 0,566 * 1 * -212,63 = -2214,62$ кН/м² ($\text{Sig_xs} = -2214,71$ кН/м²);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \gamma x) = -0,51 * (-2214,64 - 1 * -2,3 - 0,566 * 1 * -0,95 + 20,8 * 1,8) = 1108,92$ кН/м ($N = 1108,96$ кН/м).
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 1 * -2,3 + 1 * 1 * -0,95 = -3,25$ кН/м²;
- $(s_{x1} = k_p * k_{p,rsu} * \text{sqp} + k_t * f_i * k_{t,rsu} * \text{sqt} / f_i = -3,24662$ кН/м²);
- $M_g = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 * -3,24662 * 0,215 = -0,35599$ кНм/м ($M_g = 1 * B * s_{x1} * E_1 = -0,35599$ кН*м);
- $N_g = -1 * h(k_{p,rsu}\sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu}\sigma_{qt}) = -0,51 * (1 * -2,3 + 1 * 1 * -0,95) = 1,66$ кН/м (N_g ($N_{п1} = 1,65578$ кН/м);
- $E_g = \left| \frac{M_g}{N_g} \right| = 0,356 / 1,656 = 0,215$ м (E_g ($E_{п1} = 0,214998$ м).

По максимальному коэффициенту аз (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 4968

Кэф. использования аз = 0,009

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены В=0,51 м

Нагрузка от ветра q=1,07 кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) Nэ (Nп)=0,36164 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену Eэ (Eп)=0,214993 м

Коэффициент длительной части для Nэ (Nп): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий N=560,99 кН/м

Коэффициент длительной части для N: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании:

- Тип сетки: Прямоугольные;
- Класс арматуры: A240;
- Диаметр: 6 мм;
- Шаг стержней в сетках: 60 мм;
- Расстояние между сетками: 486 мм.

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig_xs} = -1103,7$ кН/м² от РСУ $0,783*L1+0,804*L2+0,566*L3+0,7*L4-L129$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i = 0,566$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig_xgs} = 0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 12) $\text{sqp} = -0,58822$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p,rsu} = 0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 13) $\text{sqt} = -0,24852$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t = 3$) $f_i * k_{t,rsu} = 0,566$ (если $k_{t,rsu} < -1$, то $k_{t,rsu} = k_{t,rsu}$, если $-1 < k_{t,rsu} < 0$, то $k_{t,rsu} = -1$, если $0 < k_{t,rsu} < 1$, то $k_{t,rsu} = 1$, если $k_{t,rsu} > 1$, то $k_{t,rsu} = k_{t,rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p = 1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t = 1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета M_g $s_{x1} = k_p * k_{p,rsu} * \text{sqp} + k_t * f_i * k_{t,rsu} * \text{sqt} / f_i = -0,7091$ кН/м²

Объемный вес кладки $g = 20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x = 0,15$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м
 Коэффициент расчетной высоты: 0,9
 Толщина стены B=0,51 м
 Нагрузка от ветра kw*w=1,0672 кН/м2
 Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м
 Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену E1=0,215 м
 Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену Mэ=1*B*sx1*E1=-0,07775 кН*м
 Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) Nэ (Nп)=-
 $1 * (k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{q} + k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot \sqrt{q} / f_i) \cdot B = 0,36164$ кН/м
 Приведенный эксцентриситет Eэ=Mэ/Nэ=-0,214993 м
 Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок Ngэ (Ngп)=-
 $1 * (d_p \cdot k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{q} + d_t \cdot k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot \sqrt{q} / f_i) \cdot B = 0,28$ кН/м (d_p и d_t - доля длительности, заданная в РСУ)
 Коэффициент длительной части для Nэ (Nп)=Ngэ/Nэ= не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 m_g=1 (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент eta=0 по табл. 7.3)
 Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) N=-1*(Sig_xs-kp_rsu*sqrt-fi*kt_rsu*sqrt+x*g)*B=560,99 кН/м
 N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) Ng=-1*(Sig_xgs-dp*kp_rsu*sqrt-dt*fi*kt_rsu*sqrt+x*g)*B=-1,85 кН/м
 Коэффициент длительной части для N: Ng/N= не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 m_g=1 (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент eta=0 по табл. 7.3)

PCY для элемента № 4968, соответствующие Sig_xs=-1103,7 приведены на рис. 2.9.7.

Критерий	σ _x	σ _y	τ _{xy}	M _x	M _y	M _{xy}	Q _x	Q _y	R _x	R _y	Формула
0	-1103,45	-58,64	11,45	0,104	0,375	0,021	0,195	-0,003	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.9*L4
45	-1103,52	-58,3	11,38	0,104	0,373	0,022	0,194	0,007	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.9*L4
2015	-1103,83	-64,25	12,1	0,117	0,435	-0,004	0,233	-0,318	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.9*L4
12075	-1212,71	-70,75	13,63	0,111	0,485	0,049	0,437	-1,532	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L5
12060	-1212,76	-70,49	13,58	0,111	0,484	0,051	0,437	-1,524	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L5+0.9*L5
12000	-1213,83	-71,35	13,75	0,101	0,445	0,043	0,407	-1,444	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L5+0.9*L5
12150	-1215,77	-71,55	13,94	0,078	0,349	0,035	0,336	-1,189	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L5+0.7*L5
45	-1222,38	-66,85	13,89	-0,014	-0,032	0,032	0,062	-0,045	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2
2015	-1222,72	-73,51	14,7	0,001	0,036	0,002	0,104	-0,407	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4
12150	-1222,99	-73,14	14,63	-6,99e-005	0,031	0,005	0,101	-0,38	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.9*L4
12075	-1223,15	-73,72	14,69	-0,001	0,037	0,002	0,106	-0,414	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.9*L4
11015	-1231,47	-67,49	13,98	-0,014	-0,033	0,032	0,062	-0,043	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4
11045	-1232,61	-69,46	14,94	-0,124	-0,486	-0,014	-0,273	1,1	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+0.9*L4
75	-1232,69	-69,13	14,88	-0,125	-0,488	-0,012	-0,274	1,11	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4
8005	-1233,32	-75,3	15,59	-0,111	-0,425	-0,039	-0,234	0,779	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5+0.9*L5
11015	-1240,87	-69,7	14,96	-0,125	-0,488	-0,012	-0,274	1,112	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L4+0.9*L4

Рис. 2.9.7 – РСУ для элемента № 4968, соответствующие Sig_xs

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация РСУ 0,783*L1+0,804*L2+0,9*L3+0,7*L4-L129;
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -1103,83 - 0,9 * -0,41 + 0,566 * 1 * -0,41 = -1103,69$ кН/м² (Sig_xs=-1103,7 кН/м²);
- $N = -1 * h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \gamma x) = -0,51 * (-1103,69 - 1 * -0,59 - 0,566 * 1 * -0,25 + 20,8 * 0,15) = 560,92$ кН/м (N=560,99 кН/м);
- поскольку стена толщиной 510>300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,7826 * 1 * -0,59 + 1 * 1 * -0,25 = -0,7117$ кН/м²;
- $(s_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sqrt{q} + k_t k_{t,rsu} \sqrt{q} / f_i = -0,7091$ кН/м²);
- $M_3 = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 * -0,7091 * 0,215 = -0,07775$ кН*м (Mэ=1*B*sx1*E1=-0,07775 кН*м);
- $N_3 = -1 * h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51 * (0,7826 * -0,59 + 1 * 1 * -0,25) = 0,36298$ кН/м (Nэ (Nп)=0,36164 кН/м);
- $E_3 = \frac{M_3}{N_3} = 0,0778 / 0,3616 = 0,215$ м (Eэ (Eп)=0,214993 м).

Исходные данные и результаты расчета в программе КАМИН приведены на рис. 2.9.6 - 2.9.9.

Согласно п. 7.7 и 7.32 [1] длительная часть нагрузки учитывается при расчете коэффициент m_g для стен толщиной менее 30 см, а для стен толщиной более 300 мм $m_g=1$, соответственно коэффициент длительности в программу КАМИН следует вводить только для кладки толщиной менее 300 мм.

Symbol	Description	Value	Unit
R	Расчетное сопротивление кладки сжатию	2200	кН/м ²
R _н	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по неразрезанному сечению (по швам)	80	кН/м ²
R _т	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по перевязанному сечению (по материалу)	160	кН/м ²
R _{нв}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению (по материалу)	250	кН/м ²
R _н	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по неразрезанному сечению (по швам)	120	кН/м ²
R _{нв}	Расчетное сопротивление кладки срезу по неразрезанному сечению (по материалу)	160	кН/м ²
R _н	Расчетное сопротивление кладки срезу по перевязанному сечению (по материалу)	240	кН/м ²
R _{нв}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по материалу)	250	кН/м ²
R _н	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по швам)	120	кН/м ²
E	Модуль упругости кладки (начальный модуль деформации) для неразрезанной кладки	528000	кН/м ²
α	Упругая характеристика кладки	1200	

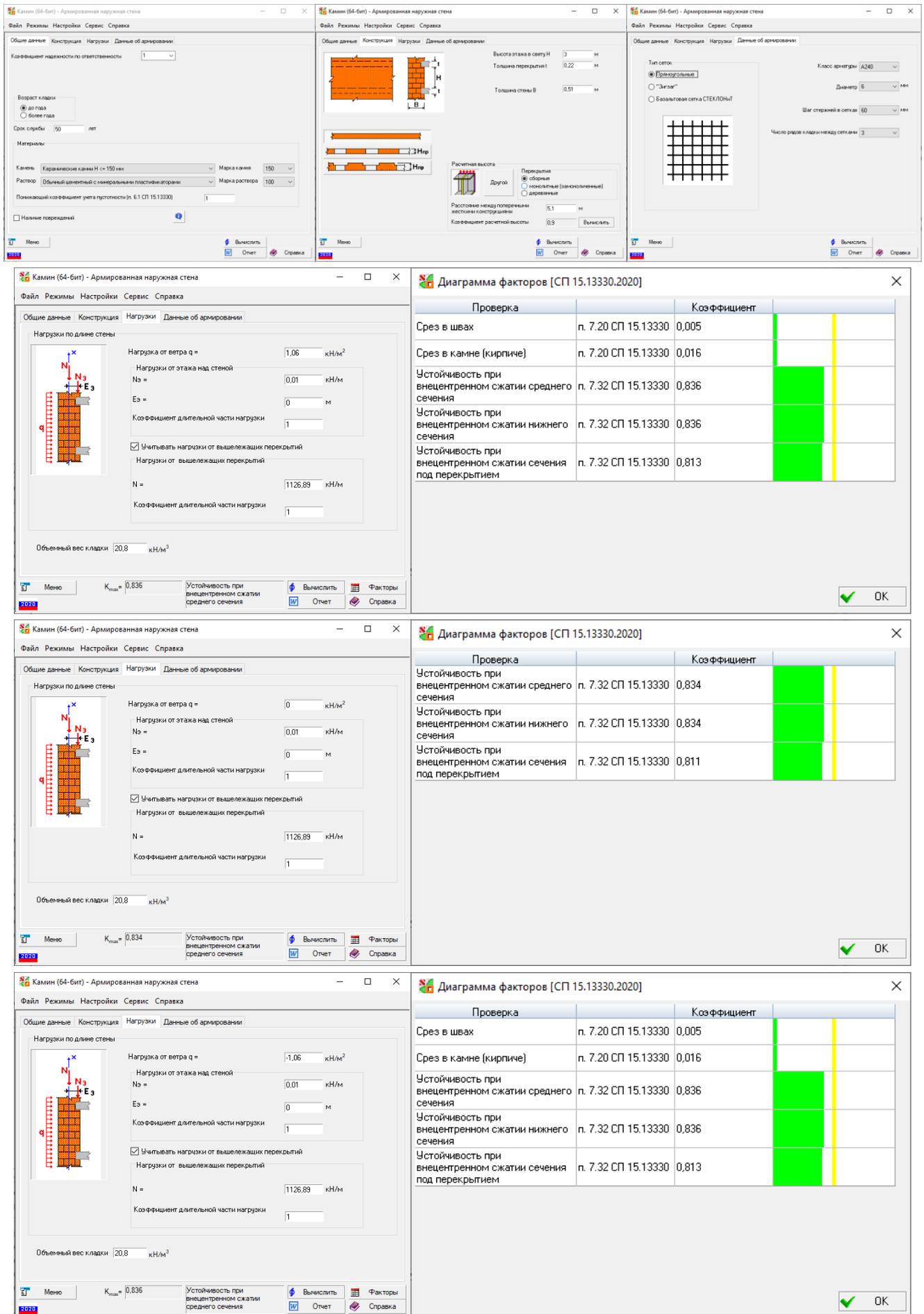


Рис. 2.9.7 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе KAMIN с учетом армирования при ручном определении исходных данных по результатам расчета в SCAD++

Камин (64-бит) - Наружная стена

Общие данные

Коэффициент надежности по ответственности: 1

Возраст кладки: для пола выше пола

Срок службы: 50 лет

Материалы

Камни: Каркасовые камни H < 150 мм, Марка камня: 150

Раствор: Обычный цементный с минеральными пластификаторами, Марка раствора: 100

Понижающий коэффициент (вeta пустотности) (п. 6.1 СП 15.13330): 1

Наличие повреждений

Расчетные характеристики кладки

Учитывать возраст кладки

Учитывать понижающий коэффициент

Коэффициент по камню: 1 Коэффициент по раствору: 1

R	Расчетное сопротивление кладки сжатию	2200	кН/м ²
R _н	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по неразрезанному сечению (по швам)	80	кН/м ²
R _п	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по неразрезанному сечению (по материалу)	160	кН/м ²
R _{нз}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по неразрезанному сечению (по материалу)	250	кН/м ²
R _{нзп}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по неразрезанному сечению (по швам)	120	кН/м ²
R _{нзп}	Расчетное сопротивление кладки срезу по неразрезанному сечению (по материалу)	160	кН/м ²
R _{нзп}	Расчетное сопротивление кладки срезу по неразрезанному сечению (по швам)	240	кН/м ²
R _{нзп}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по материалу)	250	кН/м ²
R _{нзп}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по швам)	120	кН/м ²
E	Модуль упругости кладки (навалный модуль деформации) для неразрезанной кладки	5280000	кН/м ²
alpha	Угловая характеристика кладки	1200	

Камин (64-бит) - Наружная стена

Общие данные

Высота этажа в свету H: 3 м

Толщина перекрытия t: 0,22 м

Толщина стены B: 0,51 м

Расчетная высота

Перекрытие: сборное монолитное (законсервированное) деревянное

Расстояние между поперечными жесткими конструкциями: 5,1 м

Коэффициент расчетной высоты:

Камин (64-бит) - Наружная стена

Общие данные

Нагрузки по длине стены

Нагрузка от ветра q = 1,06 кН/м²

Нагрузки от этажа над стеной

N_э = 1,67 кН/м

E_э = 0,215 м

Коэффициент длительной части нагрузки: 1

Учитывать нагрузки от вышележащих перекрытий

Нагрузки от вышележащих перекрытий

N = 1108,96 кН/м

Коэффициент длительной части нагрузки: 1

Объемный вес кладки: 20,8 кН/м³

К_{нзп} = 1,046

Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,006
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,018
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	1,045
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	1,015
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	1,046

Камин (64-бит) - Наружная стена

Общие данные

Нагрузки по длине стены

Нагрузка от ветра q = 0 кН/м²

Нагрузки от этажа над стеной

N_э = 1,67 кН/м

E_э = 0,215 м

Коэффициент длительной части нагрузки: 1

Учитывать нагрузки от вышележащих перекрытий

Нагрузки от вышележащих перекрытий

N = 1108,96 кН/м

Коэффициент длительной части нагрузки: 1

Объемный вес кладки: 20,8 кН/м³

К_{нзп} = 1,045

Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,001
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,002
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	1,044
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	1,015
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	1,045

Камин (64-бит) - Наружная стена

Общие данные

Нагрузки по длине стены

Нагрузка от ветра q = 1,06 кН/м²

Нагрузки от этажа над стеной

N_э = 1,67 кН/м

E_э = 0,215 м

Коэффициент длительной части нагрузки: 1

Учитывать нагрузки от вышележащих перекрытий

Нагрузки от вышележащих перекрытий

N = 1108,96 кН/м

Коэффициент длительной части нагрузки: 1

Объемный вес кладки: 20,8 кН/м³

К_{нзп} = 1,045

Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,005
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,014
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	1,045
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	1,017
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	1,045

Рис. 2.9.8 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН без армирования при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а1, при k_p=k=1

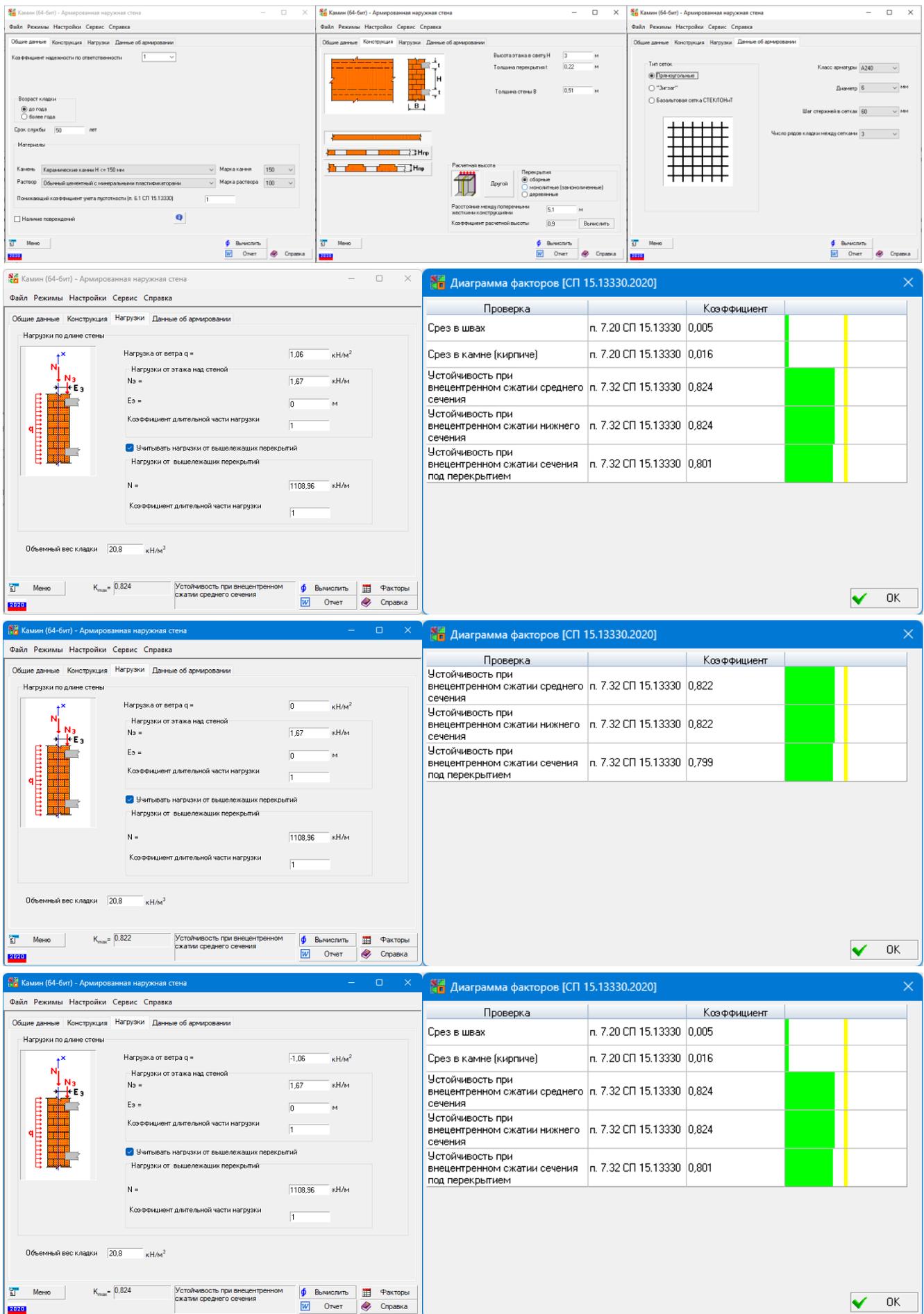


Рис. 2.9.9 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН с учетом армирования при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а1 при $k_p = k_t = 1$

Из рис. 2.9.6 – 2.9.9 следует, что ветровое давление для несущего простенка нижнего этажа не оказывает существенного влияния.

Результаты расчета через плагин BrickWalls для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 11, отметки от 0.000 до +3.000) приведены в таблице 2.9.1, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элемента № 3748, а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин BrickWalls.

В таблицах 2.9.1 использованы следующие обозначения:

- a1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- a2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- a3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- a4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a3 > 1$);
- a5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- a6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e0/(k*y); e1/(y-0.02))$.

Таблица 2.9.1 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls через режим **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**)

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	N эл.	a1	N эл.	a2	N эл.	a3	N эл.	a4	N эл.	a5	N эл.	a6
1 эт 0-3												
44	2831	0,6	2831	0,47	2831	0,01	2831	-	2831	0,01	2831	0,91
44	2859	0,61	2859	0,48	2859	0,01	2859	-	2859	0,01	2859	0,91
44	3008	0,69	3008	0,54	3008	0,01	3008	-	3008	0,01	3008	0,91
44	3321	0,78	3321	0,62	3321	0	3321	-	3321	0	3321	0,91
44	3413	0,72	3413	0,56	3413	0	3413	-	3413	0	3413	0,91
44	3465	0,73	3465	0,58	3465	0	3465	-	3465	0	3465	0,91
44	3748	1,03	3748	0,81	3748	0	3748	-	3748	0,01	3748	0,91
44	3796	1	3796	0,79	3796	0	3796	-	3796	0,01	3796	0,91
44	3803	0,9	3803	0,71	3803	0	3803	-	3803	0,01	3803	0,91
44	4079	0,97	4079	0,76	4079	0	4079	-	4079	0,01	4079	0,91
44	4280	0,94	4280	0,74	4280	0	4280	-	4280	0,01	4280	0,91
44	4358	0,96	4358	0,75	4358	0	4358	-	4358	0	4358	0,91
44	4567	0,96	4567	0,76	4567	0	4567	-	4567	0,01	4567	0,91
44	4636	0,97	4636	0,76	4636	0	4636	-	4636	0	4636	0,91
44	4788	0,92	4788	0,73	4788	0	4788	-	4788	0	4788	0,91
44	4814	0,99	4814	0,78	4814	0,01	4814	-	4814	0,02	4814	0,91
44	4815	0,89	4815	0,7	4815	0,01	4815	-	4815	0,02	4815	0,91
44	4968	0,96	4968	0,76	4968	0,01	4968	-	4968	0,02	4968	0,91

Выводы:

- результаты расчета в плагине BrickWalls неармированной кладки отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** (рис. 2.9.6) в $1,03/1,06=0,97$ раза;
- результаты расчета в плагине BrickWalls армированной кладки отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** (рис. 2.9.7) в $0,81/0,84=0,96$ раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** неармированной кладки при приближенном учете веса стен при определении N (без учета веса перемычек рис. 2.9.8) отличаются от более точного расчета (рис. 2.9.6) в $1,046/1,06=0,99$ раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** армированной кладки при приближенном учете веса стен при определении N (без учета веса перемычек рис. 2.9.9) отличаются от более точного расчета (рис. 2.9.7) в $0,824/0,836=0,99$ раза;

- в программе **КАМИН** стена рассматривается как пролет неразрезной балки, что соответствует схеме а) рис. Б.1. СП 15.13330.2020, а плагине BrickWalls при расчете на вертикальную нагрузку используется расчетная схема б) рис. Б.1. СП 15.13330.2020, а при расчетах на ветровую нагрузку согласно п. Б.1 СП 15.13330.2020 (в пределах каждого этажа как для балки с заделанными концами, за исключением верхнего этажа, в котором верхняя опора принимается шарнирной), но результаты расчета между разными схемами отличаются несущественно, соответственно нет смысла применять схему неразрезной балки.

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 3748 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 1 эт 0-3

Имя группы: 1 эт 0-3 f=1 h=3 l0=2,7 Lp=1 qp=12 Lt=3 qt=13 b=0,12 w=0,46 L=3 n=13 u=0 (BWL)

Нижний уровень: 0 м; Верхний уровень: 3 м;

Параметры группы этажа:

-Номер этажа(f)=1;
-Высота этажа(h)=3 м | Расчетная высота(l0)=2,7 м;
-qp=12 (Пост. пп +3 qp=1 эт 0-3);
-qt=13 (кр. пп +3 qt=1 эт 0-3);
-b=0,12 м;
-w=0,46 кН/м2;
-L=3 (Врем-типовые (L));
-n=13;
-u=0 (не является последним этажом);

****Номер элемента 3748****

Номер группы: 44

Имя группы: 44 a1=9 a2=0 kw=2,32 kp=1 kt=1 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 0,9 м
-Середина: 1,2 м
-Верх: 1,5 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,51 м
-a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-kw=2,32 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: НС 1-4 эт

-Прочностные характеристики: R_x=2,2 МПа | R_y=1,76 МПа | R_{tx}=0,08 МПа | R_{ty}=0,16 МПа | R_{sqx}=0,8 МПа | R_{sqy}=0,16 МПа | R_{tw}=0,12 МПа | k=2 | a=1200 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены:

-Имя: Арм нс 6x60x60 ч 3 р (486 мм)
-Параметры: d=6 мм | R_s=210 МПа | R_{sn}=240 МПа | y_{cs}=0,75 | c=60 мм | s=486 мм | R_{sn}=240

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
-Параметры: dh=0

----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 1,033

Критическое напряжение:

-Sig_{xs}: -2214,706 кН/м2 | Комбинация: L121+L122+0,566*L123+0,7*L124+0,7*L125+L129

-Sig_x: -2214,706 кН/м2 | Формула: Sig_{xs}+Sig_{qt}*kt_{rsu}*(kt-1)

-Sig_{xgs}: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
 -Sig_x1: -3,247 кН/м² | Комбинация: L12+L13
 -Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_x2: -2214,706 кН/м² | Комбинация: Sig_x
 -Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.9.10) для группы № 81 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина BrickWalls:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p=1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие, от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_p=12$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t=3$;
- номер временного нагружения на перекрытие, от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_t=13$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по нагружению 12 ($q_p=12$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 1 ($L_p=1$), напряжение от временных нагрузок принято по нагружению 13 ($q_t=13$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 3 ($L_t=3$).

Параметры этажей

№ группы	Имя этажа	Номер этажа	h	l0	Lp	qp	Lt	qt	b	w	L	n
80	-1 эт -2,2-0	-1	2,2	1,98	1	10	3	11	0,12	0	3	14
81	1 эт 0-3	1	3	2,7	1	12	3	13	0,12	0,46	3	13
82	2 эт 3-6	2	3	2,7	1	14	3	15	0,12	0,46	3	12
83	3 эт 6-9	3	3	2,7	1	16	3	17	0,12	0,46	3	11
84	4 эт 9-12	4	3	2,7	1	18	3	19	0,12	0,46	3	10
85	5 эт 12-15	5	3	2,7	1	20	3	21	0,12	0,46	3	9
86	6 эт 15-18	6	3	2,7	1	22	3	23	0,12	0,54	3	8
87	7 эт 18-21	7	3	2,7	1	24	3	25	0,12	0,54	3	7
88	8 эт 21-24	8	3	2,7	1	26	3	27	0,12	0,54	3	6
89	9 эт 24-27	9	3	2,7	1	28	3	29	0,12	0,54	3	5
90	10 эт 27-30	10	3	2,7	1	30	3	31	0,12	0,54	3	4
91	11 эт 30-33	11	3	2,7	1	32	3	33	0,12	0,54	3	3
92	12 эт 33-36	12	3	2,7	1	34	3	35	0,12	0,54	3	2
93	13 эт 36-39	13	3	2,7	1	36	3	37	0,12	0,54	3	1
94	14 эт 39-42	14	3	2,7	1	38	4	39	0,12	0,54	3	1
95	15 эт чердак под надстройкой	15	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1
96	15 эт чердак	16	2,4	2,16	1	40	5	41	0,12	0,54	3	1
97	Надстройка над кровлей	17	1,6	1,44	1	42	5	43	0,12	0,54	3	1

Выбор параметров: 1 эт 0-3
 Номер этажа: 1
 h, м: 3
 l0, м: 2,7
 Lp: 1. Пост-перекр
 qp: 12. Пост. пп +3, 1 эт q
 Lt: 3. Врем-типичные (L)
 qt: 13. кр. пп +3, 1 эт qt=

b, м: 0,12
 w, кН/м²: 0,46
 L: 3. Врем-типичные (L)
 n: 13

Признак верхнего этажа
 Применить

Рис. 2.9.10 – Исходные данные по этажам для плагина BrickWalls

PCY для элемента № 3748, соответствующие Sig_xs=-2214,706 приведены на рис. 2.9.6.

