



# ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

13 – 14 июня 2024 года Казахстан

## РЕАЛИЗАЦИЯ "САРАСИТИ ДЕСИГН" В ПК ЛИРА-САПР 2024 НА ПРИМЕРЕ РАСЧЁТА ПЛАСТИЧНЫХ СТЕН (DUCTILITY WALL)

**Губченко Виктор Евгеньевич**

Главный специалист  
ТОО «LIRALAND\_KZ» (ПК Лира-САПР)  
Казахстан, г. Алматы



SATBAYEV  
UNIVERSITY



# **План доклада:**

- 1. Краткий обзор вопроса расчёта стен.**
- 2. Концепция Capacity design на примере пластичных стен Ductility wall.**
- 3. Новый тип армирования Стена (Стержень).**
- 4. Расчёт пластичных стен в ЛИРА-САПР 2024.**



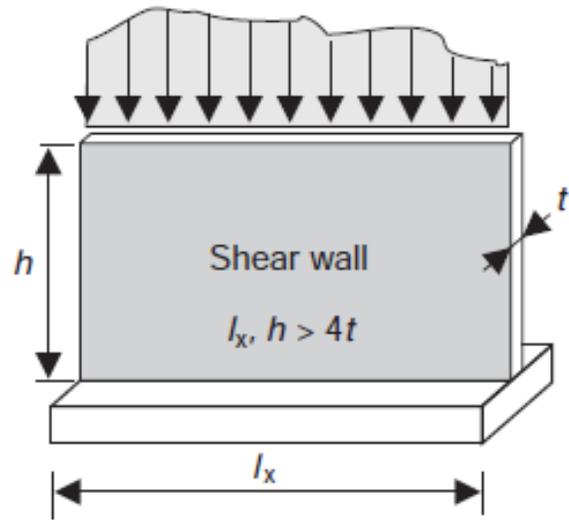
# Краткий обзор вопроса расчёта стен



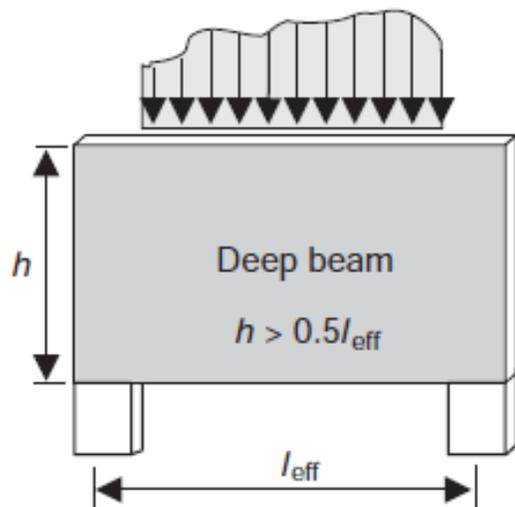
ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ  
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