[Элемент № 3748] Расчетные сочетания в элементе

Тип комбинации: Все

Сортировать по: min, max

Критерий: Коэффициент надежности по ответственности

Критерий	Тип комбинации	σ_x	σ_y	τ_{xy}	M_x	M_y	M_{xy}	Q_x	Q_y	R_x	R_y	Формула
		кН/м ²	кН/м ²	кН/м ²	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м ²	
1000	Расчетные значения	-2292,95	-255,83	-286,62	0,639	-0,032	0,164	-1,307	-0,279	0	0	0 L121+L122+L123+0,7* L124+0,7* L125+0,9* L129
5090	Расчетные значения	-2285,64	-255,66	-286,56	0,776	-0,043	0,152	-1,409	-0,273	0	0	0 L121+L122+0,9* L123+0,7* L124+0,7* L125+L129
3075	Расчетные значения	-2279,52	-254,2	-284,01	0,936	-0,04	0,147	-1,468	-0,19	0	0	0 0,9* L69+L121+L122+L123+0,7* L124+0,7* L125
5120	Расчетные значения	-2179,64	-245,91	-270,67	-2,965	0,143	0,418	0,318	-0,885	0	0	0 -0,9* L9+L121+L122+L123+0,7* L124+0,7* L125
1000	Расчетные значения	-2170,02	-240,09	-267,03	-0,502	0,066	0,267	-0,352	-0,294	0	0	0 L121+L122+L123+0,7* L124+0,9* L125
11030	Расчетные значения	-2151,25	-238,03	-264,77	-0,502	0,065	0,264	-0,349	-0,292	0	0	0 L121+L122+L123
11030	Расчетные значения	-2116,33	-229,28	-259,07	2,245	-0,021	0,094	-1,089	0,369	0	0	0 L9+L121+L122+0,9* L123
8002	Расчетные значения	-2061,04	-236,83	-257,12	1,264	-0,016	0,253	-1,679	-0,201	0	0	0 L61+L62+0,9* L63+0,7* L64+0,7* L65+L69
11075	Расчетные значения	-2031,18	-233,31	-257,63	0,094	0,074	0,291	-0,317	-0,168	0	0	0 L8+L121+L122
1000	Расчетные длительные	-2021,41	-226,31	-251	-0,432	0,064	0,257	-0,323	-0,266	0	0	0 L121+L122+0,35* L123+0,245* L124+0,45* L125
1000	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 L121+L122+0,35* L123+0,245* L124+0,35* L125+0* L129
3075	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 0,9* L69+L121+L122+0,35* L123+0,245* L124+0,35* L125
5120	Расчетные длительные	-2020,08	-226,16	-250,83	-0,432	0,064	0,257	-0,322	-0,266	0	0	0 0,9* L9+L121+L122+0,35* L123+0,245* L124+0,35* L125
11030	Расчетные длительные	-2013,04	-225,38	-249,58	-0,432	0,063	0,256	-0,321	-0,265	0	0	0 L121+L122+0,35* L123
5090	Расчетные длительные	-2012,63	-225,48	-250,03	-0,428	0,064	0,256	-0,321	-0,264	0	0	0 L121+L122+0,315* L123+0,245* L124+0,35* L125+0* L129

Рис. 2.9.11 – PCY для элемента № 3748, соответствующие Sig_xs

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета:

- комбинация РСУ L121+L122+0,9*L123+0,7*L124+0,7*L125+L129 (рис. 2.9.11);
- в исходных данных для группы элементов № 44 параметры $k_p=1$, $k_t=1$;
- в исходных данных для группы этажа № 81 параметры $n=13$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4+(1-0,4)/13^{0,5}=0,566$ ($n=13$);
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 123 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -2285,64 - 0,9 \cdot -212,63 + 0,566 \cdot 1 \cdot -212,63 = -2214,62$ кН/м² (Sig_xs = -2214,706 кН/м²);
- поскольку стена толщиной 510 > 300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -2214,706 + 1 \cdot -0,95 \cdot (1-1) = -2214,706$ кН/м² (Sig_x: -2214,706 кН/м²);
- от комбинации L12+L13
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 \cdot 1 \cdot -2,3 + 1 \cdot 1 \cdot -0,95 = -3,25$ кН/м² (Sig_x1: -3,247 кН/м²).

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -0,1424 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: 0,35218 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,000186 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5 \cdot 0,51 - 0,12/3; 0,5 \cdot 0,51 - 0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,51$ м – толщина стены), ($E1: 0,215$ м).

Для проверки усилий от вертикальной нагрузки и от ветра на рис. 2.9.12 приведены эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине BrickWalls

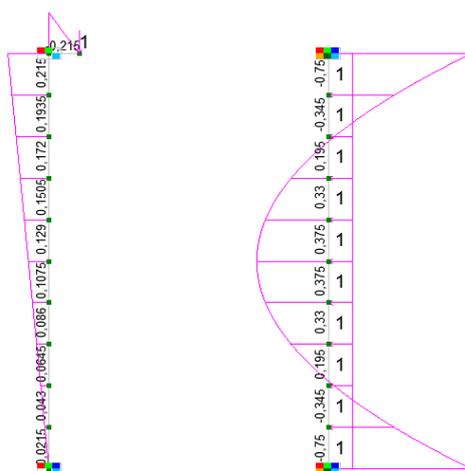


Рис. 2.9.12 – Эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине BrickWalls (размер конечного элемента 0,3 м)

$M1 = \text{Sig}_x \cdot 1 \text{ м} \cdot h \cdot E1(1-x/H) = -3,247 \cdot 0,51 \cdot 0,215 \cdot (1-(3-1,2)/3) = -0,1424$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа). По эпюре моментов на рис. 2.9.10 $M1 = -3,247 \cdot 0,51 \cdot 0,086 = -0,1424$ ($M1: -0,1424$ кН * м).

По эпюре моментов, приведенной на рис. 2.9.10

$M3 = kw \cdot w \cdot 0,33 = 0,46 \cdot 2,32 \cdot 0,33 = 0,35218$ кНм ($M3: 0,35218$ кН * м). В плагине BrickWalls правило знаков для моментов от ветра при положительном значении w или kw принято по рис. 2.9.12, т.е. таким, чтобы момент от ветра под перекрытием суммировался с моментом от перекрытия.

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + e_v = \text{ABS}(-0,1424+0+0,35218) / (2214,706 * 0,51) + 0 = 0,000186 \text{ м}$$

(E_0 : 0,000186 м);

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,000186 / (0,7 * 0,51/2) = 0,0010$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0) / (k * \gamma); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,000186 / (0,9 * 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,001; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)
-Fi₁: 0,975 (ф. 7.6)
-Omega: 1,000364 (таб. 7.2)
-A_c: 0,51 м² (ф. 7.5)
-Mu: 0,194 % (п. 7.31)
-Fi_{1 Arm}: 0,968 (ф. 7.6)
-R: 2,2 МПа

M_G=1 поскольку толщина стены $h=51 \text{ см} > 30 \text{ см}$ (последний абзац п. 7.7 [1]), (M_G: 1).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,7/0,51 = 5,294$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi=0,979$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,51 - 2 * 0,000186 = 0,510 \text{ м}$.

$\lambda_{hc} = H/h_c = 3/0,51 = 5,88$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c = 0,970$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,979 + 0,970) / 2 = 0,975$ (Fi₁: 0,975).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51 * 1 * (1 - 2 * 0,000186 / 0,51) = 0,510 \text{ м}^2$ (A_c: 0,51 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,000186 / 0,51 = 1,000365 < 1,45$ (Omega: 1,000364).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 2214,706 * 0,51 / (1 * 0,975 * 2200 * 0,51 * 1,000364) = 1,032$

(КИ: 1,032).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020; (a₂)-----

Доп информация: п.7.32, ф. (7.26)

КИ: 0,815

Критическое напряжение:

-Sig_{xs}: -2214,706 кН/м² | Комбинация: L121+L122+0,566*L123+0,7*L124+0,7*L125+L129

-Sig_x: -2214,706 кН/м² | Формула: Sig_{xs}+Sig_{qt}*kt_r*rsu*(kt-1)

-Sig_{xgs}: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_{xg}: 0 кН/м² | Формула: Sig_{xgs}+Sig_{qt}*kt_r*rsu*d*(kt-1)

-Sig_{x1}: -3,247 кН/м² | Комбинация: L12+L13

-Sig_{x1g}: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_{x2}: -2214,706 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_{x2g}: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_{xg}

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,1424 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0,35218 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E₀: 0,000186 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_{0g}: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)
-Fi₁: 0,975 (ф. 7.6)

-Omega: 1,000364 (таб. 7.2)
 -A_c: 0,51 м² (ф. 7.5)
 -Mu: 0,194 % (п. 7.31)
 -Mu_ult: 0,699 % (п. 7.31)
 -Fi_1_Arm: 0,968 (ф. 7.6)
 -R: 2,2 МПа
 -Rskb: 2,81 МПа (ф. 7.27)

$E_0=0,000186 \text{ м} < 0,17*0,51=0,09 \text{ м}$ и условие применимости формулы (7.25) [1] выполнено.

Процент армирования по объему согласно п. 7.31 [1]

$$\mu = 2 \frac{A_{st}}{C_S} 100 = 2 * 3,1416 * 6^2 * 100 / (4 * 60 * 486) = 0,1939 \% < \frac{50R}{(1 - \frac{2e_0}{y})R_s} =$$

$$= 50 * 2200 / ((1 - 2 * 0,000186 / (0,51/2)) * 210000 * 0,75) = 0,6994 \% > 0,1\% \text{ (Mu: } 0,194 \% \text{, Mu_ult: } 0,699 \% \text{)}$$

По формуле (7.27) [1] $R_{skb} = R + \frac{\mu R_s}{100} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right) =$
 $= 2200 + 2 * 0,194 * 210000 * 0,75 * (1 - 2 * 0,000186 / (0,51/2)) / 100 = 2810,21 \text{ кН/м}^2 < 2R = 2 * 2200 = 4400 \text{ кН/м}^2$
 (Rskb: 2,81 МПа).

По формуле (6.1) [1] $R_u = kR = 2 * 2200 = 4400 \text{ кН/м}^2$.

По формуле (6.6) [1] $R_{sku} = kR + \frac{2R_{sn}\mu}{100} = 2 * 2200 + 2 * 240000 * 0,1939 / 100 = 5330,72 \text{ кН/м}^2$.

По формуле (6.4) [1] $\alpha_{sk} = \alpha \frac{R_u}{R_{sku}} = 1200 * 4400 / 5330,72 = 990,49$.

По таблице (7.1) при определенных выше $\alpha_{sk}=990,49$, $\lambda_h=5,294$ и $\lambda_{hc}=5,88$:

- $\varphi=0,974$;
- $\varphi_c=0,962$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,974 + 0,962) / 2 = 0,968$ (Fi_1_Arm: 0,968).

По формуле (7.25) $a_2 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R_{skb} A_c \omega} = 2214,706 * 0,51 / (1 * 0,968 * 2810,21 * 0,51 * 1,000364) = 0,814$

(КИ: 0,815)

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (a3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7 (h/2)$

КИ: 0,003

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1160,214 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2+0,9*L4-L129

-Sig_x: -1160,214 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_xl: -1,796 кН/м² | Комбинация: 0,783*L12+0*L13

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1160,214 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,07879 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0,35218 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,000462 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

PCY для элемента № 3748, соответствующее Sig_xs=-1160,214 кН/м2 приведено на рис. 2.9.13.

Критерий	σ_x кН/м²	σ_y кН/м²	τ_{xy} кН/м²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м²	R_y кН/м²	Формула
4120	-1158,392	-124,494	-131,923	-0,186	0,027	0,11	-0,191	-0,105	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.2423*3+0.2041*4+0.25*5+0*9
12105	-1158,392	-124,494	-131,923	-0,186	0,027	0,11	-0,191	-0,105	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.2423*3+0.2041*4+0.25*5+0*9
12030	-1158,415	-124,459	-131,908	-0,188	0,026	0,11	-0,192	-0,106	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.2423*3+0.2041*4+0.3571*5
12045	-1159,008	-124,915	-132,176	-0,16	0,027	0,112	-0,189	-0,1	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.1884*3+0.2041*4+0.3214*5+0*9
12030	-1159,015	-124,903	-132,171	-0,16	0,027	0,112	-0,189	-0,1	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.1884*3+0.2041*4+0.3571*5+0*9
4000	-1160,214	-123,25	-126,595	-1,352	0,14	0,244	0,857	-0,106	0	0	0.7826*1+0.8035*2+0,9*4+1.129
4000	-1160,523	-126,36	-132,999	-0,069	0,029	0,117	-0,181	-0,079	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.8333*4
4000	-1160,971	-126,548	-133,121	-0,061	0,029	0,118	-0,179	-0,078	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.2916*4
4000	-1160,995	-126,558	-133,128	-0,06	0,029	0,118	-0,179	-0,078	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.2625*4+0*9.129
6060	-1161,212	-126,649	-133,187	-0,056	0,03	0,119	-0,178	-0,078	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0*9
8001	-1161,212	-126,649	-133,187	-0,056	0,03	0,119	-0,178	-0,078	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0*9.69
6060	-1161,212	-126,649	-133,187	-0,056	0,03	0,119	-0,178	-0,078	0	0	0.6805*1+0.7174*2
6060	-1161,212	-126,649	-133,187	-0,056	0,03	0,119	-0,178	-0,078	0	0	0.6805*1+0.7174*2
11150	-1161,28	-126,542	-133,142	-0,06	0,03	0,119	-0,179	-0,079	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.3214*5+0*9
12000	-1162,759	-125,594	-132,832	-2,372	0,082	0,215	0,317	-0,623	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.6923*3+0.5833*4+0.7142*9
12105	-1162,865	-125,427	-132,762	-2,379	0,082	0,215	0,316	-0,625	0	0	0.6805*1+0.7174*2+0.6923*3+0.5833*4+0.5*5+0.7142*9

Рис. 2.9.13 – PCY для элемента № 3748

Напряжения с учетом коэффициента φ , учитывающего нагрузки от двух и более этажей:

- коэффициент сочетания в PCY для загрузки № 3 (63, 123) $k_{ts,rsu}=0$, соответственно $k_{t,rsu} = 0$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_x = \sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{t,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -1160,214$ кН/м² (Sig_x: -1160,214 кН/м²);
- от комбинации 0,783*L12+0*L13
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,783*-2,3+1*0*-0,95 = -1,801$ кН/м²
 (Sig_x1: -1,796 кН/м²).

$M1 = \text{Sig}_x1 * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -1,796 * 0,51 * 0,215 * (1-(3-1,2)/3) = -0,07877$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа). (M1: -0,07879 кН * м)

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + e_v = \text{ABS}(-0,07879+0,35218) / (1160,214 * 0,51) + 0 = 0,000462$$

(E_0: 0,000462 м);

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7y) = 0,000462 / (0,7 * 0,51/2) = 0,003$
 (КИ: 0,003)

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a_3 -----

-----Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020; (a_5)-----

Доп информация: п.7.32 $e_0 \leq 0,17h$

КИ: 0,005

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1160,214 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2+0,9*L4-L129

-Sig_x: -1160,214 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -1,796 кН/м² | Комбинация: 0,783*L12+0*L13

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3

-Sig_x2: -1160,214 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,07879 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0,35218 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
-E_0: 0,000462 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)
-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Коэффициент использования согласно п. 7.32 [1] $a_5 = E_0 / (0,17h) = 0,000462 / (0,17 * 0,51) = 0,005$

(КИ: 0,005)

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0 / (k * y); e_1 / (y - 0,02))$ (a6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,915

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1472,044 кН/м² | Комбинация: L1+L2+0,566*L3+0,7*L4+0,7*L5-L129

-Sig_x: -1472,044 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -3,247 кН/м² | Комбинация: L12+L13

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1472,044 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,1424 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0,35218 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,000279 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-ky: 0,9y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

-e0/(k*y): 0,001218 (п. 7.10)

-e1/(y-0.02): 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max(E_0 / (k * y); E_1 / (y - 0,02)) = \max(0,000279 / (0,9 * 0,51 / 2); 0,215 / (0,51 / 2 - 0,02)) = \max(0,001; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания k=0,9), (КИ: 0,915).

2.10 Расчет ненесущего простенка внешней стены (группа № 44) толщиной 510 мм на среднем (8-м) этаже

среднем (8-м) этаже

Расчет выполнен для группы элементов № 44 (рис. 2.9.1), которая соответствует простенку № 24 примера из пособия [8] (рис. 3.1) с использованием следующих прилагаемых файлов SCAD++:

- Вариация.VPR;
- Модель_1_kred=0.8.SPR;
- Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR;
- Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR.

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.9.2.

На рис. 2.10.1 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCY в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

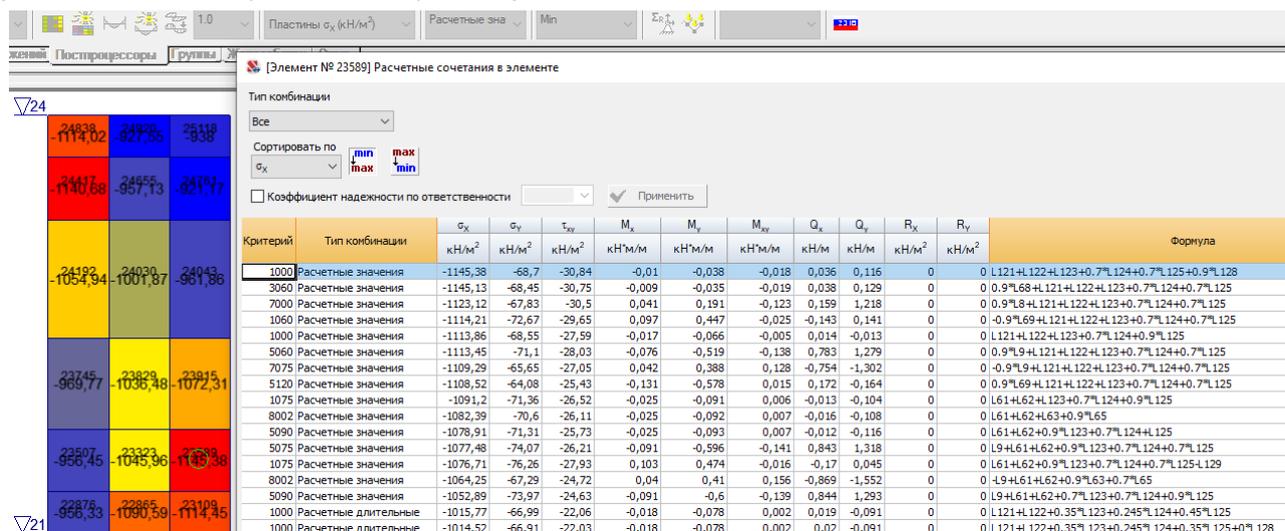


Рис. 2.10.1 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x)

Из рис. 2.9.3 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения в ненесущем простенке приняты полностью по модели 3 (для рассмотренного элемента ветер по X в модели 3 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль Y).

По результатам расчета в примере приложения 8 пособия [8] (см. табл. 3.1.3 настоящего документа) максимальное напряжение в рассматриваемом простенке (№ 24 на восьмом этаже) составило 770 кН/м². Среднее напряжение по результатам расчета $(956,45+1045,96+1145,38)/3=1049$, что больше в $1049/770=1,36$ по сравнению результатами из примера в пособии [8]. Существенную разницу можно объяснить тем, что в пособии [8] не учтена догрузка простенка за счет включения перемычек в силовую работу, что подтверждается результатами расчета по модели 1 (прилагаемый файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**), приведенными на рис. 2.10.2, согласно которым среднее напряжение по результатам расчета $(831+826+854)/3=837$, что больше уже всего в $837/770=1,09$ по сравнению результатами из примера в пособии [8].

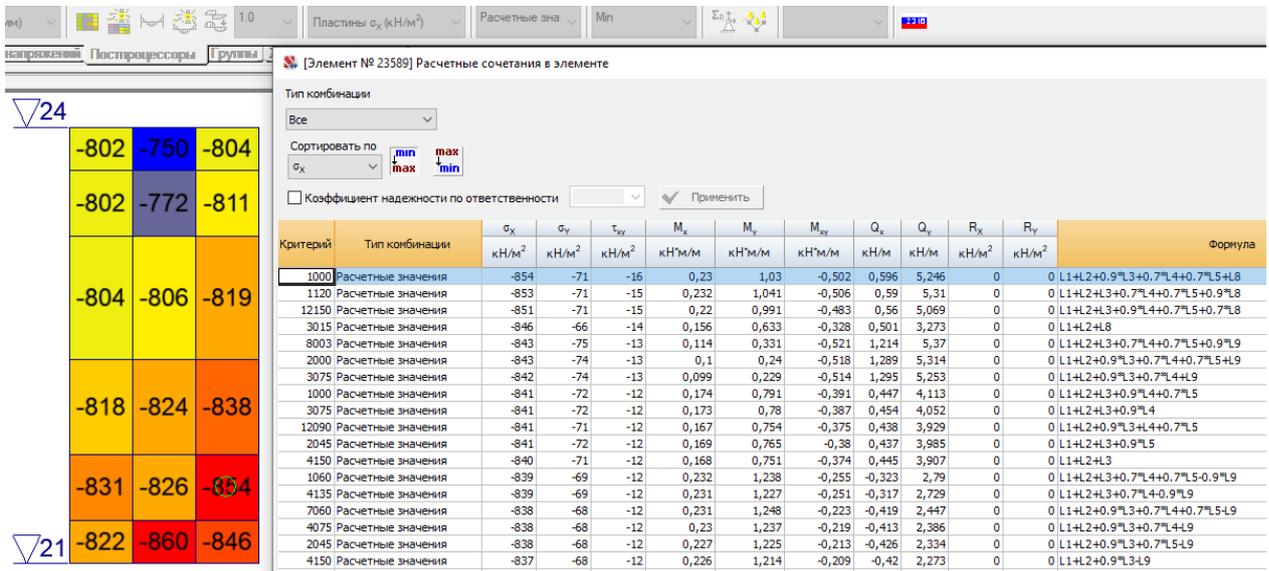


Рис. 2.9.4 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCU (σ_x) для модели № 1

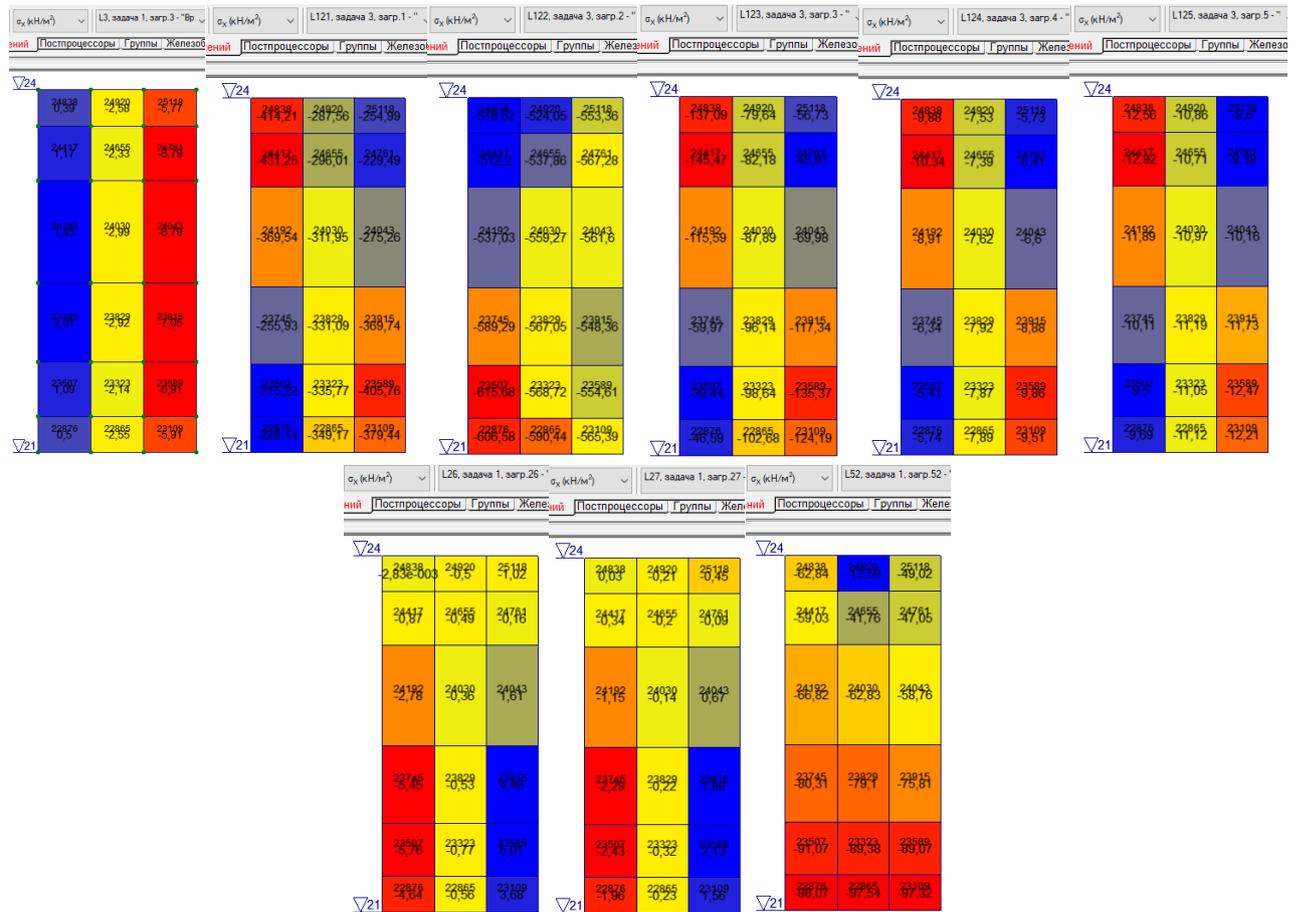


Рис. 2.10.3 – Необходимые для расчета напряжения

На рис. 2.10.3 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_3 по загрузению «L3, задача 1, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 1);
- σ_{121} по загрузению «L121, задача 3, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 3);
- σ_{122} по загрузению «L122, задача 3, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 3);
- σ_{123} по загрузению «L123, задача 3, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 3);
- σ_{124} по загрузению «L124, задача 3, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 3);
- σ_{125} по загрузению «L125, задача 3, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 3);
- σ_{128} по загрузению «L128, задача 3, загр. 8 – полная ветровая нагрузка вдоль X» (Модель № 3);

- σ_{qp} по загрузке «L26, задача 1, загр. 26 – постоянные нагрузки на перекрытие на отм. +24,000» (Модель № 1, вспомогательное загрузке);
- σ_{qt} по загрузке «L27, задача 1, загр. 27 – временные нагрузки на перекрытие на отм. +24,000» (Модель № 1, вспомогательное загрузке);
- σ_{xfw} по загрузке «L52, задача 1, загр. 52 – собственный вес стен между отметками 0,000 и +3,000» (Модель № 1, вспомогательное загрузке).

Поскольку простенок ненесущий и эксцентриситет от опирания перекрытий можно не учитывать (в плагине BrickWalls этого можно добиться, если задать $k_p=k_t=0$) и соответственно для схемы в программе КАМИН (рис. 2.10.4).

- $N = B(\sigma_{xs,pcy} - \sigma_{xfw}) = 0,51 * (1145,38 - 89,07) = 538,72$ кН/м;
- $E_3 = 0$ м;
- $N_3 = 0$ (КАМИН не позволяет вводить 0, поэтому использовано значение 0,01 кН/м);

Ветровое давление принято с учетом коэффициента 1,72, равного отношению максимальных перемещений от полного ветра к максимальным перемещениям от статического ветра (см. п. 3.2).

Приведенное ветровое давление на простенок с учетом нагрузки от окон:

- напор $0,314 * 1,72 * (1,29 + 2,1/2 + 1,3/2) / 1,29 = 1,25$ кН/м² (0,314 кН/м² статическая часть ветровой нагрузки согласно рис. 2.4.1, 1,29 м – ширина простенка, 2,1 м – ширина примыкающих к простенку проемов) в исходных данных для плагина BrickWalls в группе для 8-го этажа № 88 давление от ветра задано $w = 0,314 * 1,72 = 0,54$ кН/м² и коэффициент ветрового давления $k_w = (1,29 + 2,1/2 + 1,3/2) / 1,29 = 2,3$;
- отсос $0,166 * 1,72 * (1,29 + 2,1/2 + 2,1/2) / 1,29 = 0,75$ кН/м².

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам простенка между отметкам +21,000 и +24,000 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Наружная стена», «Армированная наружная стена», «Стена подвала», «Армированная стена подвала» программы КАМИН

-----Группа элементов № 44, имя группы «44», этаж «8 эт 21-24»-----

По максимальному коэффициенту a_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 23589

Кэф. использования $a_1 = 0,662$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B = 0,51$ м

Нагрузка от ветра $q = 1,25$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_e (N_p) = -3,63934$ кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_e (E_p) = 0,215001$ м

Коэффициент длительной части для $N_e (N_p)$: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a = 0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N = 536,63$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $\eta_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta_a = 0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig_xs} = -1097,32$ кН/м² от РСУ $L121+L122+0,645*L123+0,7*L124+0,7*L125+0,9*L128$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i = 0,645$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig_xgs} = 0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta_a = 0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 26) $\text{sqpr} = 5,00942$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p_rsu} = 1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 27) $\text{sqst} = 2,12655$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t = 123$) $f_i * k_{t_rsu} = 0,645$ (если $k_{t_rsu} \leq -1$, то $k_{t_rsu} = k_{t_rsu}$, если $-1 < k_{t_rsu} < 0$, то $k_{t_rsu} = -1$, если $0 < k_{t_rsu} < 1$, то $k_{t_rsu} = 1$, если $k_{t_rsu} > 1$, то $k_{t_rsu} = k_{t_rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета M_3
 $s_{x1}=k_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{q} + k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot \sqrt{s} / f_i = 7,13597$ кН/м²

Объемный вес кладки $g=20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=2,475$ м

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w \cdot w=1,2528$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1=0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_3=1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1=0,78246$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_3 ($N_{п}$)= $-1 \cdot (k_{p,rsu} \cdot \sqrt{q} + k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot \sqrt{s} / f_i) \cdot B = -3,63934$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_3=M_3/N_3=-0,215001$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{г3}$ ($N_{гп}$)= $-1 \cdot (d_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{q} + d_t \cdot k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot \sqrt{s} / f_i) \cdot B = -2,93$ кН/м (d_p и d_t - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для N_3 ($N_{п}$)= $N_{г3}/N_3$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N=-1 \cdot (\text{Sig}_{xs} - k_{p,rsu} \cdot \sqrt{q} - f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot \sqrt{x \cdot g}) \cdot B = 536,63$ кН/м

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g=-1 \cdot (\text{Sig}_{xgs} - d_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{q} - d_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot \sqrt{x \cdot g}) \cdot B = -23,46$ кН/м

Коэффициент длительной части для N : N_g/N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация РСУ $L_{121}+L_{122}+L_{123}+0,7 \cdot L_{124}+0,7 \cdot L_{125}+0,9 \cdot L_{128}$ (рис. 2.10.1);
- в исходных данных для группы элементов № 44 параметры $k_p=1, k_t=1$;
- в исходных данных для группы этажа № 88 параметры $n=6, L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 123 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1-0,4)/6^{0,5} = 0,645$ ($n=6$), по параметру $L=3$ в группе этажа № 88 плагин BrickWalls идентифицирует, что в режиме **Вариация моделей** коэффициент φ необходимо применить к загрузке № 123;
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 123 $k_{ts,rsu}=1$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{t,rsu} \sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu} \sigma_{xt} = -1145,38 - 1 \cdot -135,37 + 0,645 \cdot 1 \cdot -135,37 = -1097,32$ кН/м² ($\text{Sig}_{xs} = -1097,32$ кН/м²);
- $N = -1 \cdot h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu} \sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu} \sigma_{qt} - \gamma x) = -0,51 \cdot (-1097,32 - 1 \cdot 5,01 - 0,645 \cdot 1 \cdot 2,13 + 20,8 \cdot 2,475) = 536,63$ кН/м ($N = 536,63$ кН/м);
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 \cdot 1 \cdot 5,01 + 1 \cdot 1 \cdot 2,13 = 7,14$ кН/м²;
- ($s_{x1} = k_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sqrt{q} + k_t \cdot f_i \cdot k_{t,rsu} \cdot \sqrt{s} / f_i = 7,13597$ кН/м²);
- $M_3 = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 \cdot 7,14 \cdot 0,215 = 0,783$ кНм/м ($M_3 = 1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1 = 0,78246$ кН*м);
- $N_3 = -1 \cdot h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51 \cdot (1 \cdot 5,01 + 1 \cdot 1 \cdot 2,13) = -3,64$ кН/м (N_3 ($N_{п}$)= $-3,63934$ кН/м);
- $E_3 = \left| \frac{M_3}{N_3} \right| = 0,783/3,64 = 0,215$ мм (E_3 ($E_{п}$)= $0,215$ м).

По максимальному коэффициенту a_3 (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 25118

Козф. использования $a_3 = 0,021$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=1,25$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_3 ($N_{п}$)= $0,63478$ кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_e (E_p)=0,215004 \text{ м}$

Коэффициент длительной части для $N_e (N_p)$: не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузки от вышележащих перекрытий $N=288,64 \text{ кН/м}$

Коэффициент длительной части для N : не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-570,16 \text{ кН/м}^2$ от РСУ $0,783*L1+0,804*L2+0,645*L3+0,7*L5-L69$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=0,645$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0 \text{ кН/м}^2$ от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 26) $\text{sqp}=-1,01694 \text{ кН/м}^2$

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_p\text{rsu}=0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 27) $\text{sqst}=-0,44841 \text{ кН/м}^2$

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № $L_t=3$) $f_i*kt\text{rsu}=0,645$ (если $kt\text{rsu}\leq-1$, то $kt\text{rsu}=kt\text{rsu}$, если $-1<kt\text{rsu}<0$, то $kt\text{rsu}=-1$, если $0<kt\text{rsu}<1$, то $kt\text{rsu}=1$, если $kt\text{rsu}\geq 1$, то $kt\text{rsu}=kt\text{rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $kt=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_e \text{ sxl}=k_p*k_p\text{rsu}*sqp+kt*f_i*kt\text{rsu}*sqst/f_i=-1,24467 \text{ кН/м}^2$

Объемный вес кладки $g=20,8 \text{ кН/м}^3$

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x=0,15 \text{ м}$

Высота этажа: 3 м

Расчетная высота: 2,7 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51 \text{ м}$

Нагрузка от ветра $k_w*w=1,2528 \text{ кН/м}^2$

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_l=0,215 \text{ м}$

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_e=1*B*sxl*E_l=-0,13648 \text{ кН*м}$

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) (перекрытия над стеной) $N_e (N_p)=-1*(k_p\text{rsu}*sqp+kt*f_i*kt\text{rsu}*sqst/f_i)*B=0,63478 \text{ кН/м}$

Приведенный эксцентриситет $E_e=M_e/N_e=-0,215004 \text{ м}$

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{ge} (N_{gp})=-1*(dp*k_p\text{rsu}*sqp+dt*kt*f_i*kt\text{rsu}*sqst/f_i)*B=0,49 \text{ кН/м}$ (dp и dt - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $N_e (N_p)=N_{ge}/N_e$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Нагрузка от вышележащих перекрытий (от стены выше перекрытия над этажом) $N=-1*(\text{Sig}_{xs}-k_p\text{rsu}*sqp-f_i*kt\text{rsu}*sqst+x*g)*B=288,64 \text{ кН/м}$

N от нагрузок с пониженными значениями (постоянные и длительные) $N_g=-1*(\text{Sig}_{xgs}-dp*k_p\text{rsu}*sqp-dt*kt*f_i*kt\text{rsu}*sqst+x*g)*B=-2,05 \text{ кН/м}$

Коэффициент длительной части для N : N_g/N не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

PCY для элемента № 25118, соответствующие $\text{Sig}_{xs}=-570,16$ приведены на рис. 2.10.4.

Критерий	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
0	-566,05	-30,01	1,43	0,153	0,569	-0,114	0,18	-0,449	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2-L69
135	-567,11	-29,97	0,16	0,151	0,56	-0,114	0,178	-0,455	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2-L129
12105	-571,2	-31,6	1,77	0,136	0,534	-0,266	0,355	-0,332	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.7*L3+0.9*L4+0.7*L5-L69
2030	-571,64	-31,94	1,8	0,133	0,529	-0,289	0,381	-0,317	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L5-L69
45	-571,8	-31,68	1,82	0,132	0,527	-0,295	0,386	-0,319	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4-L69
2000	-572,19	-31,96	1,84	0,132	0,526	-0,301	0,394	-0,307	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+0.7*L5-L69
6060	-572,7	-31,9	0,53	0,13	0,52	-0,289	0,379	-0,323	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L5-L129
2075	-575,51	-32,53	-0,03	0,160	0,506	0,057	0,006	-0,487	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2-L129

Рис. 2.10.4 – PCY для элемента № 25118, соответствующие Sig_{xs}

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация $0,783*L1+0,804*L2+0,9*L3+0,7*L5-L69$ (рис. 2.10.1);

- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 3 $k_{ts,rsu}=0,9$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{ts,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -571,8 - 1 \cdot 0,9 \cdot 5,77 + 0,645 \cdot 1 \cdot -5,77 = -570,33 \text{ кН/м}^2$ ($\text{Sig}_{xs} = -570,16 \text{ кН/м}^2$);
- $N = -1 \cdot h(\sigma_{xs} - k_{p,rsu}\sigma_{qp} - \varphi k_{t,rsu}\sigma_{qt} - \gamma x) = -0,51 \cdot (-570,16 - 1 \cdot -1,02 - 0,645 \cdot 1 \cdot -0,45 + 20,8 \cdot 0,15) = 288,52 \text{ кН/м}$ ($N = 288,64 \text{ кН/м}$);
- поскольку стена толщиной $510 > 300 \text{ мм}$, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 0,7826 \cdot 1 \cdot -1,02 + 1 \cdot 1 \cdot -0,45 = -1,25 \text{ кН/м}^2$;
- ($s_{x1} = k_p \cdot k_{p,rsu} \cdot \sigma_{qp} + k_t \cdot k_{t,rsu} \cdot \sigma_{qt} / \gamma = -1,24467 \text{ кН/м}^2$);
- $M_3 = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 \cdot -1,24467 \cdot 0,215 = -0,13648 \text{ кНм/м}$ ($M_3 = 1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1 = -0,13648 \text{ кН} \cdot \text{м}$);
- $N_3 = -1 \cdot h(k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = -0,51 \cdot (0,7826 \cdot -1,02 + 1 \cdot 1 \cdot -0,45) = 0,6366 \text{ кН/м}$ ($N_3 = 0,63478 \text{ кН/м}$);
- $E_3 = \frac{|M_3|}{N_3} = 0,13648 / 0,63478 = 0,215 \text{ мм}$ ($E_3 = 0,215 \text{ м}$).

Исходные данные и результаты расчета в программе КАМИН приведены на рис. 2.10.5 - 2.10.6.

Скриншоты интерфейса программы КАМИН. Слева: окно 'Общие данные' с настройками коэффициента надежности, возраста кладки, срока службы и материалов (камень, раствор). Справа: 'Расчетные характеристики кладки' с таблицей значений сопротивления на сжатие, растяжение, изгиб и срез. В центре: 'Расчетные характеристики кладки' с настройками учета возраста и коэффициента.

Свойство	Значение	Единица
R	1700	кН/м ²
R ₁	80	кН/м ²
R ₂	160	кН/м ²
R ₃	250	кН/м ²
R ₄	120	кН/м ²
R ₅	160	кН/м ²
R ₆	240	кН/м ²
R ₇	250	кН/м ²
R ₈	120	кН/м ²
E	4080000	кН/м ²
α	1200	

Скриншоты интерфейса программы КАМИН. Слева: 'Нагрузки по длине стены' с параметрами ветра, этажа, коэффициента длительности и вышележащих перекрытий. Справа: 'Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]' с таблицей проверки устойчивости.

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,011
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,021
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,677
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	0,639
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,677

Скриншоты интерфейса программы КАМИН. Слева: 'Нагрузки по длине стены' с параметрами ветра, этажа, коэффициента длительности и вышележащих перекрытий. Справа: 'Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]' с таблицей проверки устойчивости.

Проверка	Ссылка	Коэффициент
Устойчивость при внецентренном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,675
Устойчивость при внецентренном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	0,637
Устойчивость при внецентренном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,675

Камин (64-бит) - Наружная стена

Файл Режимы Настройки Сервис Справка

Общие данные Конструкция Нагрузки

Нагрузки по длине стены

Нагрузка от ветра $q = 1.42$ кН/м²

Нагрузки от этажа над стеной

$N_3 = 0.01$ кН/м

$E_3 = 0$ м

Коэффициент длительной части нагрузки 1

Учитывать нагрузки от вышележащих перекрытий

Нагрузки от вышележащих перекрытий

$N = 538.72$ кН/м

Коэффициент длительной части нагрузки 1

Объемный вес кладки 20.8 кН/м³

Меню $K_{уст} = 0.677$ Устойчивость при вращательном сжатии среднего сечения Вычислить Факторы Отчет Справка

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка		Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,011
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,021
Устойчивость при вращательном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,677
Устойчивость при вращательном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	0,639
Устойчивость при вращательном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,677

OK

Рис. 2.10.5 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе КАМИН без армирования при ручном определении исходных данных по результатам расчета в SCAD++

Камин (64-бит) - Наружная стена

Файл Режимы Настройки Сервис Справка

Общие данные Конструкция Нагрузки

Коэффициент надежности по ответственности 1

Возраст кладки до года более года

Срок службы 50 лет

Материалы

Камни Кардонские камни Н <= 150 мм Марка камня 100

Раствор Объемный цементный с минеральными пластификаторами Марка раствора 75

Понижающий коэффициент учета пустотности (п. 6.1 СП 15.13330) 1

Наличие газозащиты

Меню $K_{уст} = 0.675$ Устойчивость при вращательном сжатии нижнего сечения Вычислить Факторы Отчет Справка

Расчетные характеристики кладки

Учитывать возраст кладки

Учитывать понижающий коэффициент

Коэффициент по камню 1 Коэффициент по раствору 1

R	Расчетное сопротивление кладки сжатию	1700	кН/м ²
R	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по неразрезанному сечению (по швам)	80	кН/м ²
R	Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по перевязанному сечению (по материалу)	160	кН/м ²
R_{ϕ}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по неразрезанному сечению (по материалу)	250	кН/м ²
R_{ϕ}	Расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению (по швам)	120	кН/м ²
R_{ϕ}	Расчетное сопротивление кладки срезу по неразрезанному сечению (по швам)	160	кН/м ²
R_{ϕ}	Расчетное сопротивление кладки срезу по перевязанному сечению (по материалу)	240	кН/м ²
R_{ϕ}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по материалу)	250	кН/м ²
R_{ϕ}	Расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе (по швам)	120	кН/м ²
E	Модуль упругости кладки (начальный модуль деформаций) для неразрезанной кладки	4080000	кН/м ²
α	Угловой коэффициент кладки	1200	

Меню $K_{уст} = 0.675$ Устойчивость при вращательном сжатии нижнего сечения Вычислить Факторы Отчет Справка

Камин (64-бит) - Наружная стена

Файл Режимы Настройки Сервис Справка

Общие данные Конструкция Нагрузки

Высота этажа в свету $H = 3$ м

Толщина перекрытия 1 0.22 м

Толщина стены $B = 0.51$ м

Расчетная высота

Перекрывание полное частичное (законченные) дрeзанные

Расстояние между перекрываниями системы конструкции 5.1 м

Коэффициент расчетной высоты

Вычислить

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка		Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	0,011
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	0,021
Устойчивость при вращательном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,675
Устойчивость при вращательном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	0,637
Устойчивость при вращательном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,675

OK

Камин (64-бит) - Наружная стена

Файл Режимы Настройки Сервис Справка

Общие данные Конструкция Нагрузки

Нагрузки по длине стены

Нагрузка от ветра $q = 0$ кН/м²

Нагрузки от этажа над стеной

$N_3 = 0.01$ кН/м

$E_3 = 0.215$ м

Коэффициент длительной части нагрузки 1

Учитывать нагрузки от вышележащих перекрытий

Нагрузки от вышележащих перекрытий

$N = 536.63$ кН/м

Коэффициент длительной части нагрузки 1

Объемный вес кладки 20.8 кН/м³

Меню $K_{уст} = 0.672$ Устойчивость при вращательном сжатии нижнего сечения Вычислить Факторы Отчет Справка

Диаграмма факторов [СП 15.13330.2020]

Проверка		Коэффициент
Срез в швах	п. 7.20 СП 15.13330	6,61e-006
Срез в камне (кирпиче)	п. 7.20 СП 15.13330	1,171e-005
Устойчивость при вращательном сжатии среднего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,672
Устойчивость при вращательном сжатии сечения под перекрытием	п. 7.7 СП 15.13330	0,635
Устойчивость при вращательном сжатии нижнего сечения	п. 7.7 СП 15.13330	0,672

OK

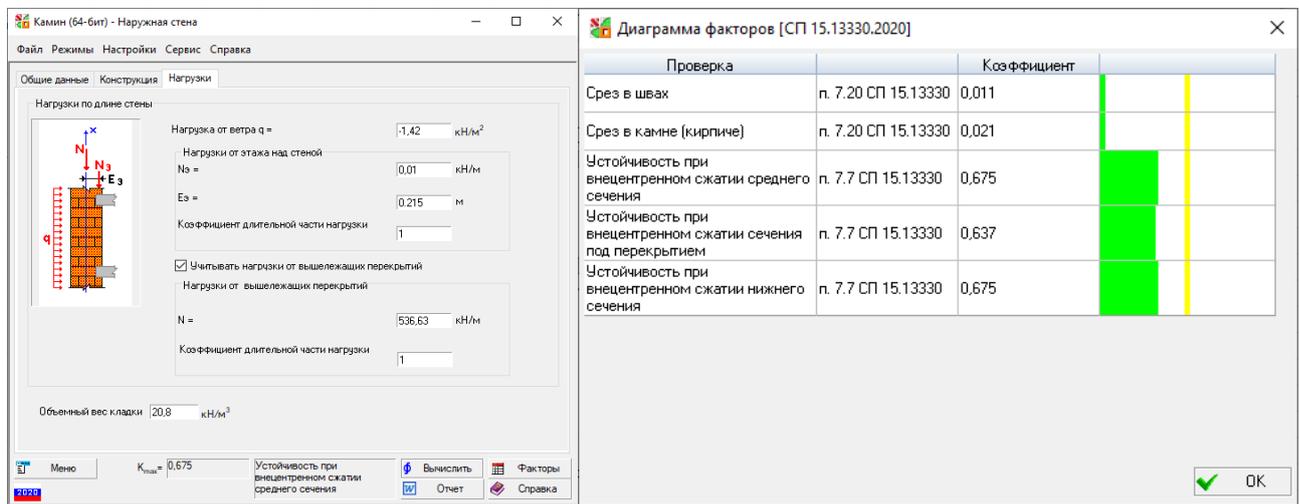


Рис. 2.10.6 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе **КАМИН** без армирования при использовании исходных данных, выданных плагином BrickWalls по КИ а1, при $k_p=k_t=1$

Из рис. 2.10.4 – 2.10.5 следует, что ветровое давление для несущего простенка среднего этажа не оказывает существенного влияния.

Результаты расчета через плагин **BrickWalls** для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 11, отметки от 0 до +3.000) приведены в таблице 2.10.1, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элемента № 23589, а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин BrickWalls.

В таблицах 2.9.1 использованы следующие обозначения:

- а1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- а2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- а3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- а4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$);
- а5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- а6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y-0.02))$.

Таблица 2.10.1 – Результаты расчета стены через плагин BrickWalls через режим **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**)

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	Н эл.	а1	Н эл.	а2	Н эл.	а3	Н эл.	а4	Н эл.	а5	Н эл.	а6
8 эт 21-24												
44	22865	0,64	22865	-	22865	0,01	22865	-	22865	-	22865	0,91
44	22876	0,57	22876	-	22876	0,01	22876	-	22876	-	22876	0,91
44	23109	0,65	23109	-	23109	0,01	23109	-	23109	-	23109	0,91
44	23323	0,61	23323	-	23323	0	23323	-	23323	-	23323	0,91
44	23507	0,57	23507	-	23507	0	23507	-	23507	-	23507	0,91
44	23589	0,66	23589	-	23589	0	23589	-	23589	-	23589	0,91
44	23745	0,58	23745	-	23745	0	23745	-	23745	-	23745	0,91
44	23829	0,61	23829	-	23829	0,01	23829	-	23829	-	23829	0,91
44	23915	0,62	23915	-	23915	0,01	23915	-	23915	-	23915	0,91
44	24030	0,59	24030	-	24030	0,01	24030	-	24030	-	24030	0,91
44	24043	0,57	24043	-	24043	0,01	24043	-	24043	-	24043	0,91
44	24192	0,61	24192	-	24192	0	24192	-	24192	-	24192	0,91
44	24417	0,66	24417	-	24417	0	24417	-	24417	-	24417	0,91
44	24655	0,56	24655	-	24655	0	24655	-	24655	-	24655	0,91
44	24761	0,55	24761	-	24761	0	24761	-	24761	-	24761	0,91

№ группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	№ эл.	a1	№ эл.	a2	№ эл.	a3	№ эл.	a4	№ эл.	a5	№ эл.	a6
44	24838	0,65	24838	-	24838	0,02	24838	-	24838	-	24838	0,91
44	24920	0,55	24920	-	24920	0,02	24920	-	24920	-	24920	0,91
44	25118	0,56	25118	-	25118	0,02	25118	-	25118	-	25118	0,91

Выводы:

- результаты расчета в плагине **BrickWalls** кладки отличаются от результатов расчета в программе **КАМИН** (рис. 2.10.4) в $0,66/0,68=0,97$ раза;
- результаты расчета в программе **КАМИН** при приближенном учете веса стен при определении N в плагине **BrickWalls** (без учета веса перемычек рис. 2.9.5) отличаются от более точного расчета (рис. 2.10.4) в $0,675/0,677=1,00$ раз.

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 23589 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_trace_Вариация.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 8 эт 21-24

Имя группы: 8 эт 21-24 f=8 h=3 l0=2,7 Lp=1 qp=26 Lt=3 qt=27 b=0,12 w=0,54 L=3 n=6 u=0 (BWL)

Нижний уровень: 21 м; Верхний уровень: 24 м;

Параметры группы этажа:

- Номер этажа (f)=8;
- Высота этажа (h)=3 м | Расчетная высота (l0)=2,7 м;
- qp=26 (Пост. пп +24 qp=8 эт 21-24);
- qt=27 (кр. пп +24 qt=8 эт 21-24);
- b=0,12 м;
- w=0,54 кН/м2;
- L=3 (Врем-типовые (L));
- n=6;
- u=0 (не является последним этажом);

****Номер элемента 23589****

Номер группы: 44

Имя группы: 44 a1=9 a2=0 kw=2,32 kp=1 kt=1 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

- Низ: 21,3 м
- Середина: 21,525 м
- Верх: 21,75 м

Параметры стены:

- Толщина: 0,51 м
- a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
- a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
- kw=2,32 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

- Имя: НС 7-8 эт
- Прочностные характеристики: Rx=1,7 МПа | Ry=1,36 МПа | Rtx=0,08 МПа | Rty=0,16 МПа | Rsqx=0,65 МПа | Rsqy=0,16 МПа | Rtw=0,12 МПа | k=2 | a=1200 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

- Имя:
- Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,662

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -1097,319 кН/м² | Комбинация: L121+L122+0,645*L123+0,7*L124+0,7*L125+0,9*L128

-Sig_x: -1097,319 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: 7,136 кН/м² | Комбинация: L26+L27

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -1097,319 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Комбинация L121+L122+0,645*L123+0,7*L124+0,7*L125+0,9*L128 для Sig_xs приводится с учетом коэффициента, учитывающего для загрузки № 123 временные нагрузки от двух и более этажей $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1-0,4)/6^{0,5} = 0,645$. При $\sigma_{xs,pcy} = -1145,38$ по рис. 2.10.1 (остальные напряжения по рис. 2.10.3)

$$\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{t,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -1145,38 - 1 \cdot -135,37 + 0,645 \cdot -135,37 = -1097,324 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_xs: -1097,319 МПа).

Sig_xgs, Sig_xg, Sig_x1g определять не требуется, поскольку толщина стены 510 > 300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$.

Коэффициенты управления эксцентриситетом от перекрытий $k_p = k_t = 1$, поэтому

$$\text{Sig}_x = \text{Sig}_{xs} = -1097,319 \text{ кН/м}^2 \text{ (Sig}_x: -1097,319 \text{ кН/м}^2\text{)}.$$

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.10.6) для группы № 82 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина BrickWalls:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p = 1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_p = 26$ (является частью загрузки № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t = 3$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситете от перекрытия $q_t = 27$ (является частью загрузки № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

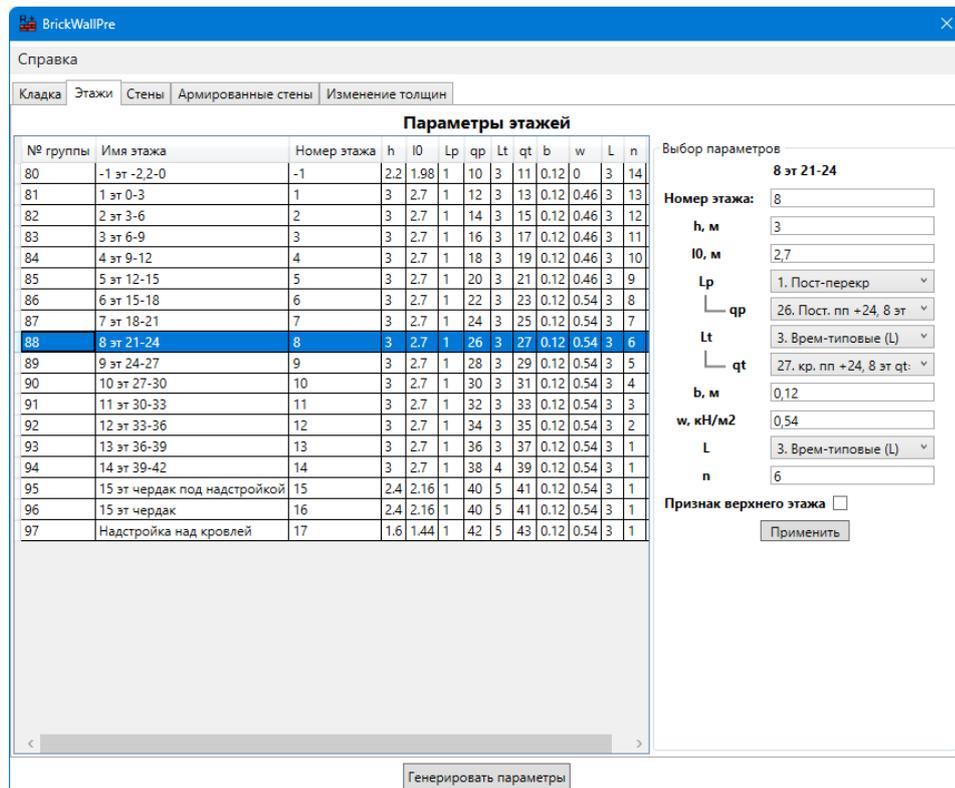


Рис. 2.10.6 – Исходные данные по этажам для плагина **BrickWalls**

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.10.3) по РСУ L121+L122+0,645*L123+0,7*L124+0,7*L125+0,9*L128 от комбинации L26+L27

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*1*5,01 + 1*1*2,13 = 7,14 \text{ кН/м}^2 \text{ (Sig}_{x1}: 7,136 \text{ МПа);}$$

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: 0,13693 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: -0,12567 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 2E-05 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h-b/3; 0,5h-0,07) = \max(0,5*0,51-0,12/3; 0,5*0,51-0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,51$ м – толщина стены), ($E1: 0,215$ м).