# Виды стен по принципу работы

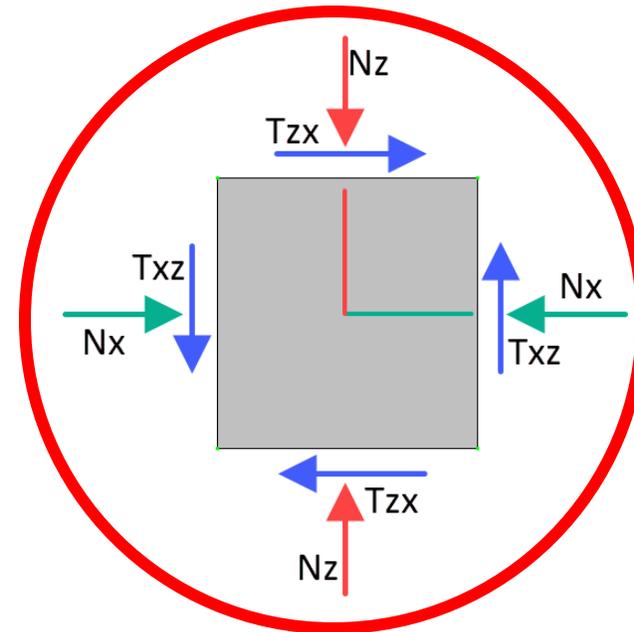
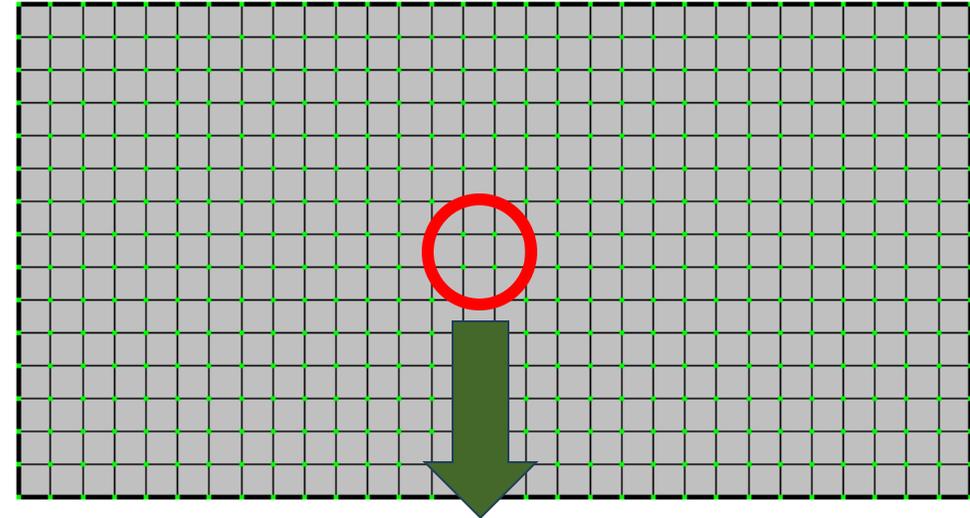
Стена (сдвиговая)



Балка-стенка



Представление в МКЭ



# Нелинейные подходы к расчёту стен

Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996

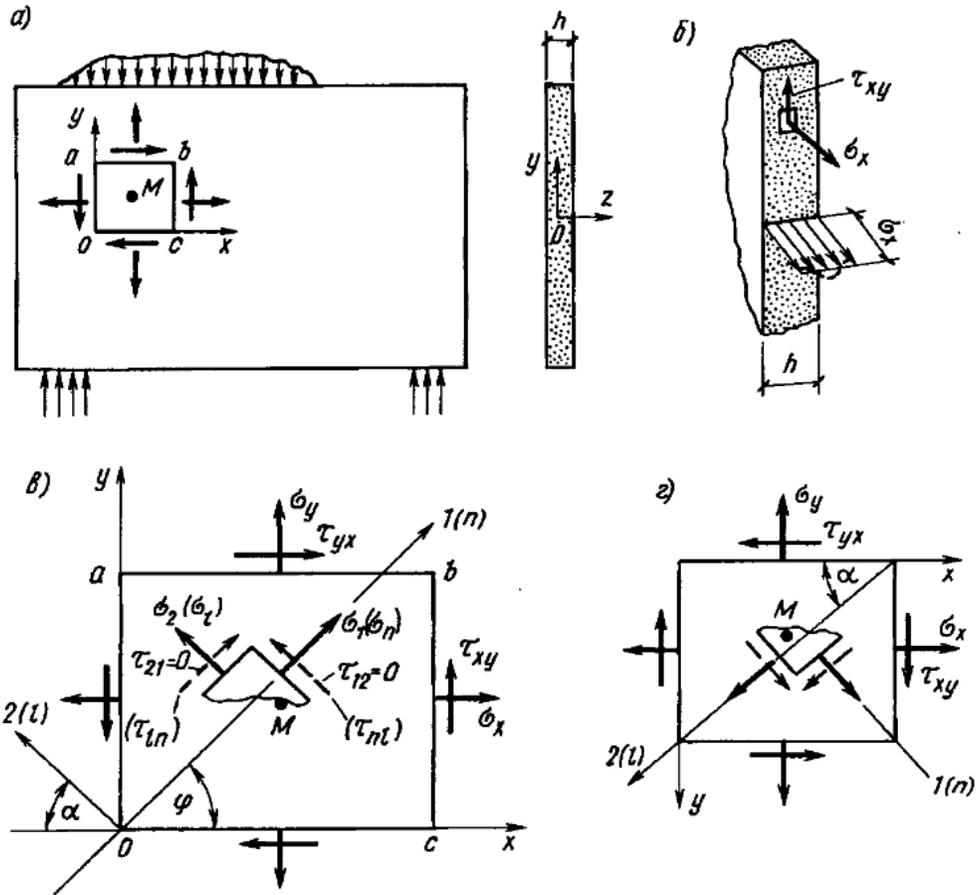


Рис. 6.13. Компоненты плоского напряженного состояния (к переходу от объемного к плоскому напряженному состоянию)

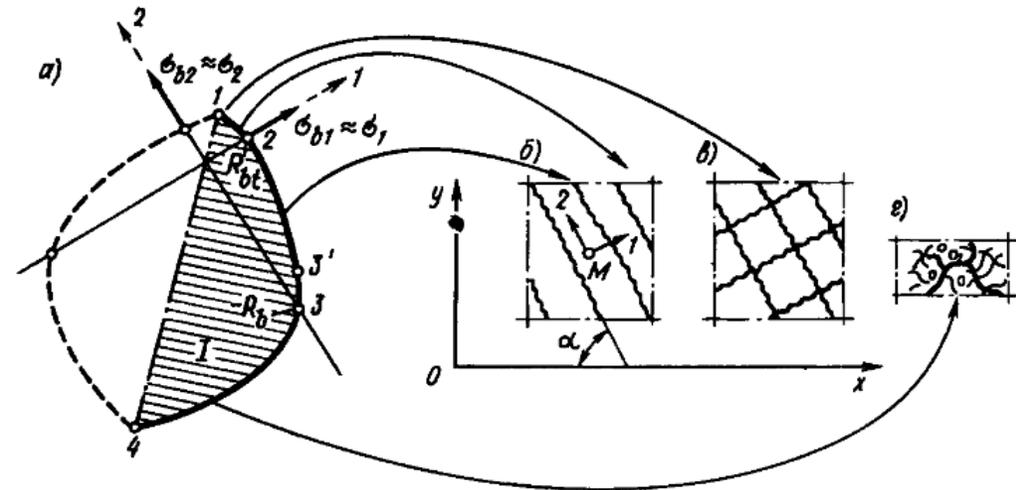


Рис. 6.15. Критерии прочности (а) и соответствующие ему схемы трещинообразования (б, в) и разрушения в объеме (г)