$M1 = \text{Sig}_{x1} * 1 \text{ м} * h * E1 (1-x/H) = 7,136 * 0,51 * 0,215 * (1-2,475/3) = 0,137$ кНм (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа), ($M1: 0,13693$ кН * м)

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig}_{x1}| * h) + e_v = \text{ABS}(0,13693+0-0,12567) / (1097,319 * 0,51) + 0 = 0,000020 \text{ м}$$

($E_0: 2E-05$ м);

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,00002 / (0,7 * 0,51/2) = 0,0001$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0 / (k * \gamma)); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,00002 / (0,9 * 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,00009; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)

-Fi_1: 0,975 (ф. 7.6)

-Omega: 1,000039 (таб. 7.2)

-A_c: 0,51 м² (ф. 7.5)

-Mu: 0 % (п. 7.31)

-Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)

-R: 1,7 МПа

$M_G=1$ поскольку толщина стены $h=51$ см > 30 см (последний абзац п. 7.7 [1]), ($M_G: 1$).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,7/0,51 = 5,294$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi=0,979$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,51 - 2 * 0,00002 = 0,510$ м.

$\lambda_{hc} = H/h_c = 3/0,51 = 5,88$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c=0,970$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,979 + 0,970) / 2 = 0,975$ ($Fi_1: 0,975$).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51 * 1 * (1 - 2 * 0,00018 / 0,51) = 0,510$ м² ($A_c: 0,51$ м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,00002 / 0,51 = 1,000039 < 1,45$ ($\Omega: 1,000039$).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_{x1} h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 1097,319 * 0,51 / (1 * 0,975 * 1700 * 0,51 * 1,000039) = 0,662$

($KI: 0,662$).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие a_5 -----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (a_3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7 (h/2)$

KI: 0,001

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -631,402 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2-L128

-Sig_x: -631,402 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)
 -Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)
 -Sig_x1: 3,92 кН/м² | Комбинация: 0,783*L26+0*L27
 -Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3
 -Sig_x2: -631,402 кН/м² | Комбинация: Sig_x
 -Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
 -M1: 0,07523 кН * м - момент от перекрытия
 -M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
 -E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
 -M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
 -M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
 -M3: -0,12567 кН * м - момент от ветра
 -M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
 -E_0: 0,000157 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)
 -E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

PCY для элемента № 23589, соответствующее Sig_xs=-631,402 МПа приведено на рис. 2.10.7.

Критерий	Тип комбинации	σ _x кН/м ²	σ _y кН/м ²	τ _{xy} кН/м ²	M _x кН*м/м	M _y кН*м/м	M _{xy} кН*м/м	Q _x кН/м	Q _y кН/м	R _x кН/м ²	R _y кН/м ²	Формула
2060	Расчетные значения	-638,335	-57,575	-6,397	0,132	0,606	-0,3	0,328	3,173	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L5-L68
4135	Расчетные значения	-638,277	-57,171	-6,373	0,136	0,621	-0,307	0,344	3,239	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4-L128
2045	Расчетные значения	-638,048	-57,299	-6,294	0,132	0,61	-0,301	0,331	3,187	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L5-L128
4150	Расчетные значения	-637,618	-56,937	-6,229	0,131	0,598	-0,297	0,337	3,126	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3-L128
2075	Расчетные значения	-632,243	-53,844	-5,18	0,063	0,247	-0,142	0,232	1,391	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L5-L68
6045	Расчетные значения	-631,689	-53,378	-5,096	0,062	0,232	-0,136	0,24	1,312	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2-L68
0	Расчетные значения	-631,403	-53,101	-4,994	0,063	0,235	-0,137	0,243	1,327	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2-L128
8003	Нормативные значения	-604,841	-53,112	-9,259	0,081	0,24	-0,373	0,864	3,852	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.7692*L3+0.5833*L4+0.5*L5+0.6428*L9
4120	Нормативные значения	-604,777	-53,988	-10,432	0,208	0,931	-0,278	0,186	2,854	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.5833*L4+0.7142*L69
6075	Нормативные значения	-604,475	-53	-9,192	0,071	0,173	-0,37	0,917	3,8	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.5833*L4+0.5*L5+0.7142*L9
8001	Нормативные значения	-604,167	-52,742	-9,146	0,07	0,165	-0,367	0,921	3,757	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.5833*L4+0.7142*L9
1090	Нормативные значения	-603,926	-54,564	-10,426	0,209	0,937	-0,281	0,193	2,891	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.5833*L4+0.5*L5+0.7142*L129
1090	Нормативные значения	-603,443	-51,242	-8,921	0,124	0,566	-0,279	0,313	2,943	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.7692*L3+0.5833*L4+0.6428*L5
4075	Нормативные значения	-603,205	-50,965	-8,896	0,124	0,561	-0,278	0,321	2,913	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.7692*L3+0.75*L4
12090	Нормативные значения	-603,06	-50,924	-8,854	0,119	0,541	-0,268	0,309	2,817	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.8333*L4+0.5*L5

Рис. 2.10.7 – PCY для элемента № 23589

Напряжения с учетом коэффициента φ, учитывающего нагрузки от двух и более этажей

$$\sigma_x = \sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{t,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = \sigma_{xs,pcy} = -631,403 \text{ (Sig}_x\text{: } -631,402 \text{ кН/м}^2\text{);}$$

Напряжения от нагрузок на перекрытие по PCY 0,783*L1+0,804*L2-L128 от комбинации 0,783*L26+0*L27
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 0,783 * 5,01 + 0 = 3,92 \text{ кН/м}^2 \text{ (Sig}_{x1}\text{: } 3,92 \text{ кН/м}^2\text{), в данном случае } k_{t,rsu} = 0$, поскольку в PCY отсутствует загрузка L_t=3 или такие же из моделей № 2 или № 3 (загрузки № 63 или 123);

$M1 = \text{Sig}_{x1} * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = 3,92 * 0,51 * 0,215 * (1-2,475/3) = 0,075$ (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа). По эпюре моментов на рис. 2.9.9 $M1 = -94,69 * 0,51 * 0,086 = -4,153$ (M1: 0,07523 кН * м)

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + ev = \text{ABS}(0,075+0-0,12567) / (631,403 * 0,51) + 0 = 0,000157$$

(E_0: 0,000157 м);

Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,000157 / (0,7 * 0,51/2) = 0,001$ (КИ: 0,001)

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие a3-----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k*y); e_1/(y-0.02))$ (а6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,915

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -795,433 кН/м² | Комбинация: L1+L2-L128

-Sig_x: -795,433 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: 5,009 кН/м² | Комбинация: L26+0*L27

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -795,433 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: 0,09612 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: -0,12567 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 7,3E-05 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный ev=0 м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-ky: 0,9y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

-e0/(k*y): 0,000317 (п. 7.10)

-e1/(y-0.02): 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max(E_0/(k*y); E_1/(y-0,02)) = \max(0,000073/(0,9*0,51/2); 0,215/(0,51/2-0,02)) = \max(0,000318; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания k=0,9), (КИ: 0,915).

2.11 Расчет ненесущего простенка внешней стены (группа № 44) толщиной 510 мм на последнем (15-м, чердачном) этаже

Расчет выполнен для группы элементов № 44 (рис. 2.9.1), которая соответствует простенку № 24 примера из пособия [8] (рис. 3.1) с использованием следующих прилагаемых файлов **SCAD++**:

- **Вариация.VPR;**
- **Модель_1_kred=0.8.SPR;**
- **Модель_2_Редуцирование+вкл перемычек.SPR;**
- **Модель_3_kred=0.8+вкл перемычек.SPR.**

Схема опирания перекрытий приведена на рис. 2.9.2.

На рис. 2.11.1 приведены максимальные напряжения, выведенные через постпроцессор PCY в режиме **Вариация моделей** (прилагаемый файл **Вариация.VPR**).

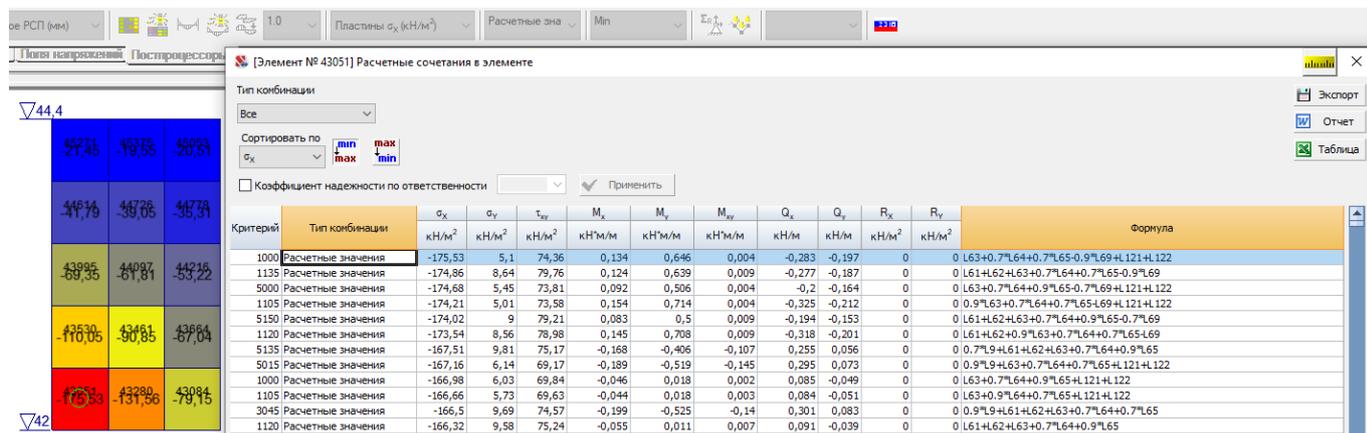


Рис. 2.11.1 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x)

Из рис. 2.11.1 в режиме **Вариация моделей** следует, что максимальные напряжения в ненесущем простенке приняты от постоянных нагрузок по модели 3, а от временных нагрузок по модели 2 (для рассмотренного элемента ветер по Y в модели 2 дал большие значения напряжений чем ветер вдоль X).

По результатам расчета в примере приложения 8 пособия [8] (см. табл. 3.1.3 настоящего документа) максимальное напряжение в рассматриваемом простенке (№ 16 на первом этаже) составило 60 кН/м². Среднее напряжение по результатам расчета $(175,53+131,56+79,15)/3=129$, что больше в $129/60=2,15$ по сравнению результатами из примера в пособии [8]. Существенную разницу можно объяснить тем, что в пособии [8] не учтена догрузка простенка за счет включения перемычек в силовую работу, что подтверждается результатами расчета по модели 1 (прилагаемый файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**), приведенными на рис. 2.11.2, согласно которым среднее напряжение по результатам расчета $(108+101+72)/3=94$, что больше уже всего в $94/60=1,57$ по сравнению результатами из примера в пособии [8].

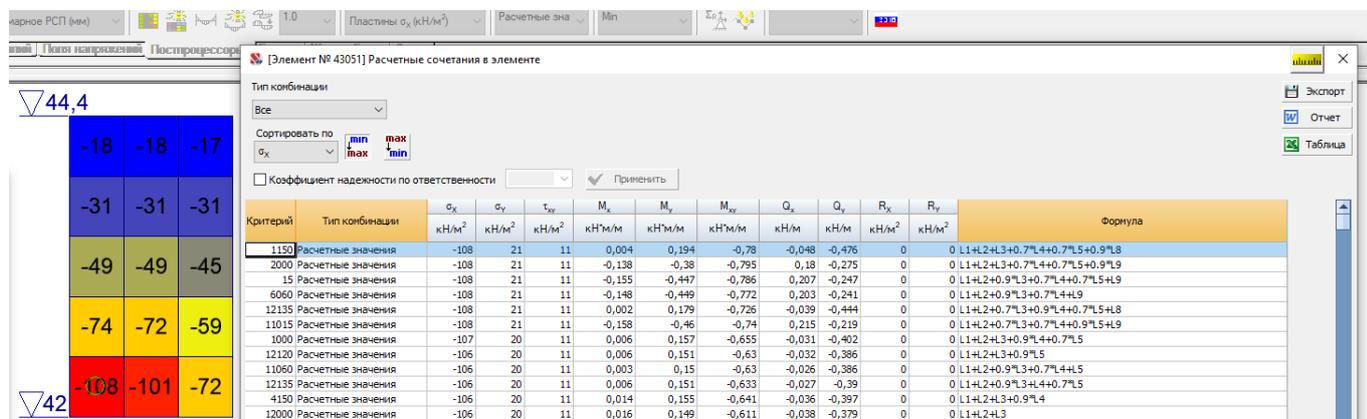


Рис. 2.11.2 – Максимальные вертикальные напряжения через постпроцессор PCY (σ_x) для модели № 1

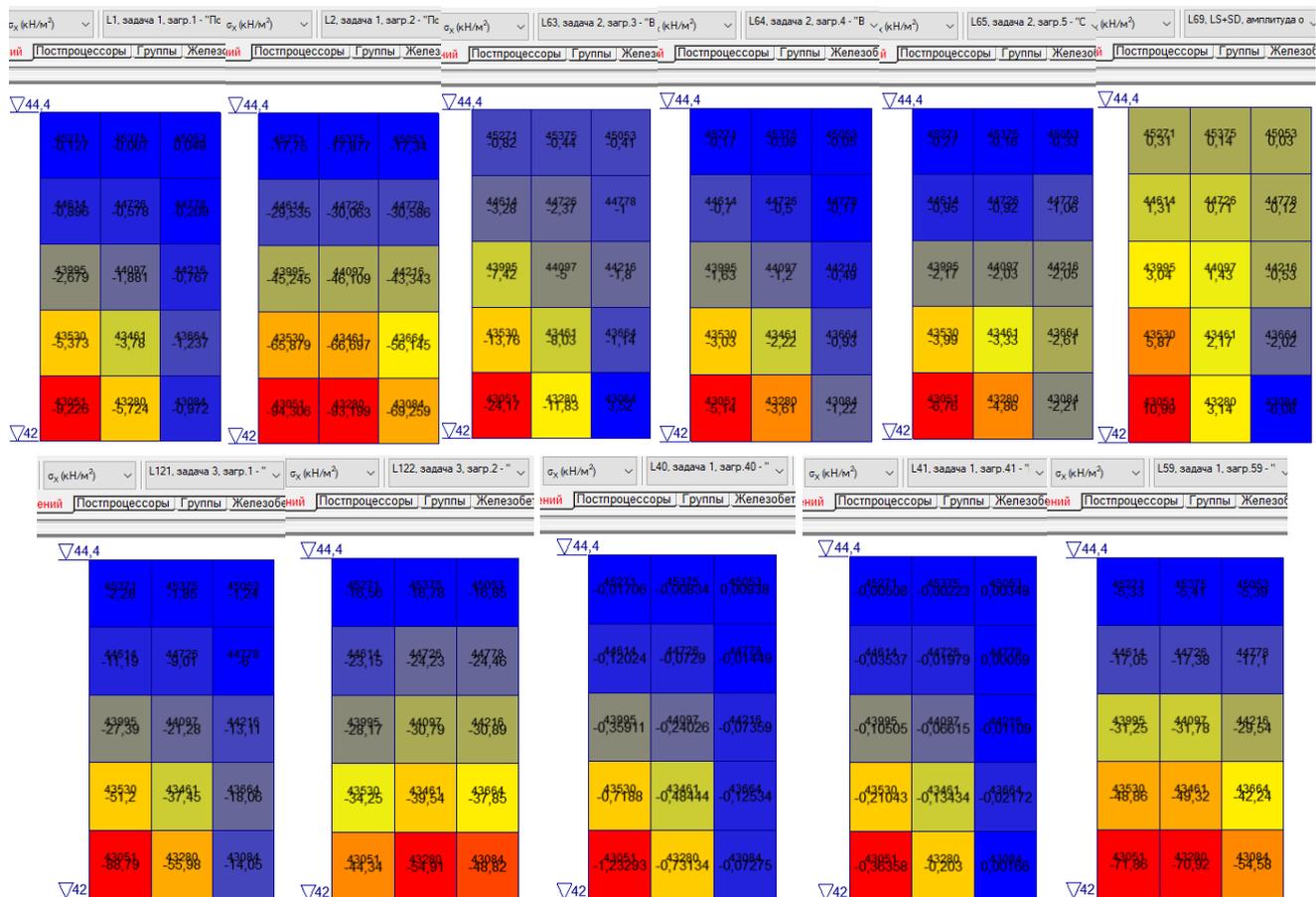


Рис. 2.11.3 – Необходимые для расчета напряжения

На рис. 2.11.3 (слева на право) приведены следующие необходимые для расчета напряжения:

- σ_1 по загрузению «L1, задача 1, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 1);
- σ_2 по загрузению «L2, задача 1, загр. 1 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 1);
- σ_{63} по загрузению «L63, задача 2, загр. 3 – временные нагрузки на перекрытия типовых этажей» (Модель № 2);
- σ_{64} по загрузению «L64, задача 2, загр. 4 – временные нагрузки на чердачное перекрытие» (Модель № 2);
- σ_{65} по загрузению «L65, задача 2, загр. 5 – снеговые нагрузки на покрытие» (Модель № 2);
- σ_{69} по загрузению «L69, задача 2, загр. 9 – полная ветровая нагрузка вдоль Y» (Модель № 2);
- σ_{121} по загрузению «L121, задача 3, загр. 1 – постоянные нагрузки на перекрытия» (Модель № 3);
- σ_{122} по загрузению «L122, задача 3, загр. 2 – постоянные нагрузки на стены» (Модель № 3);
- σ_{qp} по загрузению «L40, задача 1, загр. 40 – постоянные нагрузки на покрытие на отм. +44,400» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{qt} по загрузению «L41, задача 1, загр. 41 – временные нагрузки на перекрытие на отм. +44,400» (Модель № 1, вспомогательное загрузение);
- σ_{xfw} по загрузению «L59, задача1, загр. 59 – собственный вес стен между отметкам +42,000 и +44,000 (Модель № 1, вспомогательное загрузение).

Поскольку простенок ненесущий, то можно считать, что усилие N возникает только от собственного веса и парапета, а момент от ветровой нагрузки. Вес парапета в запас можно не учитывать, а усилие от собственного веса принимать с коэффициентом надежности 0,9. Эюра моментов от единичной ветровой нагрузки приведена на рис. 2.11.4.

Ветровое давление принято с учетом коэффициента 1,72, равного отношению максимальных перемещений от полного ветра к максимальным перемещениям от статического ветра (см. п. 3.2).

Приведенное ветровое давление на простенок с учетом нагрузки от окон:

- напор $0,314 \cdot 1,72 \cdot (1,29 + 2,1/2 + 1,3/2) / 1,29 = 1,25$ кН/м² (1,29 м – ширина простенка, 2,1 м и 1,3 м – ширина примыкающих к простенку проемов) в исходных данных для групп этажа давление от ветра задано $w = 0,265 \cdot 1,72 = 0,46$ и коэффициент ветрового давления $k_w = (1,29 + 2,1/2 + 1,3/2) / 1,29 = 2,32$;

- отсос $0,196 \cdot 1,72 \cdot (1,29 + 2,1/2 + 1,3/2) / 1,29 = 0,78 \text{ кН/м}^2$.

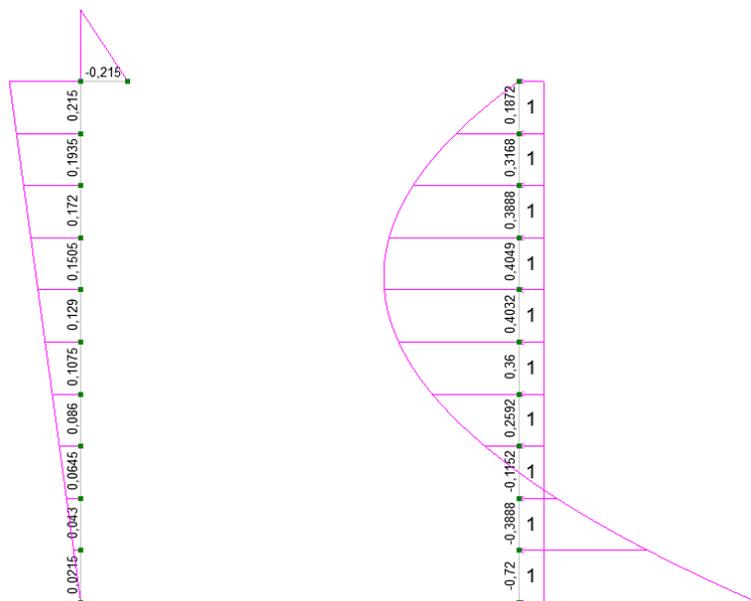


Рис. 2.11.4 – Эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине BrickWalls согласно п. Б.1 [1] (размер конечного элемента 0,24 м)

Согласно п. 7.7 [1] при знакопеременной эпюре изгибающего момента по высоте элемента расчет по прочности следует выполнять в сечениях с максимальными изгибающими моментами различных знаков, соответственно рассмотрены два сечения.

Проверка по сечению 1.

Расстояние от верха стены $x = 3,5 \cdot 0,24 = 0,84 \text{ м}$, соответственно:

- $M = 1,25 \cdot 0,4049 = 0,5061 \text{ кНм/м}$;
- $N = \gamma_f \chi \gamma_{red,n} = 0,9 \cdot 3,5 \cdot 0,24 \cdot 18,7 = 14,14 \text{ кН/м}$ ($\gamma_{red,n}$ см. п. 2.1);
- эксцентриситет $e_0 = M/N = 0,5061/14,14 = 0,0358 \text{ м}$.

Проверка эксцентриситета:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,0358 / (0,7 \cdot 0,51/2) = 0,201$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6 = \max((E_0)/(k \cdot \gamma); E_1/(\gamma - 0,02)) = \max(0,0358 / (0,9 \cdot 0,51/2); 0 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,156; 0,000) = 0,156$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Коэффициент $m_g = 1$ поскольку толщина стены $h = 51 \text{ см} > 30 \text{ см}$ (последний абзац п. 7.7 [1]).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h = 2,16/0,51 = 4,235$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha = 1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi = 0,996$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c = h - 2e_0 = 0,51 - 2 \cdot 0,0358 = 0,438 \text{ м}$.

$\lambda_{hc} = H/h_c = 2,4/0,438 = 5,479$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha = 1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c = 0,976$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2} = (0,996 + 0,976)/2 = 0,986$.

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51 \cdot 1 \cdot (1 - 2 \cdot 0,0358/0,51) = 0,438 \text{ м}^2$.

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,0358/0,51 = 1,0702 < 1,45$.

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{N}{m_g \varphi_1 R A_c \omega} = 14,14 / (1 \cdot 0,986 \cdot 900 \cdot 0,438 \cdot 1,0702) = 0,034$.

Результаты расчета в программе КАМИН в режиме **Внецентренно сжатые столбы** приведены на рис. 2.11.5

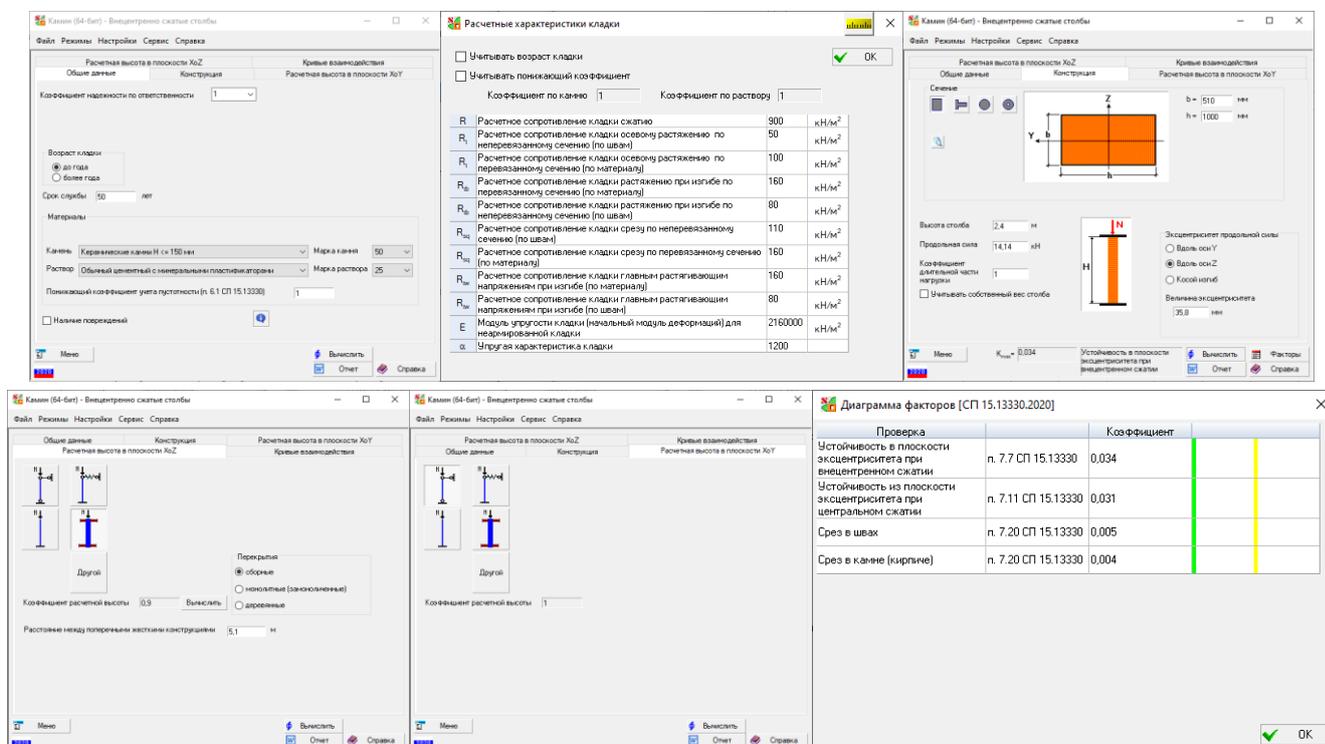


Рис. 2.11.5 – Результаты расчета в программе КАМИН сечения 1

Проверка по сечению 2.

Расстояние от верха стены $x=3,5*0,24=0,84$ м, соответственно:

- $M=1,25*0,72=0,9$ кНм/м;
- $N = \gamma_f x \gamma_{red,n} = 0,9*2,4*18,7=40,4$ кН/м;
- эксцентриситет $e_0=M/N=0,9/40,4=0,0223$ м.