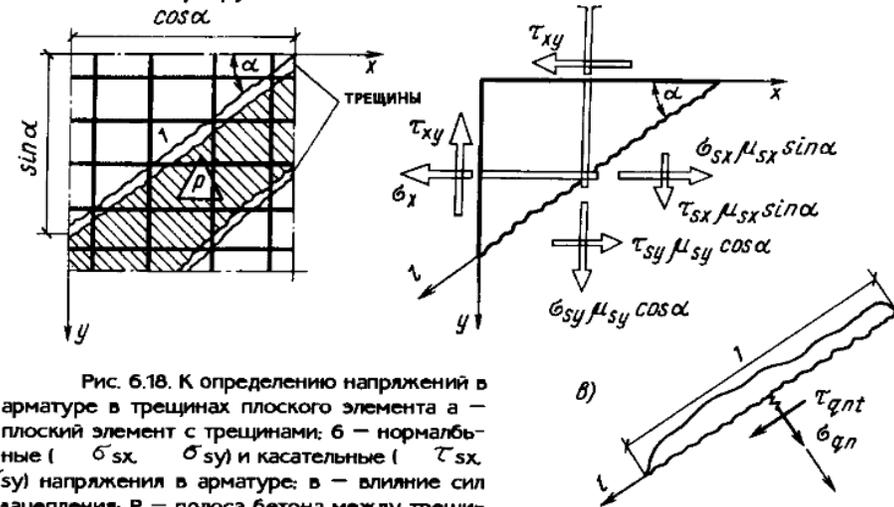
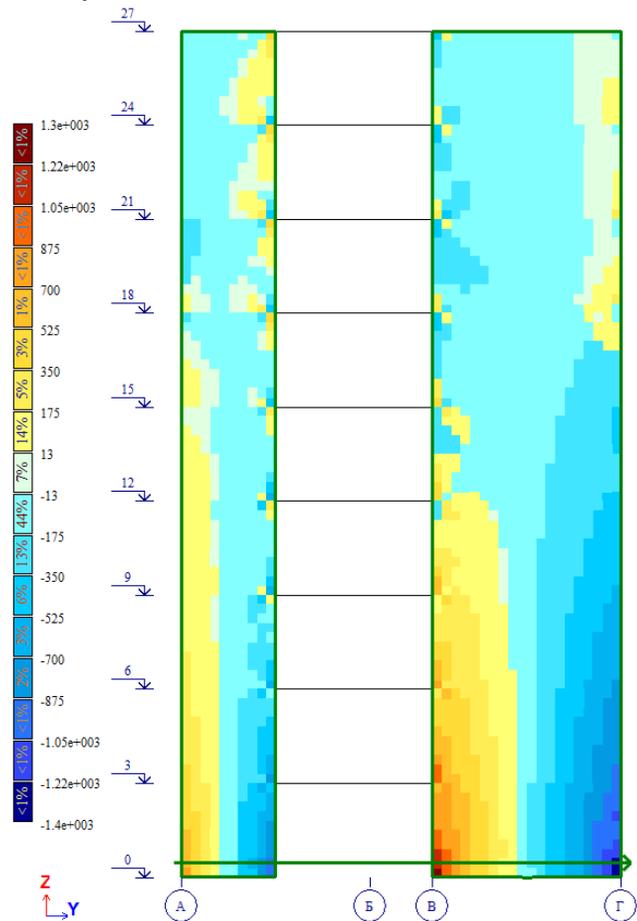


Рис. 6.18. К определению напряжений в арматуре в трещинах плоского элемента а – плоский элемент с трещинами; б – нормальные ( $\sigma_{sx}$ ,  $\sigma_{sy}$ ) и касательные ( $\tau_{sx}$ ,  $\tau_{sy}$ ) напряжения в арматуре; в – влияние сил зацепления; Р – полоса бетона между трещинами