Проверка эксцентриситета:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3=E_0/(0,7\gamma)=0,0223/(0,7*0,51/2)=0,125$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_6=\max((E_0)/(k*\gamma); E_1/(\gamma-0,02))=\max(0,0223/(0,9*0,51/2); 0/(0,51/2-0,02))=\max(0,097; 0,000)=0,097$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Коэффициент $m_g=1$ поскольку толщина стены $h=51$ см > 30 см (последний абзац п. 7.7 [1]).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h=2,16/0,51=4,235$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\phi=0,996$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c=h-2e_0=0,51-2*0,0223=0,465$ м.

$\lambda_{hc} = H/h_c=2,4/0,465=5,161$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\phi_c=0,981$.

По формуле (7.6) [1] $\phi_1 = \frac{\phi+\phi_c}{2}=(0,996+0,981)/2=0,989$.

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0,51*1*(1-2*0,0223/0,51)=0,465$ м².

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + 0,0223/0,51=1,04373 < 1,45$.

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{N}{m_g \phi_1 R A_c \omega} = 40,4/(1*0,989*900*0,51*1,04373)=0,094$.

Результаты расчета в программе КАМИН в режиме **Внецентренно сжатые столбы** приведены на рис. 2.11.6

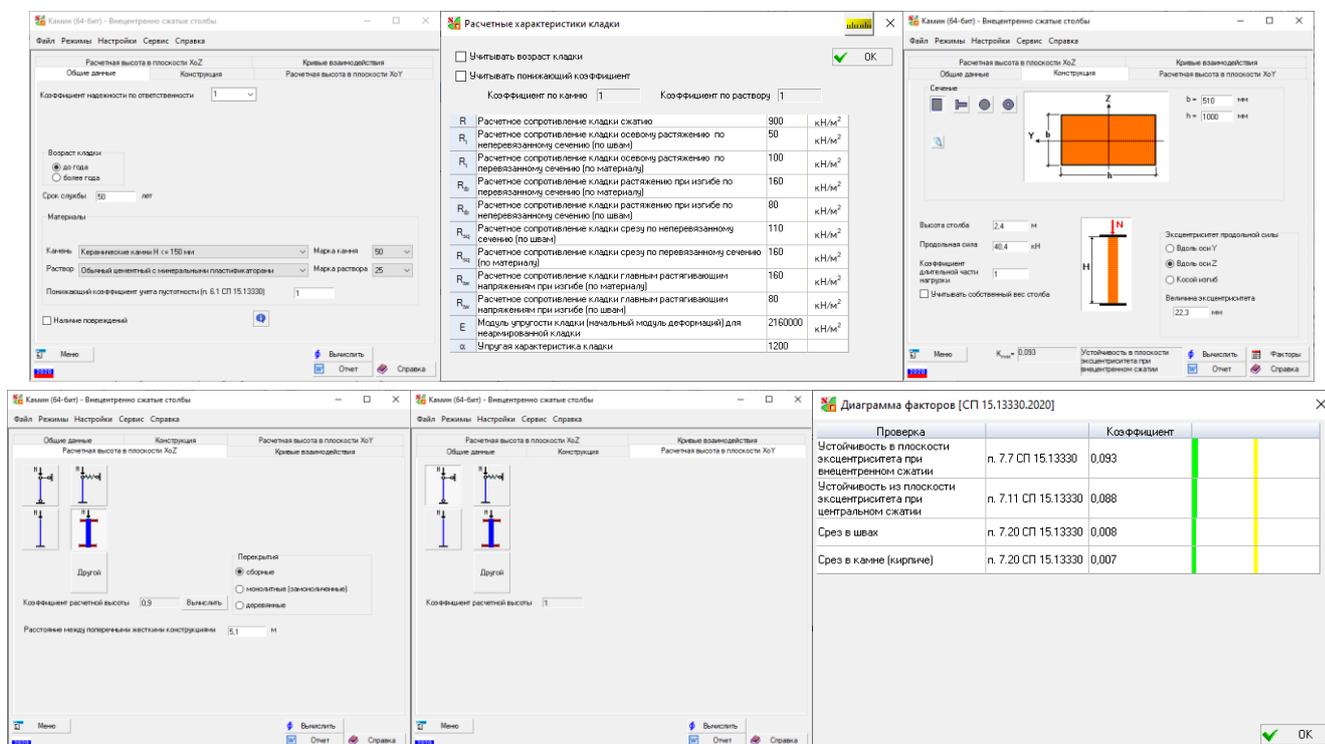


Рис. 2.11.6 – Результаты расчета в программе КАМИН сечения 2

Коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) $\varphi = 1$.

Исходные данные для программы «КАМИН», выданные плагином «BrickWalls» по всем элементам простенка между отметкам +42,000 и +44,400 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR и данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_for_KAMIN_Вариация.txt).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751–2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Исходные данные для режимов «Внецентренно сжатые столбы», «Внецентренно сжатые армированные столбы» программы КАМИН

-----Группа элементов № 44, имя группы «44», этаж «15 эт чердак»-----

По максимальному коэффициенту α_1 (внецентренное сжатие неармированной кладки) для проверки на внецентренное сжатие:

Элемент № 43051

Козэф. использования $\alpha_1 = 0,201$

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B=0,51$ м

Нагрузка от ветра $q=1,25$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ (N_p)=0,81422 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э$ (E_p)=0,215003 м

Коэффициент длительной части для $N_э$ (N_p): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g=1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\text{Sig}_{xs}=-177,56$ кН/м² от РСУ L63+0,7*L64+L65-0,9*L69+L121+L122 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i=1$ для загрузки 3)

Напряжение $\text{Sig}_{xgs}=0$ кН/м² от РСУ Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 40) $\text{sqp}=-1,23293$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_p\text{rsu}=1$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 41) $\text{sq}=-0,36358$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (загрузка № Lt=65) $f_i \cdot k_t\text{rsu}=1$ (если $k_t\text{rsu} \leq -1$, то $k_t\text{rsu} = \text{kt_rsu}$, если $-1 < k_t\text{rsu} < 0$, то $k_t\text{rsu} = -1$, если $0 < k_t\text{rsu} < 1$, то $k_t\text{rsu} = 1$, если $k_t\text{rsu} > 1$, то $k_t\text{rsu} = k_t\text{rsu}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p=1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t=1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета $M_э = s_{x1} = k_p * k_{p,rsu} * \sqrt{q_p + k_t * f_i * k_t_{rsu} * \sqrt{q_t}} / f_i = -1,59651$ кН/м²

Объемный вес кладки $g = 20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x = 2,16$ м

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B = 0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w * w = 1,2528$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1 = 0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_э = 1 * B * s_{x1} * E_1 = -0,17506$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_{п}$) = $-1 * (k_{p,rsu} * \sqrt{q_p + dt * k_t * f_i * k_t_{rsu} * \sqrt{q_t}} / f_i) * B = 0,81422$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_э = M_э / N_э = -0,215003$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{гэ}$ ($N_{гп}$) = $-1 * (d_p * k_{p,rsu} * \sqrt{q_p + dt * k_t * f_i * k_t_{rsu} * \sqrt{q_t}} / f_i) * B = 0,72$ кН/м (d_p и d_t - доля длительности, заданная в РСУ)

Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_{п}$) = $N_{гэ} / N_э$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация РСУ $L_{63} + 0,7 * L_{64} + L_{65} - 0,9 * L_{69} + L_{121} + L_{122}$
- в исходных данных для группы элементов № 24 параметры $k_p = 1, k_t = 1$;
- в исходных данных для группы этажа № 96 параметры $n = 1, L = 3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L = 3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4 + (1 - 0,4) / 1^{0,5} = 1,000$ ($n = 1$);
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 65 ($L_t = 5$) $k_{t,rsu} = 1$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 1 * 1,23293 + 1 * 1 * 0,36358 = 1,59651$ кН/м²
($s_{x1} = k_p * k_{p,rsu} * \sqrt{q_p + k_t * f_i * k_t_{rsu} * \sqrt{q_t}} / f_i = -1,59651$ кН/м²);
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $M_э = h \sigma_{x1} e_1 = 0,51 * 1,59651 * 0,215 = 0,17506$ кНм/м ($M_э = 1 * B * s_{x1} * E_1 = -0,17506$ кН*м);
- $N_э = h (k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}) = 0,51 * (1 * 1,23293 + 1 * 1 * 0,36358) = 0,81422$ кН/м
($N_э$ ($N_{п}$) = $-1 * (k_{p,rsu} * \sqrt{q_p + k_t * f_i * k_t_{rsu} * \sqrt{q_t}} / f_i) * B = 0,81422$ кН/м) кН/м;
- $E_э = \frac{M_э}{N_э} = 0,1743 / 0,811 = 0,21492$ м ($E_э = M_э / N_э = -0,215003$ м).

По максимальному коэффициенту a_3 (максимальный эксцентриситет) для проверки допустимого эксцентриситета и по раскрытию трещин:

Элемент № 45375

Кэф. использования $a_3 = 1,204$

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B = 0,51$ м

Нагрузка от ветра $q = 1,25$ кН/м²

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) $N_э$ ($N_{п}$) = 0,00333 кН/м

Приведенный эксцентриситет опирания перекрытия на стену $E_э$ ($E_{п}$) = 0,216216 м

Коэффициент длительной части для $N_э$ ($N_{п}$): не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Данные об армировании не заданы

Трассировка расчета

Напряжение $\sigma_{xs} = -14,4$ кН/м² от РСУ $0,783 * L_1 + 0,804 * L_2 - L_9$ с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей ($f_i = 1$ для загрузки № 3)

Напряжение $\sigma_{xgs} = 0$ кН/м² от РСУ не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0,3 м или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3 с учетом коэффициента временных нагрузок от двух и более этажей

Напряжение от постоянных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 40) $q_{p,r} = -0,00834$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для постоянных нагрузок на перекрытия $k_{p,rsu} = 0,783$

Напряжение от временных нагрузок на перекрытие над этажом (загрузка № 41) $q_{t,r} = -0,00223$ кН/м²

Коэффициент сочетания в РСУ для временных нагрузок на перекрытия (в РСУ загрузка № Lt отсутствует) $f_i \cdot k_t \cdot r_{su} = 0$ (если $k_t \cdot r_{su} \leq -1$, то $k_t \cdot r_{su} = k_t \cdot r_{su}$, если $-1 < k_t \cdot r_{su} < 0$, то $k_t \cdot r_{su} = -1$, если $0 < k_t \cdot r_{su} < 1$, то $k_t \cdot r_{su} = 1$, если $k_t \cdot r_{su} \geq 1$, то $k_t \cdot r_{su} = k_t \cdot r_{su}$)

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для постоянной нагрузки $k_p = 1$

Коэффициент управления эксцентриситетом от перекрытия в зависимости от количества (1 или 2) и размеров примыкающих пролетов для временной нагрузки $k_t = 1$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытия для расчета M_3 $s_{x1} = k_p \cdot k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot s_{qt} / f_i} = -0,00653$ кН/м²

Объемный вес кладки $g = 20,8$ кН/м³

Расстояние от центра элемента до верха этажа $x = 0,24$ м

Высота этажа: 2,4 м

Расчетная высота: 2,16 м

Коэффициент расчетной высоты: 0,9

Толщина стены $B = 0,51$ м

Нагрузка от ветра $k_w \cdot w = 1,2528$ кН/м²

Ширина опирания перекрытия на стену: 0,12 м

Эксцентриситет опирания перекрытия (перекрытий) на стену $E_1 = 0,215$ м

Приведенный момент от опирания перекрытия (перекрытий) на стену $M_3 = 1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1 = -0,00072$ кН*м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) N_3 ($N_{п}$) $= -1 \cdot (k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot s_{qt} / f_i}) \cdot B = 0,00333$ кН/м

Приведенный эксцентриситет $E_3 = M_3 / N_3 = -0,216216$ м

Нагрузка от этажа над стеной (перекрытия над стеной) от длительных нагрузок $N_{г3}$ ($N_{гп}$) $= -1 \cdot (d_p \cdot k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{d_t \cdot k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot s_{qt} / f_i}) \cdot B = 0$ кН/м (d_p и d_t - доля длительности, заданная в РСУ)

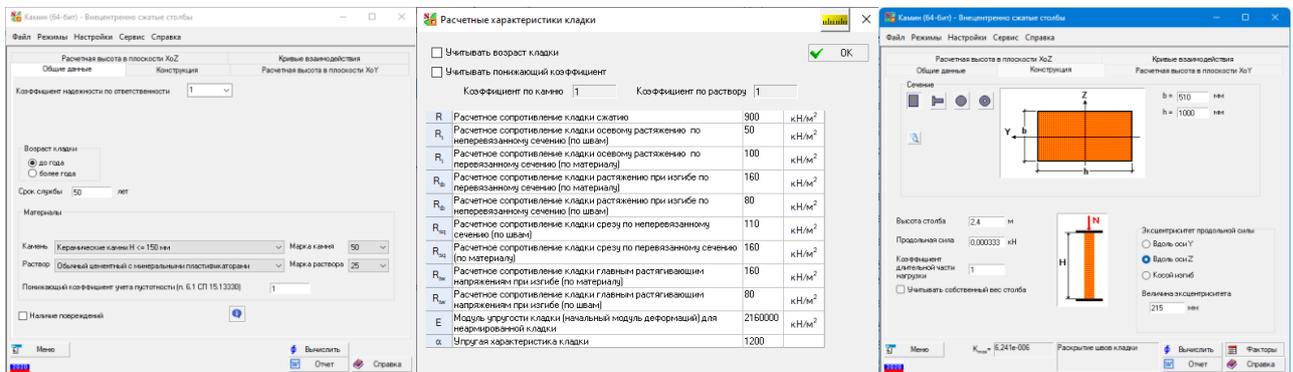
Коэффициент длительной части для N_3 ($N_{п}$) $= N_{г3} / N_3 =$ не влияет на результат поскольку по формуле 7.7 $m_g = 1$ (толщина стены 300 и более мм, или коэффициент $\eta = 0$ по табл. 7.3)

Тестовая проверка и пояснения:

- комбинация РСУ 0,783*L1+0,804*L2-L9;
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 65 ($L_t = 5$) $k_{t,rsu} = 0$, соответственно $k_{t,rsu} = 0$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{x1} = k_p \cdot k_p \cdot r_{su} \cdot \sigma_{qp} + k_t \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot \sigma_{qt} = 1 \cdot 0,783 \cdot -0,00834 + 1 \cdot 0 \cdot -0,00223 = -0,00653$ кН/м² ($s_{x1} = k_p \cdot k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot s_{qt} / f_i} = -0,00653$ кН/м²);
- поскольку стена толщиной 510 > 300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g = 1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $M_3 = h \cdot \sigma_{x1} \cdot e_1 = 0,51 \cdot -0,00653 \cdot 0,215 = -0,000716$ кНм/м ($M_3 = 1 \cdot B \cdot s_{x1} \cdot E_1 = -0,00072$ кН*м);
- $N_3 = -h \cdot (k_p \cdot r_{su} \cdot \sigma_{qp} + k_t \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot \sigma_{qt}) = -0,51 \cdot (0,783 \cdot -0,00834 + 1 \cdot 0 \cdot -0,00223) = 0,00333$ кН/м (N_3 ($N_{п}$) $= -1 \cdot (k_p \cdot r_{su} \cdot \sqrt{k_t \cdot f_i \cdot k_t \cdot r_{su} \cdot s_{qt} / f_i}) \cdot B = 0,0033$ кН/м) кН/м;
- $E_3 = \frac{M_3}{N_3} = 0,000716 / 0,00333 = 0,215015$ м ($E_3 = M_3 / N_3 = -0,216216$ м).

Исходные данные и результаты расчета в программе **КАМИН** по исходным данным выданным плагином BrickWalls для элемента № 45375 при максимальном а3 приведены на рис. 2.11.7.

Согласно п. 7.7 и 7.32 [1] длительная часть нагрузки учитывается при расчете коэффициент m_g для стен толщиной менее 30 см, а для стен толщиной более 300 мм $m_g = 1$, соответственно коэффициент длительности в программу **КАМИН** следует вводить только для кладки толщиной менее 300 мм.



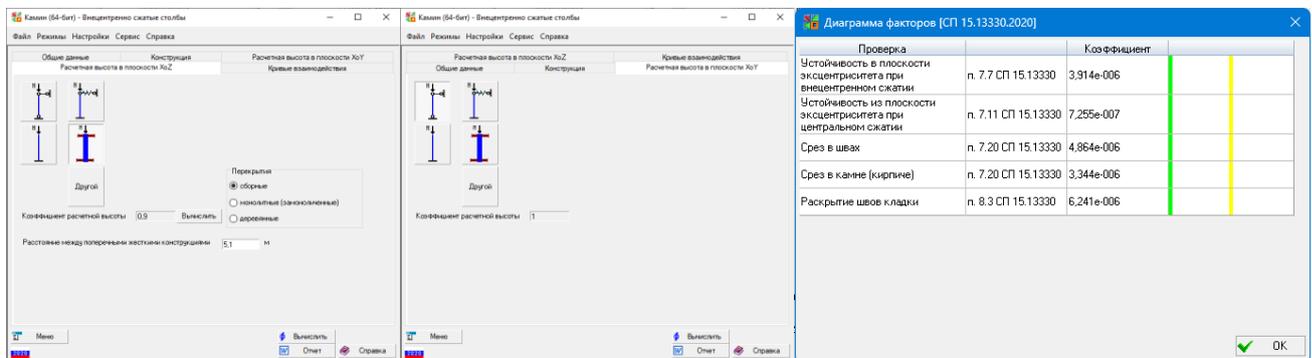


Рис. 2.11.7 – Исходные данные и результаты расчета простенка в программе **КАМИН** без армирования при использовании исходных данных, выданных плагином **BrickWalls** по КИ а3, при $k_p=k_t=1$

Результаты расчета через плагин **BrickWalls** для всех элементов стены первого этажа (номер группы – 44, отметки от 42 до +44,4) приведены в таблице 2.11.1, а далее приведен отчет с трассировкой расчета для элементов № 43051, 45375, 45053 а затем детальный разбор методики расчета, заложенной в плагин **BrickWalls**.

В таблице 2.11.1 использованы следующие обозначения:

- а1 - Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020;
- а2 - Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330.2020;
- а3 - Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020;
- а4 - Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$);
- а5 - Допускаемый эксцентриситет для кладки с сетчатым армированием (п.7.32) СП 15.13330.2020;
- а6 - Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k \cdot y); e_1/(y-0.02))$.

Таблица 2.11.1 – Результаты расчета стены через плагин **BrickWalls** через режим **Вариация моделей** (файл **Вариация.VPR**, но наименование отчетного файла **Модель_1_kred=0.8_result_Вариация.xlsx**)

группы	п.7.7, ф. (7.4)		п.7.32, ф. (7.26)		п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$		п.7.8, ф. (8.1)		п.7.32 $e_0 \leq 0.17h$		п.7.10 (max e)	
	Н эл.	а1	Н эл.	а2	Н эл.	а3	Н эл.	а4	Н эл.	а5	Н эл.	а6
15 эт чердак												
44	43051	0,2	43051	-	43051	0,08	43051	-	43051	-	43051	0,91
44	43084	0,09	43084	-	43084	0,13	43084	-	43084	-	43084	0,91
44	43280	0,15	43280	-	43280	0,07	43280	-	43280	-	43280	0,91
44	43461	0,1	43461	-	43461	0,02	43461	-	43461	-	43461	0,91
44	43530	0,12	43530	-	43530	0,02	43530	-	43530	-	43530	0,91
44	43664	0,08	43664	-	43664	0,03	43664	-	43664	-	43664	0,91
44	43995	0,08	43995	-	43995	0,14	43995	-	43995	-	43995	0,91
44	44097	0,07	44097	-	44097	0,13	44097	-	44097	-	44097	0,91
44	44216	0,06	44216	-	44216	0,14	44216	-	44216	-	44216	0,91
44	44614	0,05	44614	-	44614	0,23	44614	-	44614	-	44614	0,91
44	44726	0,05	44726	-	44726	0,22	44726	-	44726	-	44726	0,91
44	44778	0,04	44778	-	44778	0,22	44778	-	44778	-	44778	0,91
44	45053	0	45053	-	45053	1,2	45053	0	45053	-	45053	0,94
44	45271	0	45271	-	45271	1,2	45271	0	45271	-	45271	0,94
44	45375	0	45375	-	45375	1,2	45375	0	45375	-	45375	0,94

Вывод – Коэффициенты использования, полученные в плагине **BrickWalls** выше, чем приведенные выше результаты ручного расчета и в программе **КАМИН** по следующим причинам:

- несущий простенок включается в работу в моделях № 2 и 3 за счет включения в работу перемычек;

- напряжения в нижнем максимально нагруженном элементе получаются завышенными, поскольку на 15 этаже стена сплошная, а ниже 15 в виде простенка, чего на самом деле не будет, так как стена опирается на перемычку, которая в расчетной модели никак не учтена (рис. 2.11.8);
- по методике расчета в плагине **BrickWalls**, поскольку напряжения от нагрузок от перекрытия не равны нулю, а в исходных данных задана не нулевая ширина опирания перекрытия, то учитывается несуществующий момент от эксцентриситета опирания перекрытия.

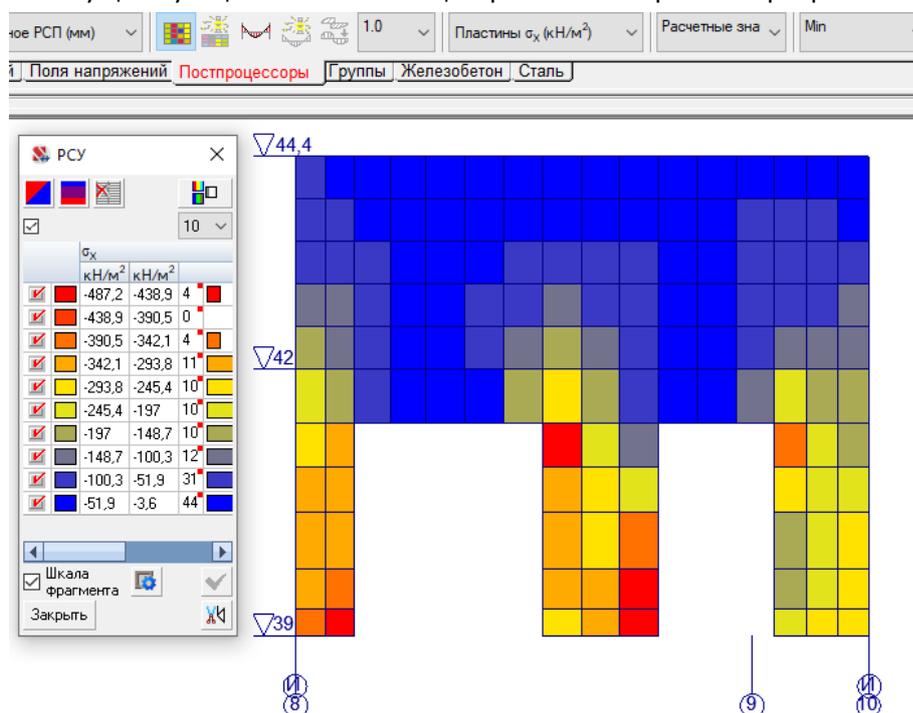


Рис. 2.11.8 – Вертикальные напряжения для фрагмента верхней части стены, включающего участок № 44

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 43051 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_trace_Вариация.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 15 эт чердак

Имя группы: 15 эт чердак f=16 h=2,4 l0=2,16 Lp=1 qp=40 Lt=5 qt=41 b=0,12 w=0,54 L=3 n=1 u=1 (BWL)

Нижний уровень: 42 м; Верхний уровень: 44,4 м;

Параметры группы этажа:

- Номер этажа (f)=16;
- Высота этажа (h)=2,4 м | Расчетная высота (l0)=2,16 м;
- qp=40 (Пост. пп +44.4 qp=15 эт чердак);
- qt=41 (кр. пп +44.4 qt=15 эт чердак);
- b=0,12 м;
- w=0,54 кН/м²;
- L=3 (Врем-типовые (L));
- n=1;
- u=1 (является последним этажом);

****Номер элемента 43051****

Номер группы: 44

Имя группы: 44 a1=9 a2=0 kw=2,32 kp=1 kt=1 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

- Низ: 42 м
- Середина: 42,24 м
- Верх: 42,48 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,51 м
 -a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
 -a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
 -kw=2,32 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: НС 11 и выше эт

-Прочностные характеристики: R_x=0,9 МПа | R_y=0,72 МПа | R_{tx}=0,05 МПа | R_{ty}=0,11 МПа | R_{sqx}=0,4 МПа | R_{sqy}=0,11 МПа | R_{tw}=0,08 МПа | k=2 | a=1200 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:

-Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0,201

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -177,555 кН/м2 | Комбинация: L63+0,7*L64+L65-0,9*L69+L121+L122

-Sig_x: -177,555 кН/м2 | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м2 | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_x1: -1,597 кН/м2 | Комбинация: L40+L41

-Sig_x1g: 0 кН/м2 | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -177,555 кН/м2 | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м2 | Комбинация: Sig_xg

Согласно заданным исходным данным (рис. 2.11.9) для группы № 81 в модели № 1 (файл **Модель_1_kred=0.8.SPR**) из которой в режиме **Вариация моделей** берутся исходные данные для плагина **BrickWalls**:

- номер постоянного нагружения на перекрытия $L_p=1$;
- номер постоянного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_p=40$ (является частью нагружения № L_p для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**);
- номер временного нагружения на перекрытия $L_t=5$;
- номер временного нагружения на перекрытие от которого берутся напряжения для расчета эксцентриситета от перекрытия $q_t=41$ (является частью нагружения № L_t для модели № 1 в режиме **Вариация моделей**).

Для расчета эксцентриситета от постоянных нагрузок на перекрытие напряжение принято по нагружению 40 ($q_p=40$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 1 ($L_p=1$), напряжение от временных нагрузок принято по нагружению 41 ($q_t=41$), а коэффициент сочетания из РСУ по нагружению 65 ($L_t=5$, но в режиме **Вариация моделей** по нагружению 65).

№ группы	Имя этажа	Номер этажа	h	l0	Lp	qp	qt	b	w	L	n	
80	-1 эт -2,2-0	-1	2,2	1,98	1	10	3	11	0,12	0	3	14
81	1 эт 0-3	1	3	2,7	1	12	3	13	0,12	0,46	3	13
82	2 эт 3-6	2	3	2,7	1	14	3	15	0,12	0,46	3	12
83	3 эт 6-9	3	3	2,7	1	16	3	17	0,12	0,46	3	11
84	4 эт 9-12	4	3	2,7	1	18	3	19	0,12	0,46	3	10
85	5 эт 12-15	5	3	2,7	1	20	3	21	0,12	0,46	3	9
86	6 эт 15-18	6	3	2,7	1	22	3	23	0,12	0,54	3	8
87	7 эт 18-21	7	3	2,7	1	24	3	25	0,12	0,54	3	7
88	8 эт 21-24	8	3	2,7	1	26	3	27	0,12	0,54	3	6
89	9 эт 24-27	9	3	2,7	1	28	3	29	0,12	0,54	3	5
90	10 эт 27-30	10	3	2,7	1	30	3	31	0,12	0,54	3	4
91	11 эт 30-33	11	3	2,7	1	32	3	33	0,12	0,54	3	3
92	12 эт 33-36	12	3	2,7	1	34	3	35	0,12	0,54	3	2
93	13 эт 36-39	13	3	2,7	1	36	3	37	0,12	0,54	3	1
94	14 эт 39-42	14	3	2,7	1	38	4	39	0,12	0,54	3	1
95	15 эт чердак под надстройкой	15	2,4	2,16	1	40	3	41	0,12	0,54	3	1
96	15 эт чердак	16	2,4	2,16	1	40	3	41	0,12	0,54	3	1
97	Надстройка над кровлей	17	1,6	1,44	1	42	3	43	0,12	0,54	3	1

Рис. 2.11.9 – Исходные данные по этажам для плагина **BrickWalls**

Напряжения для определения расчетного эксцентриситета:

- комбинация РСУ L63+0,7*L64+0,7*L65-0,9*L69+L121+L122 (рис. 2.11.1);
- в исходных данных для группы элементов № 44 параметры $k_p=1$, $k_t=1$;
- в исходных данных для группы этажа № 96 параметры $n=1$, $L=3$, соответственно коэффициент, учитывающий временные нагрузки от двух и более этажей (п. 6.8 [3]) для загрузки № 3 ($L=3$) $\varphi = \varphi_3 = 0,4+(1-0,4)/1^{0,5}=1,000$ ($n=1$);
- коэффициент сочетания в РСУ для загрузки № 65 ($L_t=5$) $k_{t,rsu}=0,7$, соответственно $k_{t,rsu} = 1$ (пояснения см. п. 2.1);
- $\sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} - k_{t,rsu}\sigma_{xt} + \varphi k_{t,rsu}\sigma_{xt} = -175,53 - 0,7 * -6,76 + 1 * -6,76 = -177,558$ кН/м² (Sig_xs = -177,555 кН/м²);
- поскольку стена толщиной 510 > 300 мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности;
- $\sigma_x = \sigma_{xs} + k_{t,rsu}\sigma_{qt}(k_t - 1) = -177,558 + 1 * -1,2329 * (1 - 1) = -177,558$ кН/м² (Sig_x: -177,555 кН/м²);
- от комбинации L40+L41
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1 * 1 * -1,233 + 1 * 1 * -0,364 = -1,597$ кН/м² (Sig_x1: -1,597 кН/м²).