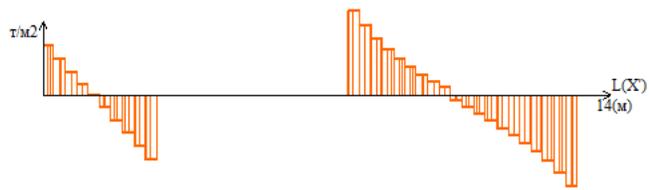
# Упругий расчёт сдвиговой стены

## Распределение напряжений Ny

Мозаика напряжений по Ny  
Единицы измерения - т/м<sup>2</sup>

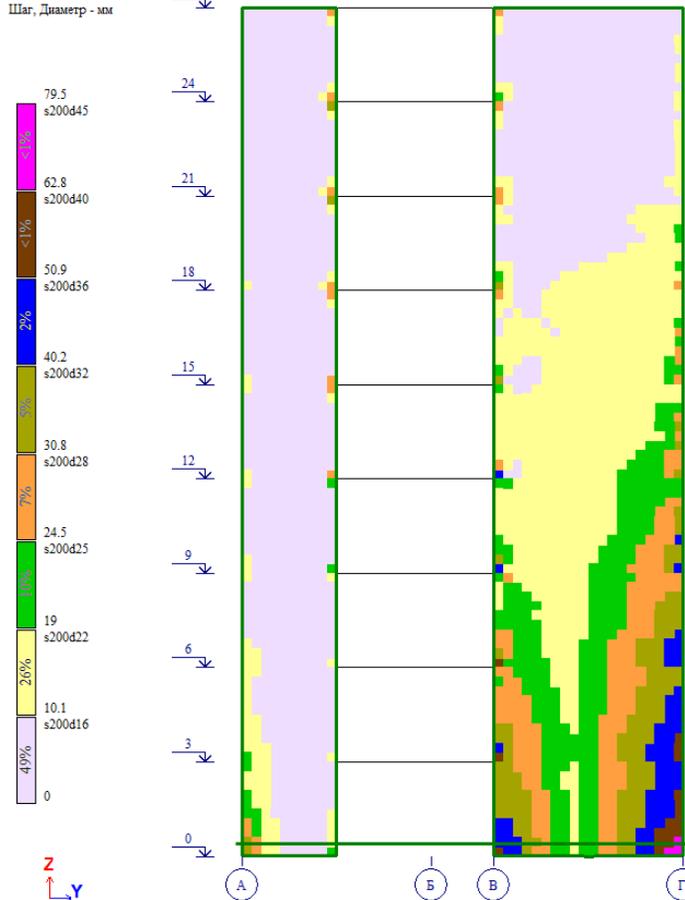


Мозаика напряжений по Ny (PCH20\_3)



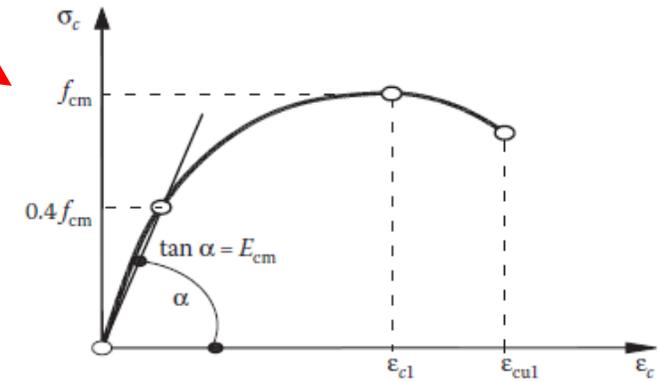
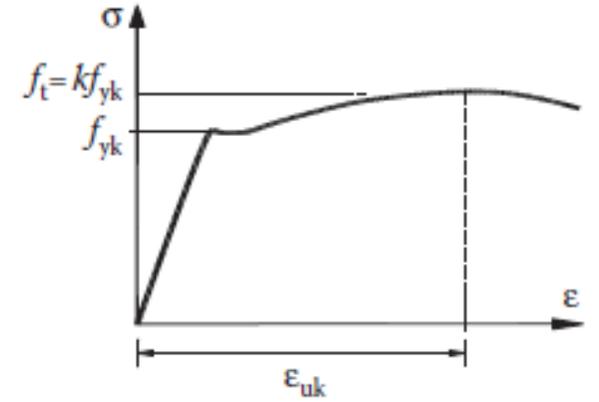
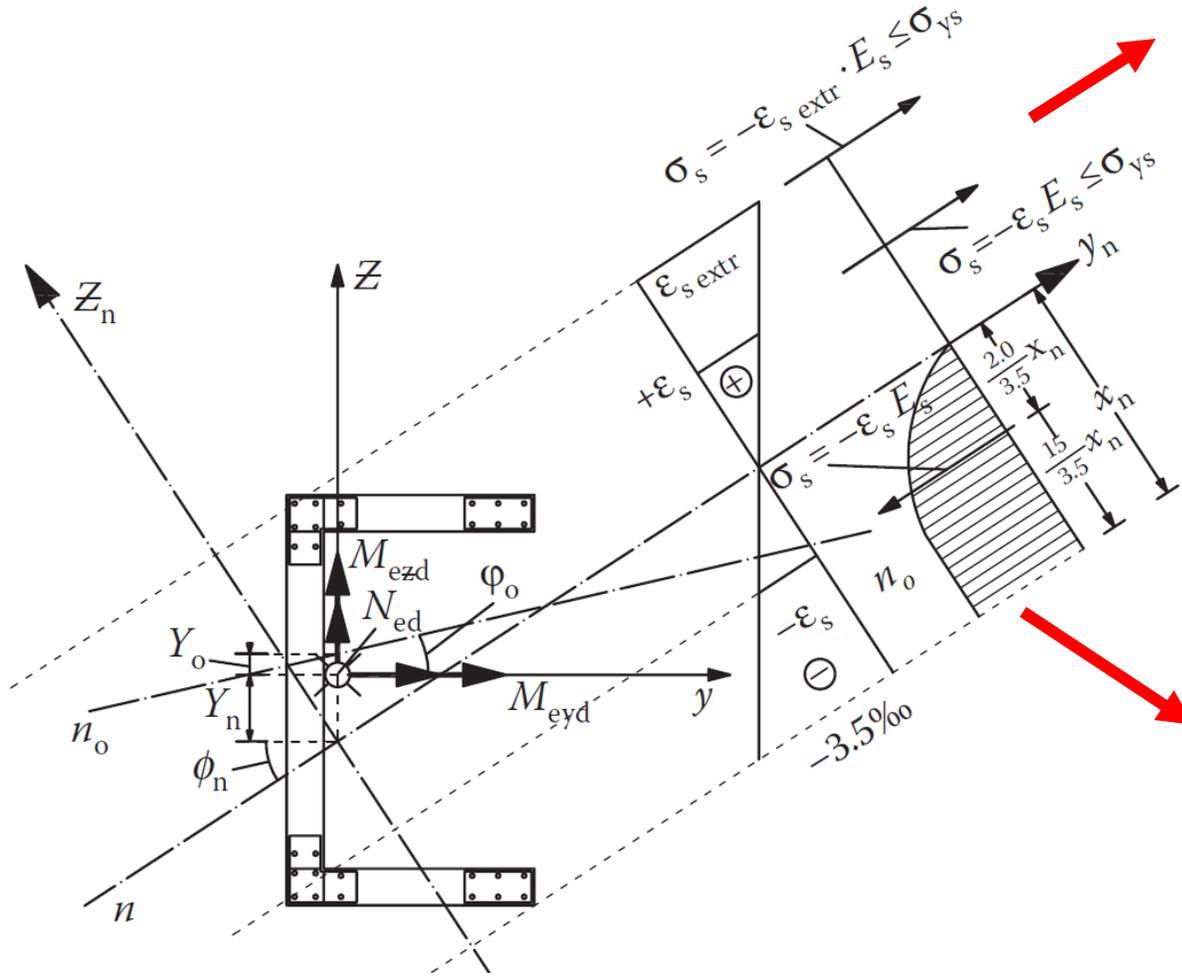
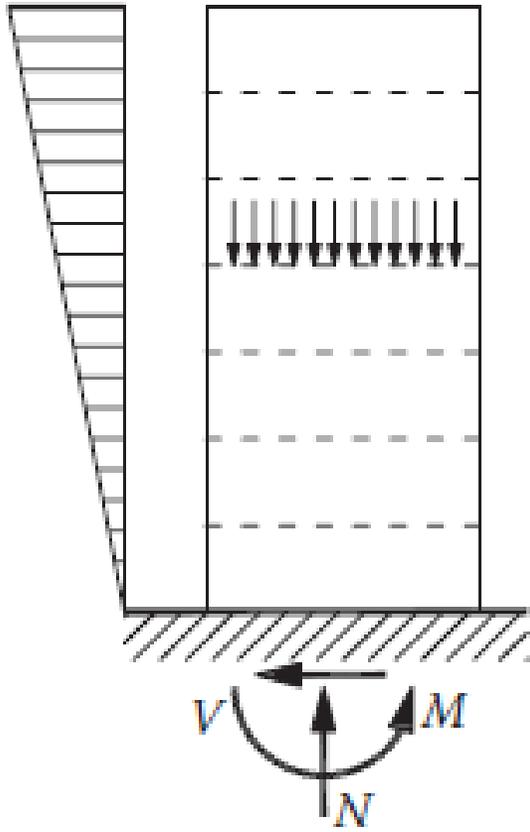
## Подобранное армирование

Режим основной. Площадь полной арматуры на 1м по оси Y (максимальная верх/низ); максимум в элементе 7218  
Единицы измерения - см<sup>2</sup>/м  
Шаг, Диаметр - мм