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -0,01751 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: -0,48709 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,005572 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Согласно п. 9.14 СП 15.13330.2020 эксцентриситет от перекрытия $E1 = \max(0,5h - b/3; 0,5h - 0,07) = \max(0,5 * 0,51 - 0,12/3; 0,5 * 0,51 - 0,07) = \max(0,215; 0,185) = 0,215$ м ($b=0,12$ м – ширина опирания плиты, $h=0,51$ м – толщина стены), ($E1: 0,215$ м).

Для проверки усилий от вертикальной нагрузки и от ветра на рис. 2.11.4 приведены эпюры моментов от единичных нагрузок для расчетных схем, реализованных в плагине **BrickWalls**

$M1 = \text{Sig}_x1 * 1 \text{ м} * h * E1(1 - x/H) = -1,597 * 0,51 * 0,215 * (1 - (2,4 - 0,24)/2,4) = -0,01751$ кН*м (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа). По эпюре моментов на рис. 2.11.8 $M1 = -1,597 * 0,51 * 0,0215 = -0,01751$ (M1: -0,01751 кН * м).

По эпюре моментов, приведенной на рис. 2.11.8

$M3 = kw * w * -0,3888 = 2,32 * 0,54 * -0,3888 = -0,48709$ кНм (M3: -0,48709 кН * м). В плагине BrickWalls правило знаков для моментов от ветра при положительном значении w или kw принято по рис. 2.9.10, т.е. таким, чтобы момент от ветра под перекрытием суммировался с моментом от перекрытия.

Расчетный эксцентриситет

$E_0 = |(M1 + M2 + M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + e_v = \text{ABS}(-0,01751 + 0 - 0,48709) / (177,555 * 0,51) + 0 = 0,005572$ м ($E_0: 0,005572$ м).

Проверка по допускаемым эксцентриситетам:

- коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] $a_3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,005572 / (0,7 * 0,51/2) = 0,0312$, соответственно расчет по раскрытию трещин не требуется;
- коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_b = \max((E_0 / (k * \gamma)); E_1 / (\gamma - 0,02)) = \max(0,005572 / (0,9 * 0,51/2); 0,215 / (0,51/2 - 0,02)) = \max(0,024; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$).

Расчетные параметры:

- M_G: 1 (п. 7.7)
- Fi_1: 0,992 (ф. 7.6)
- Omega: 1,010926 (таб. 7.2)
- A_c: 0,499 м² (ф. 7.5)
- Mu: 0 % (п. 7.31)

-Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)

-R: 0,9 МПа

M_G=1 поскольку толщина стены $h=51$ см > 30 см (последний абзац п. 7.7 [1]), (M_G: 1).

Согласно п. 7.2 [1] $\lambda_h = l_0/h=2,16/0,51=4,235$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi=0,996$.

Высота сжатой части поперечного сечения стены $h_c=h-2e_0=0,51-2*0,005572=0,499$ м.

$\lambda_{hc} = H/h_c=2,4/0,499=4,810$, соответственно по табл. 7.1 [1] при $\alpha=1200$ коэффициент продольного изгиба $\varphi_c=0,987$.

По формуле (7.6) [1] $\varphi_1 = \frac{\varphi+\varphi_c}{2}=(0,996+0,987)/2=0,992$ (Fi_1: 0,992).

По формуле (7.5) [1] $A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right)=0,51*1*(1-2*0,005572/0,51)=0,499$ м² (A_c: 0,499 м²).

По табл. 7.2 [1] $\omega = 1 + \frac{e_0}{h}=1+0,005572/0,51=1,01093 < 1,45$ (Omega: 1,011093).

По формуле (7.4) [1] $a_1 = \frac{|\sigma_x h|}{m_g \varphi_1 R A_c \omega}=177,555*0,51/(1*0,992*900*0,499*1,011093)=0,201$

(КИ: 0,201).

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие а5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (а3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0,7(h/2)$

КИ: 0,076

Критическое напряжение:

-Sig_xs: -72,008 кН/м² | Комбинация: 0,783*L1+0,804*L2+L69

-Sig_x: -72,008 кН/м² | Формула: Sig_xs+Sig_qt*kt_rsu*(kt-1)

-Sig_xgs: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: SigXgs+Sig_qt*kt_rsu*d*(kt-1)

-Sig_xl: -0,965 кН/м² | Комбинация: 0,783*L40+0*L41

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент eta=0 по табл. 7.3

-Sig_x2: -72,008 кН/м² | Комбинация: Sig_x

-Sig_x2g: 0 кН/м² | Комбинация: Sig_xg

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,01058 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: -0,48709 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,013552 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

Напряжение $\sigma_{xs,pcy}=-72,00769$ кН/м², соответствующее Sig_xs=72,008 кН/м² приведено на рис. 2.11.10.

[Элемент № 43051] Расчетные сочетания в элементе

Тип комбинации: Все

Сортировать по: σ_x (мин, макс, макс, мин)

Коэффициент надежности по ответственности

Критерий	Тип комбинации	σ_x кН/м ²	σ_y кН/м ²	τ_{xy} кН/м ²	M_x кН/м	M_y кН/м	M_{xy} кН/м ²	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x кН/м ²	R_y кН/м ²	Формула
12120	Нормативные длительные	-74,64503	14,27358	7,97989	0,005	0,071	-0,308	-0,009	-0,193	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.2423*L3+0.25*L5+0*L9
12000	Нормативные длительные	-74,63045	14,2729	7,97995	0,009	0,072	-0,31	-0,011	-0,195	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.2692*L3
4150	Нормативные длительные	-74,6284	14,27557	7,97047	0,008	0,072	-0,31	-0,01	-0,195	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.2423*L3+0.2041*L4+0*L69
11015	Нормативные длительные	-74,5953	14,26621	7,97587	0,004	0,069	-0,303	-0,006	-0,19	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.1884*L3+0.2041*L4+0.3214*L5+0*L9
12135	Нормативные длительные	-74,58982	14,26678	7,97317	0,005	0,069	-0,304	-0,006	-0,191	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.1884*L3+0.2625*L4+0.2514*L5+0*L8
12000	Нормативные длительные	-74,56145	14,25858	7,97642	0,008	0,07	-0,303	-0,01	-0,191	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.2423*L3+0*L9
8002	Нормативные длительные	-74,56145	14,25858	7,97642	0,008	0,07	-0,303	-0,01	-0,191	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.2423*L3+0*L69
4150	Расчетные значения	-74,53509	17,23023	3,22695	-0,186	-0,568	-0,532	0,375	-0,164	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+0.9*L3+0.7*L4+L69
12000	Нормативные значения	-74,50048	14,26456	8,03232	0,126	0,527	-0,3	-0,193	-0,356	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.7142*L9
0	Нормативные длительные	-73,94044	14,12969	7,98063	0,007	0,053	-0,242	-0,002	-0,156	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0*L69
2045	Нормативные длительные	-73,94044	14,12969	7,98063	0,007	0,053	-0,242	-0,002	-0,156	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0*L9
0	Нормативные значения	-73,94044	14,12969	7,98063	0,007	0,053	-0,242	-0,002	-0,156	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2
0	Нормативные длительные	-73,94044	14,12969	7,98063	0,007	0,053	-0,242	-0,002	-0,156	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2
2045	Нормативные значения	-72,72616	13,8958	8,04436	0,123	0,479	-0,126	-0,17	-0,253	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.7142*L9
0	Расчетные значения	-72,00769	16,69325	3,263	-0,189	-0,636	-0,283	0,404	-0,017	0	0	0.7826*L1+0.8035*L2+L69
90	Нормативные значения	-70,93655	15,32635	5,30382	-0,139	-0,446	-0,243	0,293	-0,036	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6428*L5+0.7142*L69
7000	Нормативные значения	-69,18552	15,1531	4,30722	-0,122	-0,336	-0,467	0,239	-0,18	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.7692*L3+0.5833*L4+0.5*L5+0.6428*L69
1500	Нормативные значения	-68,21309	15,17171	3,90301	-0,137	-0,391	-0,448	0,27	-0,157	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.5833*L4+0.5*L5+0.7142*L69
4150	Нормативные значения	-68,04592	15,14171	3,89606	-0,132	-0,393	-0,438	0,267	-0,153	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.6923*L3+0.5833*L4+0.7142*L69
0	Нормативные значения	-66,08762	14,72492	3,9251	-0,134	-0,445	-0,244	0,288	-0,039	0	0	0.6805*L1+0.7174*L2+0.7142*L69

Выход | Справка

Рис. 2.11.10 – РСУ для элемента № 43051

Поскольку коэффициент, учитывающий понижение нагрузки от двух и более этажей $\varphi=1$, коэффициенты управления эксцентриситетом $k_t=1$, $k_p=1$, то

$$\sigma_x = \sigma_{xs} = \sigma_{xs,pcy} = -72,008 \text{ кН/м}^2 \text{ (Sig}_x: -72,008 \text{ кН/м}^2\text{)}.$$

Приведенное напряжение от нагрузок на перекрытие для расчета момента от перекрытия (по рис. 2.11.3) по РСУ $0,783*L1+0,804*L2+L69$ от комбинации $0,783*L40+0*L41$

$$\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,7826*-1,23293+0=-0,9649 \text{ кН/м}^2$$

(Sig_x1: -0,965 МПа), в плагине **BrickWalls** если временная нагрузка на перекрытие не вошла в комбинацию для σ_{xs} , то при расчете σ_{x1} принимается $k_{t,rsu}=0$.

$M1 = \text{Sig}_x1 * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -0,965 * 0,51 * 0,215 * (1-(2,4-0,24)/2,4) = -0,01058 \text{ кН} * \text{м}$ (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, H – высота этажа). По эпюре моментов на рис. 2.9.9 $M1 = -1,3285 * 0,51 * 0,0215 = -0,01457$ ($M1$: -0,01058 кН * м).

Расчетный эксцентриситет

$$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig}_x| * h) + ev = \text{ABS}(-0,01058+0-0,48709) / (72,008 * 0,51) + 0 = 0,01355$$

(E_0: 0,013552 м).

$$\text{Коэффициент использования согласно п. 7.8 [1] } a3 = E_0 / (0,7\gamma) = 0,013552 / (0,7 * 0,51/2) = 0,076$$

(КИ: 0,076)

-----Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) внецентренно сжатых не армированных каменных конструкций (п.8.3) СП 15.13330. | Не выполнено условие $a3$ -----

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e0/(k*y); e1/(y-0.02))$ (a6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,915

Критическое напряжение:

$$-\text{Sig}_{xs}: -92,538 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: L1+L2+L69}$$

$$-\text{Sig}_x: -92,538 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Формула: Sig}_{xs} + \text{Sig}_{qt} * k_t * k_{rsu} * (k_t - 1)$$

$-\text{Sig}_{xgs}: 0 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент } \eta = 0 \text{ по табл. 7.3}$

$$-\text{Sig}_{xg}: 0 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Формула: Sig}_{xgs} + \text{Sig}_{qt} * k_t * k_{rsu} * d * (k_t - 1)$$

$$-\text{Sig}_{x1}: -1,233 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: L40+0*L41}$$

$-\text{Sig}_{x1g}: 0 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент } \eta = 0 \text{ по табл. 7.3}$

$$-\text{Sig}_{x2}: -92,538 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: Sig}_x$$

$$-\text{Sig}_{x2g}: 0 \text{ кН/м}^2 \quad | \text{ Комбинация: Sig}_x$$

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м – эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,01352 кН * м – момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м – момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м – эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м – момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м – момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: -0,48709 кН * м – момент от ветра

-M3g: 0 кН * м – момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,010607 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- k_y : 0,9 y (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)
- $e_0/(k*y)$: 0,04622 (п. 7.10)
- $e_1/(y-0,02)$: 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_b = \max(E_0/(k*y); E_1/(y-0,02)) = \max(0,010607/(0,9*0,51/2); 0,215/(0,51/2-0,02)) = \max(0,046; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,915).

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 45375 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл «Модель_1_kred=0.8_trace_Вариация.txt»).

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сеймики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 15 эт чердак

Имя группы: 15 эт чердак $f=16$ $h=2,4$ $l_0=2,16$ $L_p=1$ $q_r=40$ $L_t=5$ $q_t=41$ $b=0,12$ $w=0,54$ $L=3$ $n=1$ $u=1$ (BWL)

Нижний уровень: 42 м; Верхний уровень: 44,4 м;

Параметры группы этажа:

-Номер этажа (f)=16;
-Высота этажа (h)=2,4 м | Расчетная высота (l_0)=2,16 м;
- $q_r=40$ (Пост. пп +44.4 $q_r=15$ эт чердак);
- $q_t=41$ (кр. пп +44.4 $q_t=15$ эт чердак);
- $b=0,12$ м;
- $w=0,54$ кН/м²;
- $L=3$ (Врем-типовые (L));
- $n=1$;
- $u=1$ (является последним этажом);

****Номер элемента 45375****

Номер группы: 44

Имя группы: 44 $a_1=9$ $a_2=0$ $k_w=2,32$ $k_p=1$ $k_t=1$ (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 43,92 м
-Середина: 44,16 м
-Верх: 44,4 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,51 м
- $a_1=9$ м² (п. 6.7 СП 20.13330)
- $a_2=0$ м² (п. 6.7 СП 20.13330)
- $k_w=2,32$ (в расчете использовался k_w)

Жесткость КЭ:

-Имя: НС 11 и выше эт
-Прочностные характеристики: $R_x=0,9$ МПа | $R_y=0,72$ МПа | $R_{tx}=0,05$ МПа | $R_{ty}=0,11$ МПа | $R_{sqx}=0,4$ МПа | $R_{sxy}=0,11$ МПа | $R_{tw}=0,08$ МПа | $k=2$ | $a=1200$ | $n=1$ | $p=2$ | $e_v=0$ | $y_r=1,5$ | $\eta=1$ | $\gamma_n=1$

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
-Параметры: $dh=0$

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a_1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0

Критическое напряжение:

-маркер « e_0 для верхних этажей» активирован:
-Комбинация: Формула: $L_1+L_2+0,7*L_4+L_5-L_{129}$
- Sig_x : -0,011 кН/м² | Формула: $L_{40}+L_{41}$ ($\text{Sig}_x=k_p \text{rsu} * \text{sqp} + k_t * \text{fi} * k_t \text{rsu} * \text{sqf} / \text{fi}$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -0,011 кН/м² | Комбинация: L40+L41 ($\text{Sig}_{x1} = k_p * k_{p_rsu} * \text{sqp} + k_t * f_i * k_t_rsu * \text{sq} / f_i$)

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,00116 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)

-Fi_1: 0,739 (ф. 7.6)

-Omega: 1,421569 (таб. 7.2)

-A_c: 0,08 м² (ф. 7.5)

-Mu: 0 % (п. 7.31)

-Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)

-R: 0,9 МПа

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие a_5 -----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (a_3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0.7 (h/2)$

КИ: 1,204

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,783 * L_1 + 0,804 * L_2 - L_9$

-Sig_x: -0,007 кН/м² | Формула: $0,783 * L_{40} + 0 * L_{41}$ ($\text{Sig}_x = k_p_rsu * \text{sqp} + k_t * f_i * k_t_rsu * \text{sq} / f_i$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -0,007 кН/м² | Комбинация: $0,783 * L_{40} + 0 * L_{41}$ ($\text{Sig}_{x1} = k_p * k_{p_rsu} * \text{sqp} + k_t * f_i * k_t_rsu * \text{sq} / f_i$)

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,00072 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

-----Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$); (a_4)-----

Доп информация: п.7.8, ф. (8.1)

КИ: 0

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $L_1 + L_2 + 0,7 * L_4 + L_5 - L_{129}$

-Sig_x: -0,011 кН/м² | Формула: $L_{40} + L_{41}$ ($\text{Sig}_x = k_p_rsu * \text{sqp} + k_t * f_i * k_t_rsu * \text{sq} / f_i$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -0,011 кН/м² | Комбинация: $L_{40} + L_{41}$ ($\text{Sig}_{x1} = k_p * k_{p_rsu} * \text{sqp} + k_t * f_i * k_t_rsu * \text{sq} / f_i$)

-Sig_xlg: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -0,00116 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: 0 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- γ_r : 1,5 (таб. 8.1)
- R_{tb} : 0,12 МПа

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k*\gamma); e_1/(\gamma-0.02))$ (а6)-----

Доп информация: п.7.10 ($\max e$)

КИ: 0,937

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,783*L1+0,804*L2-L9$

- σ_x : -0,007 кН/м² | Формула: $0,783*L40+0*L41$ ($\sigma_x=k_p r_{su} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}$)

- σ_{xg} : 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

- σ_{x1} : -0,007 кН/м² | Комбинация: $0,783*L40+0*L41$ ($\sigma_{x1}=k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt}$)

- σ_{x1g} : 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

- E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия
- M1: -0,00072 кН * м - момент от перекрытия
- M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)
- E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте
- M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте
- M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)
- M3: 0 кН * м - момент от ветра
- M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)
- E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)
- E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- k_γ : 0,9 γ (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

- $e_0/(k*\gamma)$: 0,936819 (п. 7.10)

- $e_1/(\gamma-0.02)$: 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

Поскольку элемент 45375 является верхним и элементом верхнего этажа и при запуске на расчет

Расчет

активирован чекбокс e0 для верхних элементов то:

- комбинация РСУ $L1+L2+0,7*L4+L5-L129$;
- от комбинации $L40+L41$
 $\sigma_x = k_p r_{su} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,00834 + 1*1*0,00223 = -0,01057$ кН/м²
(σ_x : -0,011 кН/м²);
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности.
- от комбинации $L40+0*L41$
 $\sigma_{x1} = k_p k_{p,rsu} \sigma_{qp} + k_t k_{t,rsu} \sigma_{qt} = 1*0,00834 + 1*1*0,00223 = -0,01057$ кН/м²
(σ_{x1} : -0,011 кН/м²);
- поскольку стена толщиной $510 > 300$ мм, то коэффициент по формуле (7.7) [1] $m_g=1$, соответственно для его расчета не требуется определение коэффициента длительности.

$M1 = \text{Sig_x1} * 1 \text{ м} * h * E1(1-x/H) = -0,01057 * 0,51 * 0,215 * (1-0/2,4) = -0,001159 \text{ кН} * \text{м}$ (x – расстояние от верха этажа до центра элемента, но для верхних элементов верхнего этажа принято $x=0$, H – высота этажа), (M1: -0,00116 кН * м)

Расчетный эксцентриситет

$E_0 = |(M1+M2+M3)| / (|\text{Sig_x}| * h) + e_v = \text{ABS}(-0,001159+0+0) / (0,01057 * 0,51) + 0 = 0,215 \text{ (} E_0: 0,215 \text{ м)}$;

Коэффициент использования согласно п. 7.10 [1] $a_b = \max(E_0 / (k * y); E_1 / (y - 0,02)) = \max(0,215 / (0,9 * 0,51 / 2); 0,215 / (0,51 / 2 - 0,02)) = \max(0,937; 0,915) = 0,915$ (согласно п. 7.10 СП 15.13330.2020 для основного сочетания $k=0,9$), (КИ: 0,937).

Трассировка расчета из плагина «BrickWalls» по элементу № 45053 с тестовыми проверками и пояснениями (использован файл Вариация.VPR, но данные выводятся в файл Модель_1_kred=0.8_trace_Вариация.txt).

Особенностью элемента № 45053 является то, что по нагрузкам № 40 и 41 в нем возникает растяжение, что в реальности невозможно, поэтому для верхних элементов верхнего этажа в плагине **BrickWalls** при

активном чекбоксе **Расчет e0 для верхних элементов** приняты следующие правила:

- если $\sigma_{qp} > 0$, то $\sigma_{qp} = 0,01 \text{ кН/м}^2$;
- если $\sigma_{qt} > 0$, то $\sigma_{qt} = 0,01 \text{ кН/м}^2$.

Расчеты выполнены по ГОСТ 27751-2014 (изм. 1), СП 15.13330.2020, [3] (изм. 4), СП 63.13330.2018 (изм. 2), при наличии сейсмики [5] (изм. 3).

Имя этажа: 15 эт чердак

Имя группы: 15 эт чердак f=16 h=2,4 l0=2,16 Lp=1 qр=40 Lt=5 qt=41 b=0,12 w=0,54 L=3 n=1 u=1 (BWL)

Нижний уровень: 42 м; Верхний уровень: 44,4 м;

Параметры группы этажа:

-Номер этажа (f)=16;
-Высота этажа (h)=2,4 м | Расчетная высота (l0)=2,16 м;
-qр=40 (Пост. пп +44.4 qр=15 эт чердак);
-qt=41 (кр. пп +44.4 qt=15 эт чердак);
-b=0,12 м;
-w=0,54 кН/м2;
-L=3 (Врем-типовые (L));
-n=1;
-u=1 (является последним этажом);

****Номер элемента 45053****

Номер группы: 44

Имя группы: 44 a1=9 a2=0 kw=2,32 kр=1 kt=1 (BWW)

Координаты высоты КЭ:

-Низ: 43,92 м
-Середина: 44,16 м
-Верх: 44,4 м

Параметры стены:

-Толщина: 0,51 м
-a1=9 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-a2=0 м2 (п. 6.7 СП 20.13330)
-kw=2,32 (в расчете использовался kw)

Жесткость КЭ:

-Имя: НС 11 и выше эт

-Прочностные характеристики: Rх=0,9 МПа | Rу=0,72 МПа | Rtx=0,05 МПа | Rty=0,11 МПа | Rsqx=0,4 МПа | Rsqy=0,11 МПа | Rtw=0,08 МПа | k=2 | a=1200 | n=1 | p=2 | ev=0 | yr=1,5 | eta=1 | gn=1

Армирование стены: не задано

Сдвигка вышележащей стены:

-Имя:
-Параметры: dh=0

-----Прочность без учета сетчатого армирования (п. 7.7) СП 15.13330.2020; (a1)-----

Доп информация: п.7.7, ф. (7.4)

КИ: 0

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $L1+L2+0,9*L4+L5-L129$

-Sig_x: -0,02 кН/м² | Формула: $L40+L41$ (Sig_x= $k_p r_{su} \sqrt{kt} \cdot fi \cdot kt_{rsu} \sqrt{fi}$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -0,02 кН/м² | Комбинация: $L40+L41$ (Sig_x1= $k_p \cdot k_p r_{su} \sqrt{kt} \cdot fi \cdot kt_{rsu} \sqrt{fi}$)

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,00219 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-M_G: 1 (п. 7.7)

-Fi_1: 0,739 (ф. 7.6)

-Omega: 1,421569 (таб. 7.2)

-A_c: 0,08 м² (ф. 7.5)

-Mu: 0 % (п. 7.31)

-Fi_1_Arm: 0 (ф. 7.6)

-R: 0,9 МПа

-----Прочность с учетом сетчатого армирования (п. 7.32) СП 15.13330. | Армирование не задано/не выполняется условие a5-----

-----Условие выполнения расчета на раскрытие трещин (п.7.8) СП 15.13330.2020; (a3)-----

Доп информация: п.7.8 $e_0 < 0.7(h/2)$

КИ: 1,204

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,783*L1+0,804*L2-L9$

-Sig_x: -0,008 кН/м² | Формула: $0,783*L40+0*L41$ (Sig_x= $k_p r_{su} \sqrt{kt} \cdot fi \cdot kt_{rsu} \sqrt{fi}$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -0,008 кН/м² | Комбинация: $0,783*L40+0*L41$ (Sig_x1= $k_p \cdot k_p r_{su} \sqrt{kt} \cdot fi \cdot kt_{rsu} \sqrt{fi}$)

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,00086 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

-Расчетные параметры по СП не требуются для данной проверки:

-----Раскрытие трещин (швов кладки) внецентренно сжатых неармированных каменных конструкций (п.7.8) СП 15.13330.2020 (только при $a_3 > 1$); (a4)-----

Доп информация: п.7.8, ф. (8.1)

КИ: 0

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $L1+L2+0,9*L4+L5-L129$

-Sig_x: -0,02 кН/м² | Формула: $L40+L41$ (Sig_x= $kp_rsu*\sqrt{kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}}$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -0,02 кН/м² | Комбинация: $L40+L41$ (Sig_x1= $kp*kp_rsu*\sqrt{kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}}$)

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,00219 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- γ_r : 1,5 (таб. 8.1)

-R_{tb}: 0,12 МПа

-----Коэффициент использования по допускаемым эксцентриситетам (п.7.32) СП 15.13330. | Данные отсутствуют-----

-----Допускаемый эксцентриситет (с учетом случайного) без продольной арматуры в растянутой зоне (п. 7.10) СП 15.13330.2020; $\max(e_0/(k*\gamma); e_1/(\gamma-0.02))$ (а6)-----

Доп информация: п.7.10 (max e)

КИ: 0,937

Критическое напряжение:

-маркер «e0 для верхних этажей» активирован:

-Комбинация: Формула: $0,783*L1+0,804*L2-L9$

-Sig_x: -0,008 кН/м² | Формула: $0,783*L40+0*L41$ (Sig_x= $kp_rsu*\sqrt{kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}}$)

-Sig_xg: 0 кН/м² | Формула: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

-Sig_x1: -0,008 кН/м² | Комбинация: $0,783*L40+0*L41$ (Sig_x1= $kp*kp_rsu*\sqrt{kt*fi*kt_rsu*\sqrt{fi}}$)

-Sig_x1g: 0 кН/м² | Комбинация: Не рассчитывалась т.к. толщина стены более или равна 0.3 м или коэффициент $\eta=0$ по табл. 7.3

Информация о действующем эксцентриситете:

-E1: 0,215 м - эксцентриситет от перекрытия

-M1: -0,00086 кН * м - момент от перекрытия

-M1g: 0 кН * м - момент от перекрытия (постоянные, длительные загрузки)

-E2: 0 м - эксцентриситет от разности толщин стен по высоте

-M2: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте

-M2g: 0 кН * м - момент от разности толщин стен по высоте (постоянные, длительные загрузки)

-M3: 0 кН * м - момент от ветра

-M3g: 0 кН * м - момент от ветра (постоянные, длительные загрузки)

-E_0: 0,215 м - действующий эксцентриситет, в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330)

-E_0g: 0 м - действующий эксцентриситет (постоянные, длительные загрузки), в т.ч. случайный $e_v=0$ м (п. 7.10 СП 15.13330).

Расчетные параметры:

- k_γ : 0,9 γ (наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного), п. 7.10)

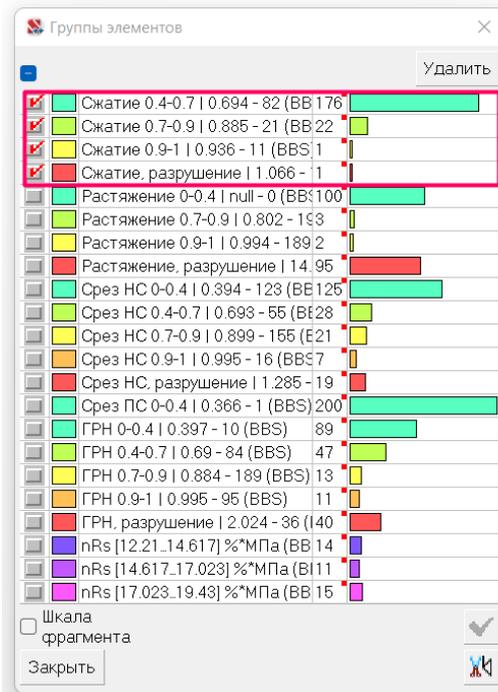
- $e_0/(k*\gamma)$: 0,936819 (п. 7.10)

- $e_1/(\gamma-0.02)$: 0,914894 (расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см, п. 7.10)

3 Контрольные тесты для плагина BrickBiaxialStrength

3.1 Тестовая модель BrickBiaxialStrength_Testing.SPR

3.1.1 Двухосное сжатие



191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

№ КЭ	s1/R1 или s3/R3	Формула РСУ	s _x , МПа	s _y , МПа	tau, МПа	s ₁ , МПа	s ₃ , МПа	teta, гр.	R ₁ , МПа	R ₃ , МПа
1	1,07	L1+0.9*L2+L3	-2,295	-0,32	0,292	-0,278	-2,337	81,763	-1,808	-2,192

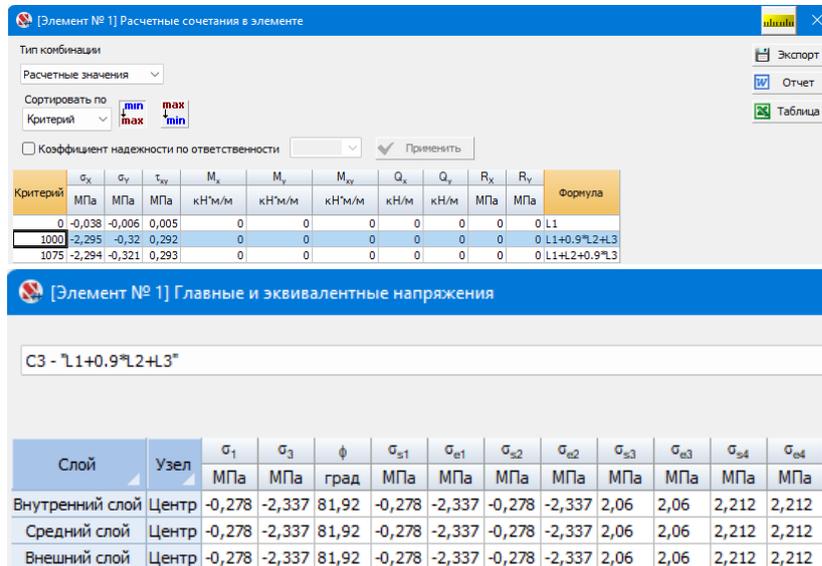


Рисунок 3.1.1.1 – Группы элементов при проверке на сжатие, фрагмент Excel-отчета и результаты расчета напряжений в SCAD++ версии 21.1.9.11

Слой	Узел	σ ₁ МПа	σ ₃ МПа	φ град	σ _{e1} МПа	σ _{s1} МПа	σ _{e2} МПа	σ _{s2} МПа	σ _{e3} МПа	σ _{s3} МПа	σ _{e4} МПа	σ _{s4} МПа	Σσ _{max} кН/м	Σσ _{min} кН/м	M _{max} кН*м/м	M _{min} кН*м/м
Внутренний слой	Центр	-0,278	-2,337	81,758	-0,278	-2,337	0,307	-2,268	2,06	2,06	2,212	2,212				
Средний слой	Центр	-0,278	-2,337	81,758	-0,278	-2,337	0,307	-2,268	2,06	2,06	2,212	2,212				
Внешний слой	Центр	-0,278	-2,337	81,758	-0,278	-2,337	0,307	-2,268	2,06	2,06	2,212	2,212				
Суммарные	Центр												-121,63	-872,1	-320,09	0

Рисунок 3.1.1.2 – Результаты расчета напряжений в SCAD++ версии 23.1.1.3 от 23.08.23.

Угол между σ_1 и σ_x :

$$\text{teta} = \arctg((\sigma_1 - \sigma_x) / \tau_{xy}) = \arctg((-0,278 + 2,295) / 0,292) = \arctg(6,907534) = 81,763^\circ$$

В версии 23 ошибка с расчетом teta была исправлена.

Приведенное расчетное сопротивление сжатию по направлению главного напряжения σ_1 определяется по формуле (с.65-66 [2]):

$$R_1 = R_x \cos^2 \theta + R_y \sin^2 \theta = -2,2 \cdot \cos^2(81,763^\circ) - 1,8 \cdot \sin^2(81,763^\circ) = -1,808 \text{ МПа.}$$

Приведенное расчетное сопротивление сжатию по направлению главного напряжения σ_3 определяется по формуле:

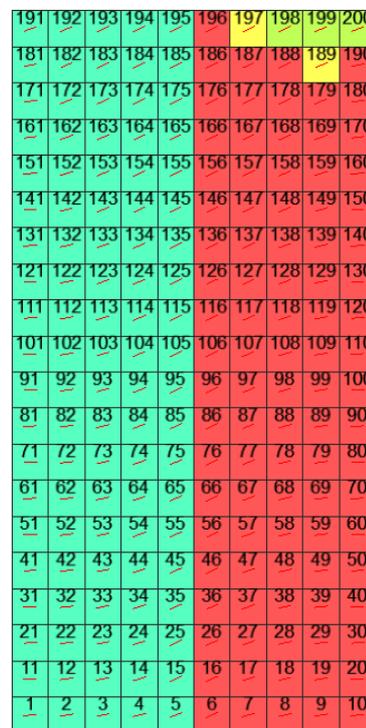
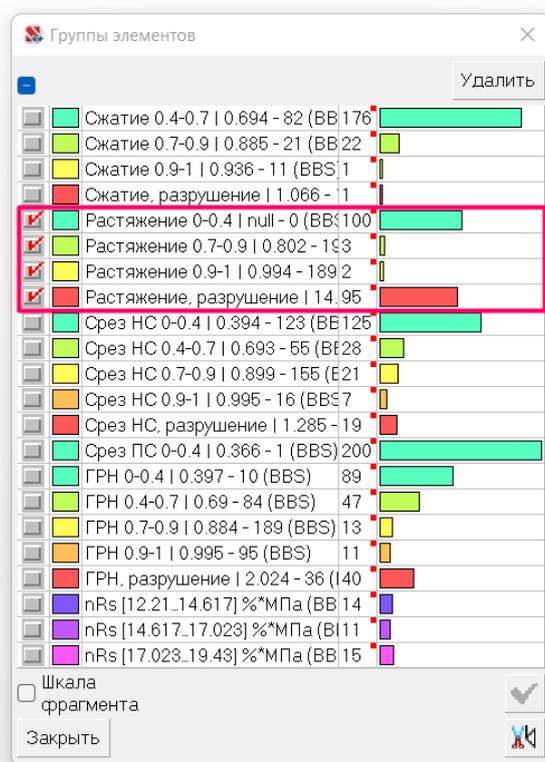
$$R_3 = R_x \sin^2 \theta + R_y \cos^2 \theta = -2,2 \sin^2(81,763^\circ) - 1,8 \cdot \cos^2(81,763^\circ) = -2,192 \text{ МПа.}$$

Коэффициенты использования определяются по формуле:

$$\text{КИ}_1 = \frac{\sigma_1}{R_1} = \frac{-0,278}{-1,808} = 0,15 < 1,0; \text{КИ}_3 = \frac{\sigma_3}{R_3} = \frac{-2,337}{-2,192} = 1,07 > 1,0.$$

Максимальный коэффициент использования равен 1,07, что соответствует данным, полученным в результате работы плагина. Несущая способность не обеспечена.

3.1.2 Двухосное растяжение



№ КЭ	s1/Rt1 или s3/Rt3	Формула РСУ	sx, МПа	sy, МПа	tau, МПа	s1, МПа	s3, МПа	teta, гр.	Rt1, МПа	Rt3, МПа
10	14,41	L1+L3	1,155	0,158	0,143	1,175	0,138	7,962	0,082	0,158

Элемент № 10] Расчетные сочетания в элементе

Тип комбинации: Расчетные значения

Сортировать по: min max

Критерий: min max

Коэффициент надежности по ответственности

Применить

Критерий	σ_x МПа	σ_y МПа	τ_{xy} МПа	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x МПа	R_y МПа	Формула
0	1,155	0,158	0,143	0	0	0	0	0	0	0	L1+L3
1000	-1,219	-0,173	-0,159	0	0	0	0	0	0	0	L1+L2
11000	-0,038	-0,006	-0,005	0	0	0	0	0	0	0	L1

[Элемент № 10] Главные и эквивалентные напряжения

C2 - "1+1.3"

Слой	Узел	σ_1	σ_3	φ	σ_{E1}	σ_{E1}	σ_{E2}	σ_{E2}	σ_{E3}	σ_{E3}	σ_{E4}	σ_{E4}
		МПа	МПа	град	МПа							
Внутренний слой	Центр	1,175	0,138	82,14	1,175	0,138	1,175	0,138	1,038	1,038	1,113	1,113
Средний слой	Центр	1,175	0,138	82,14	1,175	0,138	1,175	0,138	1,038	1,038	1,113	1,113
Внешний слой	Центр	1,175	0,138	82,14	1,175	0,138	1,175	0,138	1,038	1,038	1,113	1,113

Рисунок 3.1.2.1 – Группы элементов при проверке на сжатие, фрагмент Excel-отчета и результаты расчета напряжений из SCAD++ версии 21.1.9.11

[Элемент № 10] Главные и эквивалентные напряжения

C2 - "1+1.3"

Слой	Узел	σ_1	σ_3	φ	σ_{E1}	σ_{S1}	σ_{E2}	σ_{S2}	σ_{E3}	σ_{S3}	σ_{E4}	σ_{S4}	$\Sigma\sigma_{max}$	$\Sigma\sigma_{min}$	M_{max}	M_{min}
		МПа	МПа	град	МПа	кН/м	кН/м	кН*м/м								
Внутренний слой	Центр	1,175	0,138	8,013	1,175	0,138	1,141	-0,156	1,038	1,038	1,113	1,113				
Средний слой	Центр	1,175	0,138	8,013	1,175	0,138	1,141	-0,156	1,038	1,038	1,113	1,113				
Внешний слой	Центр	1,175	0,138	8,013	1,175	0,138	1,141	-0,156	1,038	1,038	1,113	1,113				
Суммарные	Центр												439,02	59,98	1155,31	0

Рисунок 3.1.2.2 – Результаты расчета напряжений в SCAD++ версии 23.1.1.3 от 23.08.23

В версии 23 ошибка с расчетом $teta$ была исправлена.

Угол между σ_1 и σ_x :

$$teta = \arctg((\sigma_1 - \sigma_x) / \tau_{xy}) = \arctg((1,175 - 1,155) / 0,143) = \arctg(0,13986) = 7,962^\circ$$

Приведенное расчетное сопротивление растяжению по направлению главного напряжения σ_1 определяется по формуле (с.65-66 [2]):

$$R_{t1} = R_{tx} \cos^2 \theta + R_{ty} \sin^2 \theta = 0,08 \cdot \cos^2(7,962^\circ) + 0,16 \cdot \sin^2(7,962^\circ) = 0,0815 \text{ МПа.}$$

Приведенное расчетное сопротивление растяжению по направлению главного напряжения σ_3 определяется по формуле:

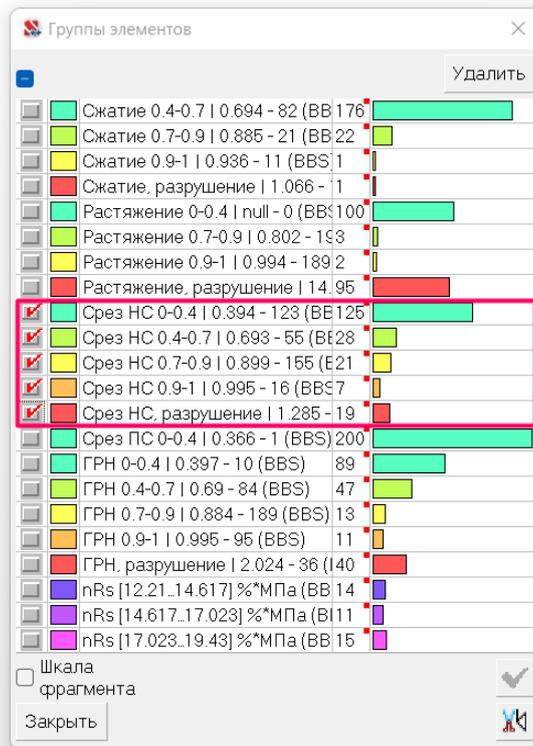
$$R_{t3} = R_{tx} \sin^2 \theta + R_{ty} \cos^2 \theta = 0,08 \cdot \sin^2(7,962^\circ) + 0,16 \cdot \cos^2(7,962^\circ) = 0,1585 \text{ МПа.}$$

Коэффициенты использования определяются по формуле:

$$KI_1 = \frac{\sigma_1}{R_1} = \frac{1,175}{0,0815} = 14,41 > 1,0; \quad KI_3 = \frac{\sigma_3}{R_3} = \frac{0,138}{0,1585} = 0,87 < 1,0.$$

Максимальный коэффициент использования равен 14,41, что соответствует данным, полученным в результате работы плагина. Несущая способность не обеспечена.

3.1.3 Срез по неперевязанному сечению



191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

№ КЭ	tau/R*sqy	Формула РСУ	sx, МПа	sy, МПа	tau, МПа	s1, МПа	s3, МПа	teta, гр.	R*sqy, МПа
46	1,29	L1+L3	0,069	0	0,156	0,194	-0,125	38,705	0,121

[Элемент № 46] Расчетные сочетания в элементе

Тип комбинации: Расчетные значения

Сортировать по: min max

Критерий: max min

Коэффициент надежности по ответственности

Применить

Критерий	σ_x МПа	σ_y МПа	τ_{xy} МПа	M_x кН*м/м	M_y кН*м/м	M_{xy} кН*м/м	Q_x кН/м	Q_y кН/м	R_x МПа	R_y МПа	Формула
0	0,069	3,104e-004	0,156	0	0	0	0	0	0	0	L1+L3
105	-0,029	-0,001	6,856e-006	0	0	0	0	0	0	0	L1
1000	-1,099	-0,025	-0,001	0	0	0	0	0	0	0	L1+L2
1105	-1,011	-0,024	0,14	0	0	0	0	0	0	0	L1+L2+0.9*L3

[Элемент № 46] Главные и эквивалентные напряжения

C2 - L1+L3*

Слой	Узел	σ_1 МПа	σ_3 МПа	ϕ град	σ_{e1} МПа	σ_{e2} МПа	σ_{e3} МПа	σ_{e4} МПа	σ_{e5} МПа	σ_{e6} МПа	σ_{e7} МПа	σ_{e8} МПа
Внутренний слой	Центр	0,195	-0,125	63,98	0,195	-0,125	0,195	-0,125	0,319	0,319	0,279	0,279
Средний слой	Центр	0,195	-0,125	63,98	0,195	-0,125	0,195	-0,125	0,319	0,319	0,279	0,279
Внешний слой	Центр	0,195	-0,125	63,98	0,195	-0,125	0,195	-0,125	0,319	0,319	0,279	0,279

Рисунок 3.1.3.1 – Группы элементов при проверке на сжатие, фрагмент Excel-отчета и результаты расчета напряжений из SCAD++ версии 21.1.9.11

[Элемент № 46] Главные и эквивалентные напряжения

C2 - 1.1+1.3

Слой	Узел	σ_1	σ_3	φ	σ_{E1}	σ_{S1}	σ_{E2}	σ_{S2}	σ_{E3}	σ_{S3}	σ_{E4}	σ_{S4}	$\Sigma\sigma_{max}$	$\Sigma\sigma_{min}$	M_{max}	M_{min}
		МПа	МПа	град	МПа	кН/м	кН/м	кН*м/м								
Внутренний слой	Центр	0,195	-0,125	38,756	0,195	-0,125	0,226	-0,174	0,319	0,319	0,279	0,279				
Средний слой	Центр	0,195	-0,125	38,756	0,195	-0,125	0,226	-0,174	0,319	0,319	0,279	0,279				
Внешний слой	Центр	0,195	-0,125	38,756	0,195	-0,125	0,226	-0,174	0,319	0,319	0,279	0,279				
Суммарные	Центр												26,36	0,12	69,38	0

Отчет Таблица Выход Справка

Рисунок 3.1.3.2 – Результаты расчета напряжений в SCAD++ версии 23.1.1.3 от 23.08.23.

В версии 23 ошибка с расчетом teta была исправлена.

Угол между σ_1 и σ_x :

$$teta = \arctg((\sigma_1 - \sigma_x) / \tau_{xy}) = \arctg((0,194 - 0,069) / 0,156) = \arctg(0,801282) = 38,705^\circ$$

Расчет на срез по неперевязанному сечению (вдоль горизонтальных швов) выполняется с учетом обжатия кладки по формуле (аналогично ф.7.14 [1]):

$$R^*_{sqr} = R_{sqr} - 0,8n\mu\sigma_x = 0,16 - 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot (0,069) = 0,121 \text{ МПа.}$$

Поскольку в данном случае напряжение σ_x не превышает расчетное сопротивление на растяжение по неперевязанному шву R_{tx} , то когезия между элементами считается обеспеченной, но ее величина деградирует пропорционально растягивающему напряжению вплоть до потери несущей способности на растяжение.

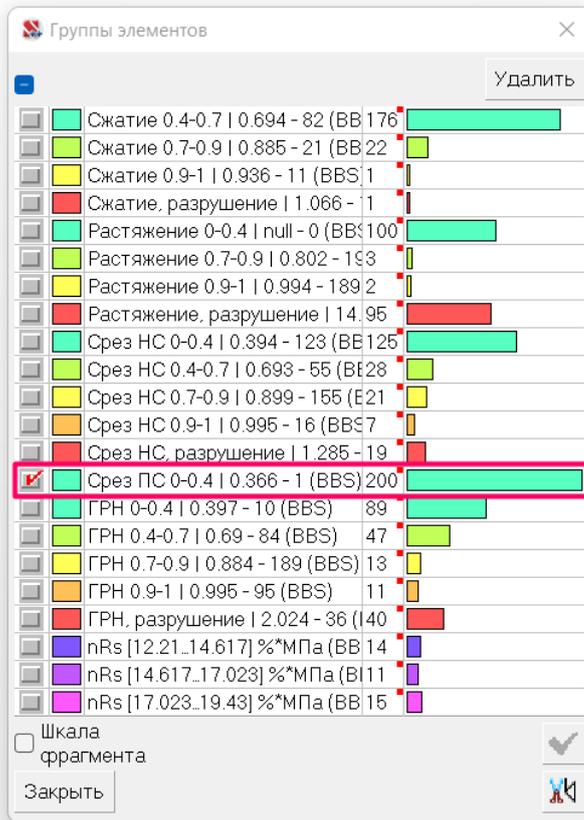
При реальном проектировании σ_x определяется при $\gamma_f = 0,9$.

Коэффициент использования определяется по формуле:

$$КИ = \frac{|\tau_{xy}|}{R^*_{sqr}} = \frac{0,156}{0,121} = 1,29 > 1,0.$$

Максимальный коэффициент использования равен 1,29, что соответствует данным, полученным в результате работы плагина. Несущая способность не обеспечена.

3.1.4 Срез по перевязанному сечению



191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

№ КЭ	tau/R sqx	Формула РСУ	sx, МПа	sy, МПа	tau, МПа	s1, МПа	s3, МПа	teta, гр.	Rsqx, МПа
1	0,37	L1+L2+0.9*L3	-2,294	-0,321	0,293	-0,278	-2,337	81,731	0,8

[Элемент № 1] Расчетные сочетания в элементе

Тип комбинации: Расчетные значения

Сортировать по: min max

Критерий: min max

Коэффициент надежности по ответственности

Применить

Критерий	σ_x	σ_y	τ_{xy}	M_x	M_y	M_{xy}	Q_x	Q_y	R_x	R_y	Формула
	МПа	МПа	МПа	кН*м/м	кН*м/м	кН*м/м	кН/м	кН/м	МПа	МПа	
0	-0,038	-0,006	0,005	0	0	0	0	0	0	0	L1
1000	-2,295	-0,32	0,292	0	0	0	0	0	0	0	L1+0.9*L2+L3
1075	-2,294	-0,321	0,293	0	0	0	0	0	0	0	L1+L2+0.9*L3

[Элемент № 1] Главные и эквивалентные напряжения

C4 - L1+L2+0.9*L3

Слой	Узел	σ_1	σ_3	ϕ	σ_{e1}	σ_{e1}	σ_{e2}	σ_{e2}	σ_{e3}	σ_{e3}	σ_{e4}	σ_{e4}
		МПа	МПа	град	МПа							
Внутренний слой	Центр	-0,278	-2,336	81,902	-0,278	-2,336	-0,278	-2,336	2,058	2,058	2,21	2,21
Средний слой	Центр	-0,278	-2,336	81,902	-0,278	-2,336	-0,278	-2,336	2,058	2,058	2,21	2,21
Внешний слой	Центр	-0,278	-2,336	81,902	-0,278	-2,336	-0,278	-2,336	2,058	2,058	2,21	2,21

Рисунок 3.1.4.1 – Группы элементов при проверке на сжатие, фрагмент Excel-отчета и результаты расчета напряжений из SCAD++ версии 21.1.9.11

[Элемент № 1] Главные и эквивалентные напряжения

C4 - L1+L2+0.9*L3

Слой	Узел	σ_1	σ_3	ϕ	σ_{e1}	σ_{e1}	σ_{e2}	σ_{e2}	σ_{e3}	σ_{e3}	σ_{e4}	σ_{e4}	$\Sigma\sigma_{max}$	$\Sigma\sigma_{min}$	M_{max}	M_{min}
		МПа	МПа	град	МПа	кН/м	кН/м	кН*м/м	кН*м/м							
Внутренний слой	Центр	-0,278	-2,336	81,734	-0,278	-2,336	0,306	-2,267	2,058	2,058	2,21	2,21				
Средний слой	Центр	-0,278	-2,336	81,734	-0,278	-2,336	0,306	-2,267	2,058	2,058	2,21	2,21				
Внешний слой	Центр	-0,278	-2,336	81,734	-0,278	-2,336	0,306	-2,267	2,058	2,058	2,21	2,21				
Суммарные	Центр												-121,8	-871,6	-320,54	0

Рисунок 3.1.4.2 – Результаты расчета напряжений в SCAD++ версии 23.1.1.3 от 23.08.23

В версии 23 ошибка с расчетом teta была исправлена.

Угол между σ_1 и σ_x :

$$teta = \arctg((\sigma_1 - \sigma_x) / \tau_{xy}) = \arctg((-0,278 + 2,294) / 0,293) = \arctg(6,880546) = 81,731^\circ$$

Расчет на срез по перевязанному сечению (по шву и камню) выполняется без учета обжатия кладки по формуле (аналогично ф.7.14 [1]).

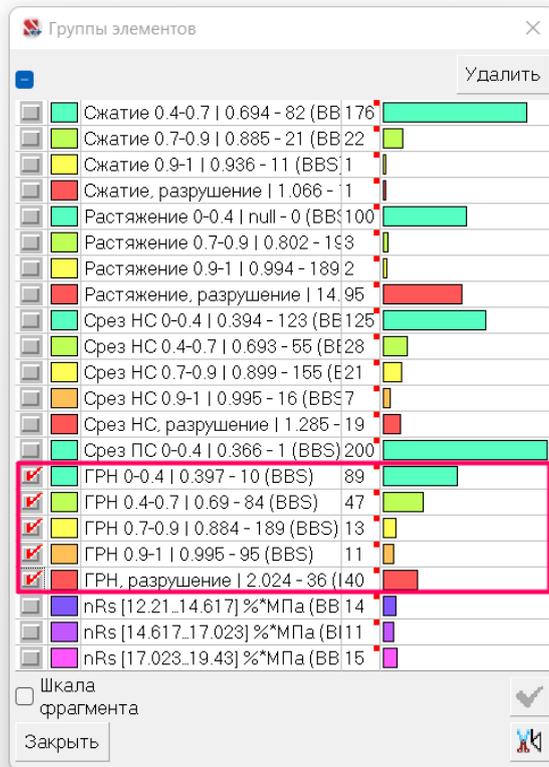
Коэффициент использования определяется по формуле:

$$КИ = \frac{|\tau_{xy}|}{R_{sqx}} = \frac{0,293}{0,8} = 0,37 < 1,0.$$

Максимальный коэффициент использования равен 0,37, что соответствует данным, полученным в результате работы плагина. Несущая способность обеспечена.

Данная проверка актуальна для поперечных стен в местах соединения с продольными стенами, где могут возникать значительные перерезывающие силы при действии горизонтальных нагрузок (например, ветровых, сейсмических).

3.1.5 Главные растягивающие напряжения (ГРН)



№ КЭ	tau/Rtq	Формула РСУ	sx, МПа	sy, МПа	tau, МПа	s1, МПа	s3, МПа	teta, гр.	Rtq, МПа
36	2,02	L1+L3	0,073	0,002	0,152	0,194	-0,119	38,522	0,075

Критерий	sx, МПа	sy, МПа	τ _{xy} , МПа	M _x , кН*м/м	M _y , кН*м/м	M _{xy} , кН*м/м	Q _x , кН/м	Q _y , кН/м	R _x , МПа	R _y , МПа	Формула
0	0,073	0,002	0,152	0	0	0	0	0	0	0	L1+L3
105	-0,03	-0,002	-9,435e-005	0	0	0	0	0	0	0	L1
1000	-1,097	-0,054	-0,004	0	0	0	0	0	0	0	L1+L2
1105	-1,004	-0,051	0,133	0	0	0	0	0	0	0	L1+L2+0.9*L3

[Элемент № 36] Главные и эквивалентные напряжения

C2 - L1+L3*

Слой	Узел	σ_1 МПа	σ_3 МПа	ϕ град	σ_{s1} МПа	σ_{e1} МПа	σ_{s2} МПа	σ_{e2} МПа	σ_{s3} МПа	σ_{e3} МПа	σ_{s4} МПа	σ_{e4} МПа
Внутренний слой	Центр	0,193	-0,119	64,04	0,193	-0,119	0,193	-0,119	0,312	0,312	0,273	0,273
Средний слой	Центр	0,193	-0,119	64,04	0,193	-0,119	0,193	-0,119	0,312	0,312	0,273	0,273
Внешний слой	Центр	0,193	-0,119	64,04	0,193	-0,119	0,193	-0,119	0,312	0,312	0,273	0,273

Рисунок 3.1.5.1 – Группы элементов при проверке на сжатие, фрагмент Excel-отчета и результаты расчета напряжений из SCAD++ версии 21.1.9.11

[Элемент № 36] Главные и эквивалентные напряжения

C2 - L1+L3*

Слой	Узел	σ_1 МПа	σ_3 МПа	ϕ град	σ_{E1} МПа	σ_{S1} МПа	σ_{E2} МПа	σ_{S2} МПа	σ_{E3} МПа	σ_{S3} МПа	σ_{E4} МПа	σ_{S4} МПа	$\Sigma\sigma_{max}$ кН/м	$\Sigma\sigma_{min}$ кН/м	M_{max} кН*м/м	M_{min} кН*м/м
Внутренний слой	Центр	0,193	-0,119	38,426	0,193	-0,119	0,223	-0,167	0,312	0,312	0,273	0,273				
Средний слой	Центр	0,193	-0,119	38,426	0,193	-0,119	0,223	-0,167	0,312	0,312	0,273	0,273				
Внешний слой	Центр	0,193	-0,119	38,426	0,193	-0,119	0,223	-0,167	0,312	0,312	0,273	0,273				
Суммарные	Центр												27,69	0,71	72,87	0

Рисунок 3.1.5.2 – Результаты расчета напряжений в SCAD++ версии 23.1.1.3 от 23.08.23.

В версии 23 ошибка с расчетом $teta$ была исправлена.

Угол между σ_1 и σ_x :

$$teta = \arctg((\sigma_1 - \sigma_x) / \tau_{xy}) = \arctg((0,194 - 0,073) / 0,152) = \arctg(0,796053) = 38,522^\circ$$

Расчетное сопротивление скалыванию кладки определяется с учетом обжатия по формуле (ф.9.4 [1]):

$$R_{tq} = \sqrt{R_{tw}(R_{tw} - \sigma_x)} = \sqrt{0,12(0,12 - 0,073)} = 0,075 \text{ МПа.}$$

Поскольку в данном случае напряжение σ_x не превышает расчетное сопротивление на растяжение по неперевазанному шву R_{tw} , то когезия между элементами считается обеспеченной, но ее величина деградирует пропорционально растягивающему напряжению вплоть до потери несущей способности на растяжение.

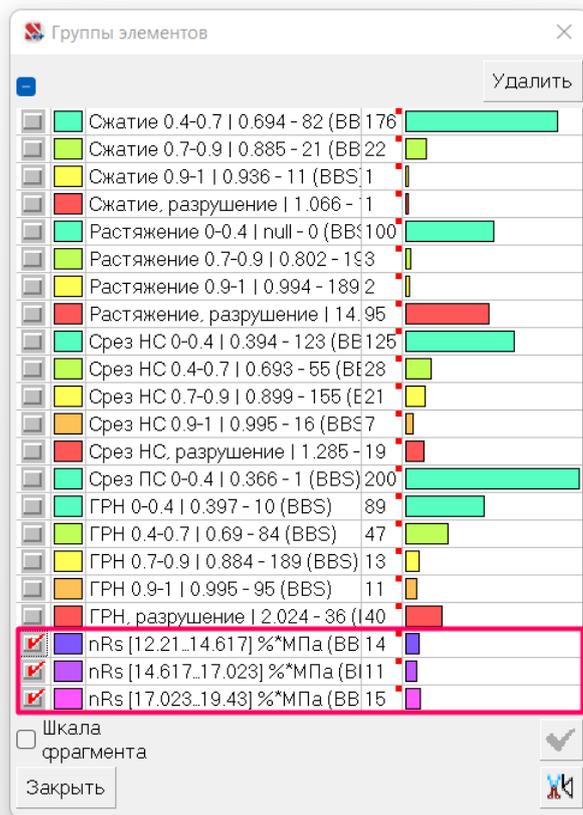
При реальном проектировании σ_x определяется при $\gamma_f = 0,9$.

Коэффициент использования определяется по формуле:

$$КИ = \frac{|\tau_{xy}|}{R_{tq}} = \frac{0,152}{0,075} = 2,02 > 1,0.$$

Максимальный коэффициент использования равен 2,02, что соответствует данным, полученным в результате работы плагина. Несущая способность не обеспечена.

3.1.6 Подбор армирования на действие ГРН



191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

№ КЭ	μR_s , %*МПа	Формула РСУ	σ_x , МПа	σ_y , МПа	τ_{xy} , МПа	s_1 , МПа	s_3 , МПа	teta, гр.
36	19,28	L1+L3	0,073	0,002	0,152	0,194	-0,119	38,522

Согласно п. 9.17 [1] при недостаточном сопротивлении кладки скалыванию (действию ГРН), допускается армирование ее продольной арматурой в горизонтальных швах.

Величина требуемого армирования в единицах измерения %*МПа выражена из формулы 9.7 [1] и имеет вид:

$$\mu R_s = 100 \frac{\sigma_x + \sqrt{\sigma_x^2 + 4|\tau_{xy}|^2}}{2},$$

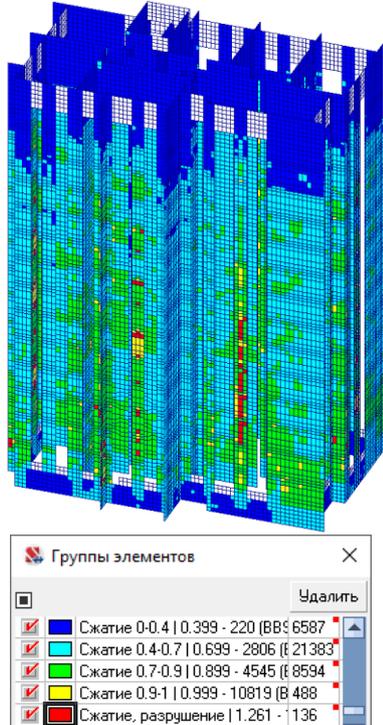
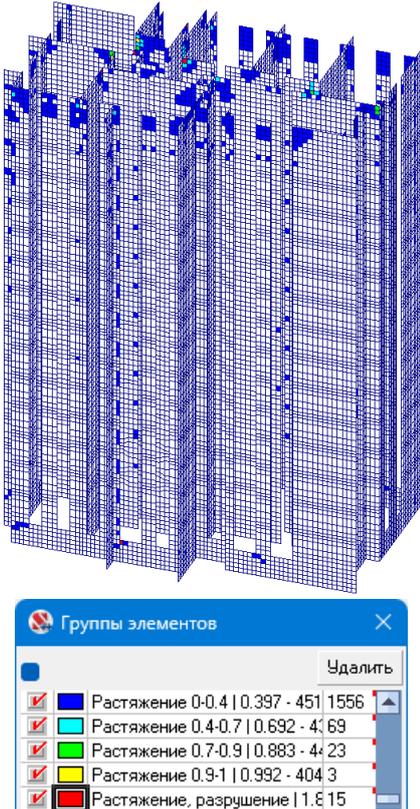
тогда в нашем случае:

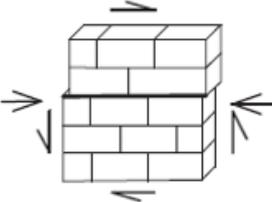
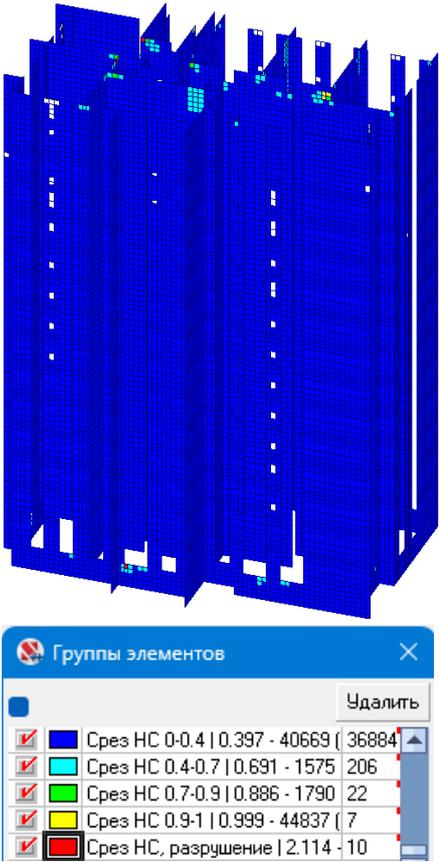
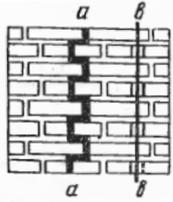
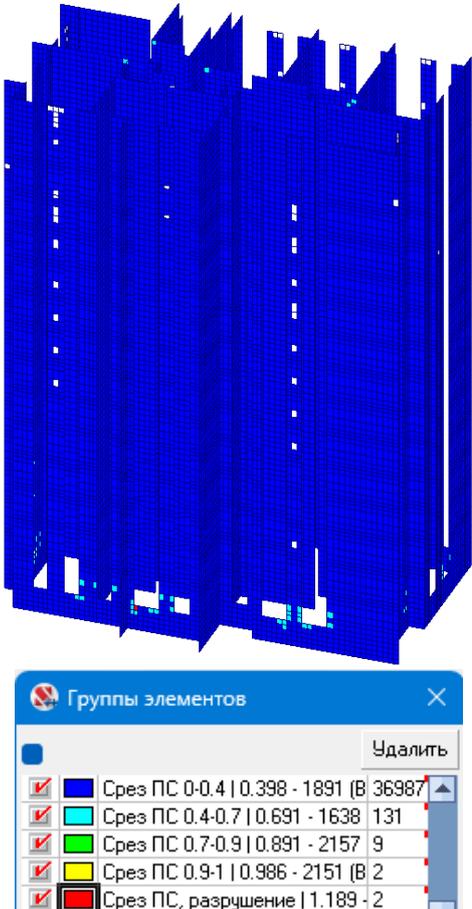
$$\mu R_s = 100 \frac{0,073 + \sqrt{0,073^2 + 4 \cdot 0,152^2}}{2} = 19,28 \% \text{МПа}.$$

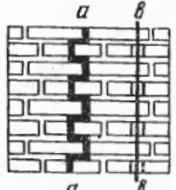
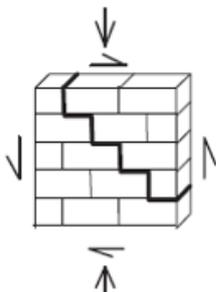
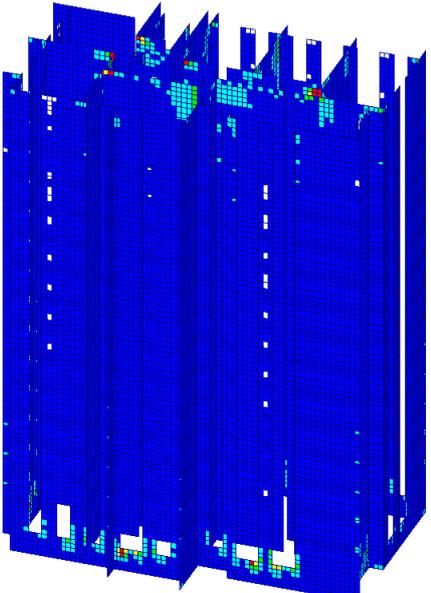
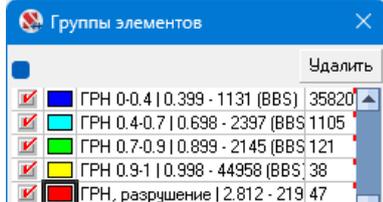
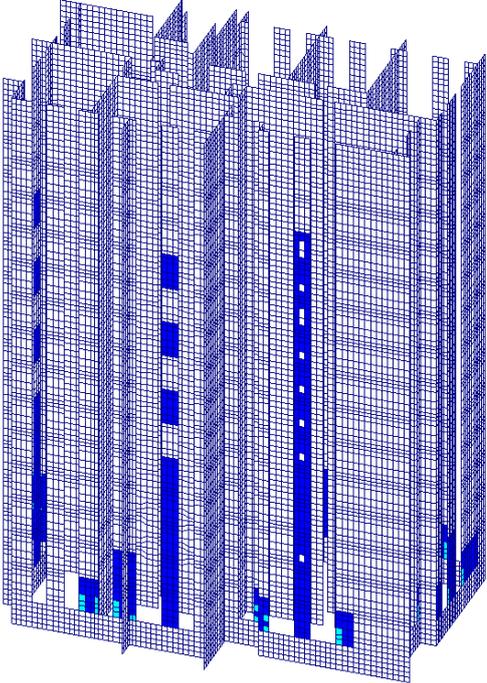
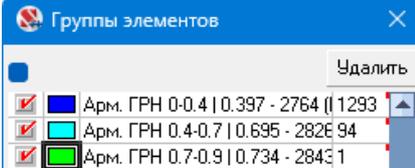
Значение требуемого процента армирования полностью соответствует данным, полученным в результате работы плагина.

3.2 Тестовая модель Модель_1_kred=0.8-BBS.SPR

Таблица 3.2.1 – Результаты расчета по обобщенным критериям прочности, при этом по главным растягивающим напряжениям (ГРН), на срез по неперевазанному сечению (НС), на срез перевазанному сечению (ПС) с учетом касательных напряжений от горизонтальных и вертикальных нагрузок

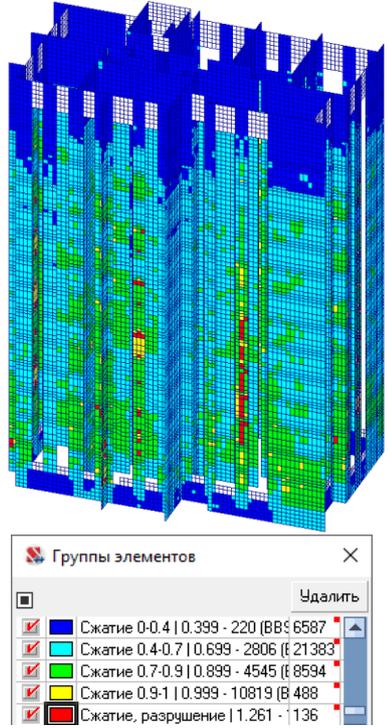
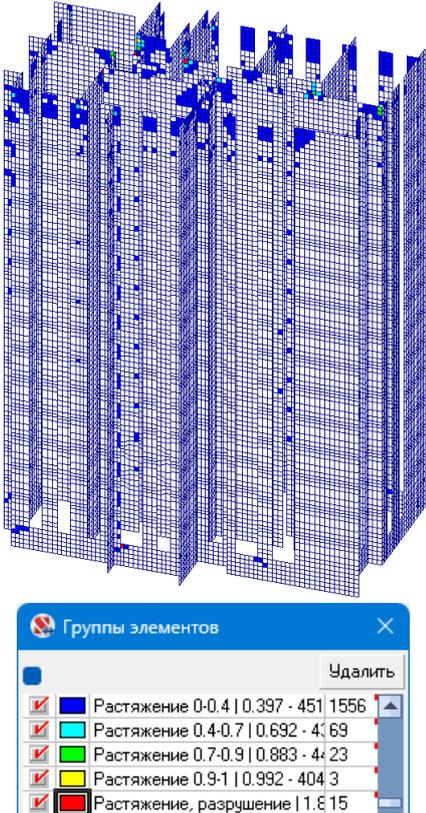
Обоснование	Критерий прочности	Результат
<p>1</p> <p>с. 65-66 [10]</p>	<p>при сжатии</p> $-\sigma_1 \leq R_1 \text{ и } -\sigma_3 \leq R_3$ $R_1 = R_x \cos^2 \theta + R_y \sin^2 \theta$ $R_3 = R_x \sin^2 \theta + R_y \cos^2 \theta$	 <p>Расчет по прочности при сжатии обеспечивается проверками на внецентренное сжатие в плагине BrickWalls</p>
<p>2</p> <p>с. 65-66 [10]</p>	<p>при растяжении*</p> $\sigma_1 \leq R_{t1} \text{ и } \sigma_3 \leq R_{t3}$ $R_{t1} = R_{tx} \cos^2 \theta + R_{ty} \sin^2 \theta$ $R_{t3} = R_{tx} \sin^2 \theta + R_{ty} \cos^2 \theta$	

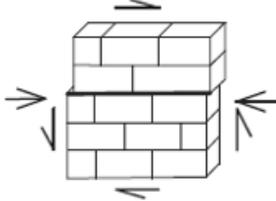
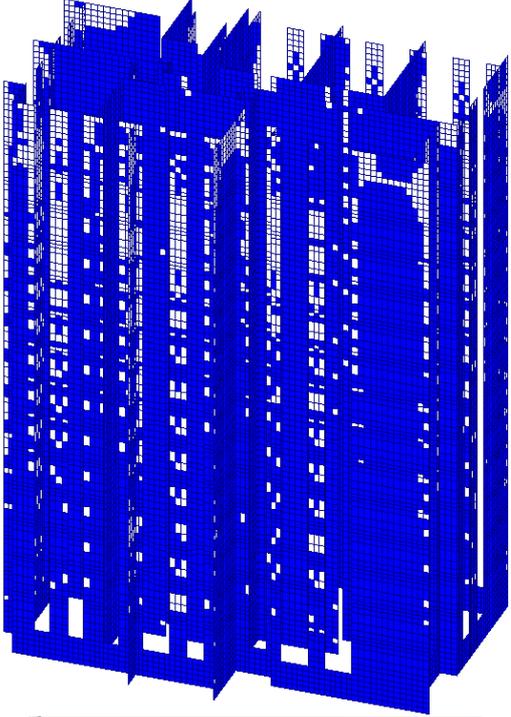
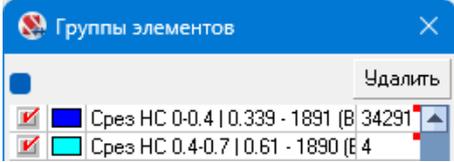
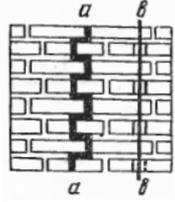
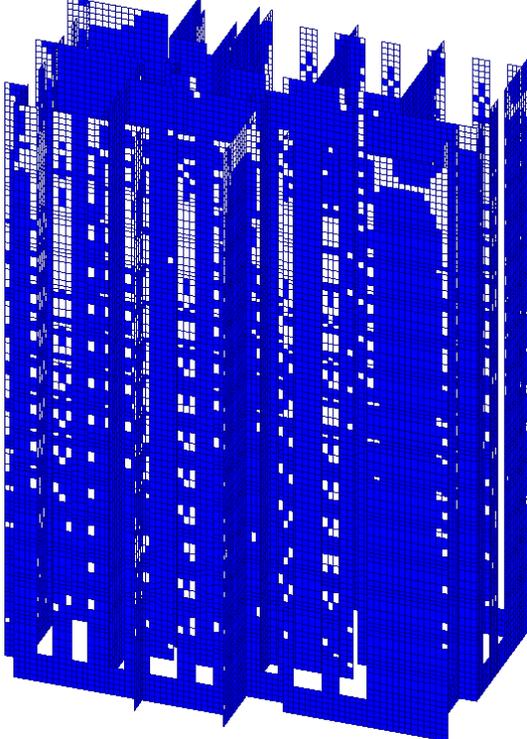
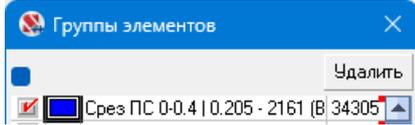
Обоснование	Критерий прочности	Результат												
<p data-bbox="256 165 277 194">3</p> <p data-bbox="185 640 347 674">ф. (7.14) [1]</p>	<p data-bbox="392 165 635 199">при срезе по НС</p> $\text{при } \sigma_x \leq R_{tx}$ $ \tau_{xy} \leq R_{sqy} - 0,8\eta\mu\sigma_x$ 	 <table border="1" data-bbox="943 853 1382 1088"> <thead> <tr> <th>Группы элементов</th> <th>Удалить</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0-0.4 0.397 - 40669 36884</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.4-0.7 0.691 - 1575 206</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.7-0.9 0.886 - 1790 22</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.9-1 0.999 - 44837 7</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез НС, разрушение 2.114 - 10</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Группы элементов	Удалить	<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0-0.4 0.397 - 40669 36884		<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.4-0.7 0.691 - 1575 206		<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.7-0.9 0.886 - 1790 22		<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.9-1 0.999 - 44837 7		<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС, разрушение 2.114 - 10	
Группы элементов	Удалить													
<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0-0.4 0.397 - 40669 36884														
<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.4-0.7 0.691 - 1575 206														
<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.7-0.9 0.886 - 1790 22														
<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС 0.9-1 0.999 - 44837 7														
<input checked="" type="checkbox"/> Срез НС, разрушение 2.114 - 10														
<p data-bbox="256 1115 277 1144">4</p> <p data-bbox="228 1619 304 1648">то же</p>	<p data-bbox="392 1115 635 1149">при срезе по ПС</p> $ \tau_{xy} \leq R_{sqx}$ <p data-bbox="429 1532 627 1561">По сечению в-в</p> 	 <table border="1" data-bbox="935 1848 1382 2085"> <thead> <tr> <th>Группы элементов</th> <th>Удалить</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.398 - 1891 36987</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.4-0.7 0.691 - 1638 131</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.7-0.9 0.891 - 2157 9</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.9-1 0.986 - 2151 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС, разрушение 1.189 - 2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Группы элементов	Удалить	<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.398 - 1891 36987		<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.4-0.7 0.691 - 1638 131		<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.7-0.9 0.891 - 2157 9		<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.9-1 0.986 - 2151 2		<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС, разрушение 1.189 - 2	
Группы элементов	Удалить													
<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.398 - 1891 36987														
<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.4-0.7 0.691 - 1638 131														
<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.7-0.9 0.891 - 2157 9														
<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС 0.9-1 0.986 - 2151 2														
<input checked="" type="checkbox"/> Срез ПС, разрушение 1.189 - 2														

Обоснование	Критерий прочности	Результат
<p data-bbox="252 163 276 197">5</p> <p data-bbox="188 1182 339 1216">ф. (9.4) [1]</p>	<p data-bbox="391 163 662 197">при действии ГРН</p> <p data-bbox="391 667 786 768">При отсутствии продольного армирования в горизонтальных швах.</p> <p data-bbox="391 768 571 801">при $\sigma_x \leq R_{tx}$:</p> <p data-bbox="391 801 539 835">$\tau_{xy} \leq R_{tq}$</p> <p data-bbox="391 835 734 880">где $R_{tq} = \sqrt{R_{tw}(R_{tw} - \sigma_x)}$</p>   <p data-bbox="391 1422 754 1523">При наличии продольного армирования в горизонтальных швах.</p> <p data-bbox="391 1523 571 1556">при $\sigma_x \leq R_{tx}$:</p> <p data-bbox="391 1556 539 1590">$\tau_{xy} \leq R_{stq}$</p> <p data-bbox="391 1590 742 1668">где R_{stq} определяется по формуле (9.7) [1]</p>	    <p data-bbox="813 1944 1508 2107">Проверка выполняется для групп элементов с заданным сетчатым или дополнительным продольным армированием в горизонтальных швах (дополнительное армирование суммируется с сетчатым)</p>

3.3 Тестовая модель Модель_1_kred=0.8-BBSH.SPR

Таблица 3.3.1 – Результаты расчета по обобщенным критериям прочности, при этом по главным растягивающим напряжениям (ГРН), на срез по неперевазанному сечению (НС), на срез перевазанному сечению (ПС) с учетом касательных напряжений только от горизонтальных нагрузок

Обоснование	Критерий прочности	Результат
<p>1</p> <p>с.65-66 [10]</p>	<p>при сжатии</p> $-\sigma_1 \leq R_1 \text{ и } -\sigma_3 \leq R_3$ $R_1 = R_x \cos^2 \theta + R_y \sin^2 \theta$ $R_3 = R_x \sin^2 \theta + R_y \cos^2 \theta$	 <p>Расчет по прочности при сжатии обеспечивается проверками на внецентренное сжатие в плагине BrickWalls</p>
<p>2</p> <p>с.65-66 [10]</p>	<p>при растяжении*</p> $\sigma_1 \leq R_{t1} \text{ и } \sigma_3 \leq R_{t3}$ $R_{t1} = R_{tx} \cos^2 \theta + R_{ty} \sin^2 \theta$ $R_{t3} = R_{tx} \sin^2 \theta + R_{ty} \cos^2 \theta$	

Обоснование	Критерий прочности	Результат
<p data-bbox="197 647 331 685">ф.7.14 [1]</p>	<p data-bbox="392 163 632 197">при срезе по НС</p> $\text{при } \sigma_x \leq R_{tx}$ $ \tau_{xy} \leq R_{sqy} - 0,8\mu\sigma_x$ 	 
<p data-bbox="226 1621 304 1650">то же</p>	<p data-bbox="392 1137 632 1171">при срезе по ПС</p> $ \tau_{xy} \leq R_{sqx}$ <p data-bbox="427 1536 624 1565">По сечению в-в</p> 	 

Обоснование	Критерий прочности	Результат																						
<p data-bbox="207 1176 327 1209">ф.9.4 [1]</p>	<p data-bbox="391 168 662 201">при действии ГРН</p> <p data-bbox="391 638 702 772">При отсутствии продольного армирования в горизонтальных швах.</p> <p data-bbox="391 772 566 806">при $\sigma_x \leq R_{tx}$:</p> <p data-bbox="391 806 534 840">$\tau_{xy} \leq R_{tq}$</p> <p data-bbox="391 840 734 896">где $R_{tq} = \sqrt{R_{tw}(R_{tw} - \sigma_x)}$</p> <div data-bbox="502 907 678 1108"> </div> <div data-bbox="470 1120 686 1422"> </div> <p data-bbox="391 1422 758 1534">При наличии продольного армирования в горизонтальных швах.</p> <p data-bbox="391 1534 566 1568">при $\sigma_x \leq R_{tx}$:</p> <p data-bbox="391 1568 542 1601">$\tau_{xy} \leq R_{stq}$</p> <p data-bbox="391 1601 742 1668">где R_{stq} определяется по формуле (9.7) [1]</p>	<div data-bbox="917 235 1364 862"> </div> <div data-bbox="901 862 1380 1097"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Группа</th> <th>Удалить</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.205 - 2161 (В 34305)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0-0.4 0.365 - 1815 (BBS) 34298</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0.4-0.7 0.647 - 2161 (BBS 4)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0.7-0.9 0.804 - 1890 (BBS 3)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="925 1108 1364 1713"> </div> <div data-bbox="965 1724 1316 1915"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Группа</th> <th>Удалить</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.205 - 2161 (В 34305)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> ГРН 0-0.4 0.365 - 1815 (BBS) 34298</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> ГРН 0.4-0.7 0.647 - 2161 (BBS 4)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> ГРН 0.7-0.9 0.804 - 1890 (BBS 3)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Арм. ГРН 0-0.4 0.218 - 3122 (I 1251)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> </div> <p data-bbox="782 1915 1508 2083">Проверка выполняется для групп элементов с заданным сетчатым или дополнительным продольным армированием в горизонтальных швах (дополнительное армирование суммируется с сетчатым)</p>	Группа	Удалить	<input type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.205 - 2161 (В 34305)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0-0.4 0.365 - 1815 (BBS) 34298	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0.4-0.7 0.647 - 2161 (BBS 4)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0.7-0.9 0.804 - 1890 (BBS 3)	<input type="checkbox"/>	Группа	Удалить	<input type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.205 - 2161 (В 34305)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ГРН 0-0.4 0.365 - 1815 (BBS) 34298	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ГРН 0.4-0.7 0.647 - 2161 (BBS 4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ГРН 0.7-0.9 0.804 - 1890 (BBS 3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Арм. ГРН 0-0.4 0.218 - 3122 (I 1251)	<input type="checkbox"/>
Группа	Удалить																							
<input type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.205 - 2161 (В 34305)	<input type="checkbox"/>																							
<input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0-0.4 0.365 - 1815 (BBS) 34298	<input type="checkbox"/>																							
<input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0.4-0.7 0.647 - 2161 (BBS 4)	<input type="checkbox"/>																							
<input checked="" type="checkbox"/> ГРН 0.7-0.9 0.804 - 1890 (BBS 3)	<input type="checkbox"/>																							
Группа	Удалить																							
<input type="checkbox"/> Срез ПС 0-0.4 0.205 - 2161 (В 34305)	<input type="checkbox"/>																							
<input type="checkbox"/> ГРН 0-0.4 0.365 - 1815 (BBS) 34298	<input type="checkbox"/>																							
<input type="checkbox"/> ГРН 0.4-0.7 0.647 - 2161 (BBS 4)	<input type="checkbox"/>																							
<input type="checkbox"/> ГРН 0.7-0.9 0.804 - 1890 (BBS 3)	<input type="checkbox"/>																							
<input checked="" type="checkbox"/> Арм. ГРН 0-0.4 0.218 - 3122 (I 1251)	<input type="checkbox"/>																							