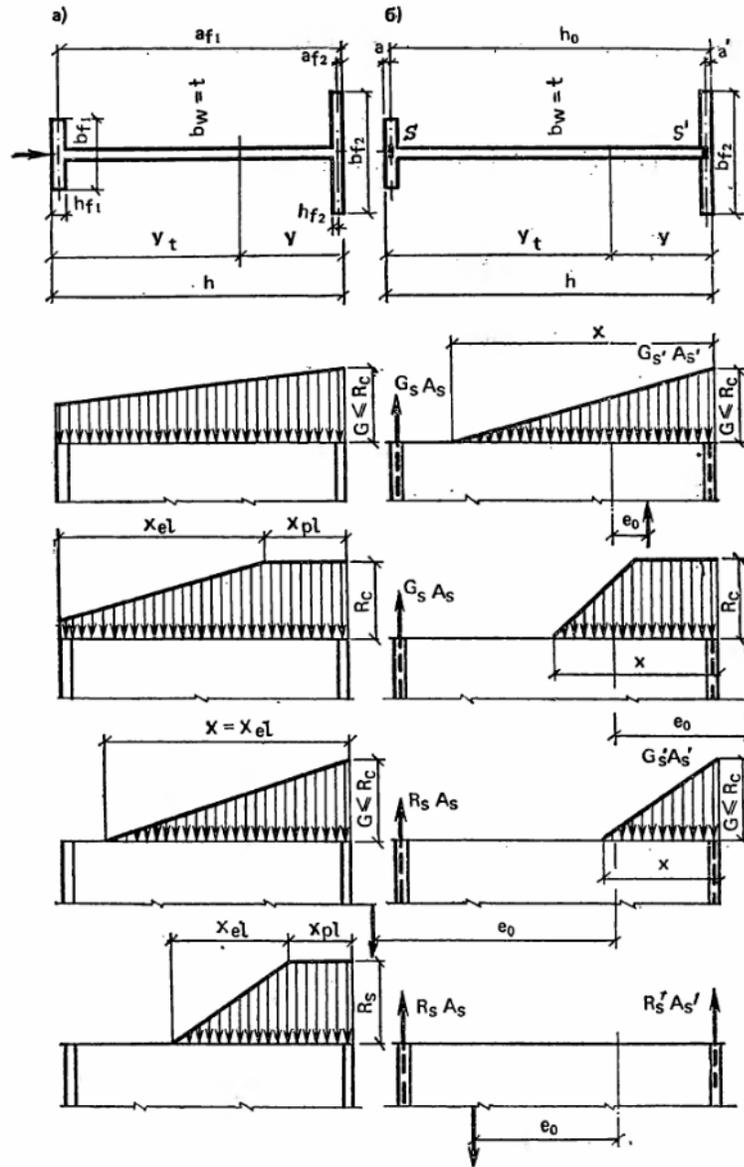


Режим основной. Площадь полной арматуры на 1м по оси Y (максимальная верх/низ)

# Расчёт стен на основе гипотезы плоского сечения



# Реализация в нормах проектирования



5.31.2. Определить предельную несущую способность столба при внецентренном сжатии исходя из прямоугольной эпюры сжимающих напряжений

$$N_{max} = R_c h t (1 - 2e_{oh}/h), \quad (80)$$

где  $R_c$  — вычисляется по формулам (24) или (25) соответственно для опорного и среднего сечения;  $t$  — толщина стены;  $h$  — ширина простенка (размер по длине стены в уровне расположения проемов).

5.31.6. Внецентренно сжатые в плоскости железобетонные стены рекомендуется рассчитывать с использованием следующих предположений:

принимается, что в сжатой зоне сечения сжимающие напряжения изменяются по линейной зависимости от нуля до максимального значения  $\sigma_{max} < R_c$ ;

высота сжатой зоны  $x$  принимается не более величины  $x_R$ , вычисляемой по формуле

$$x_R = \xi_R h_0, \quad (94)$$

где  $\xi_R$  — относительная высота сжатой зоны, характеризующая возможность полного использования сопротивления продольной растянутой арматуры (определяется по СНиП 2.03.01—84);  $h_0$  — расчетная высота сечения, равная ширине простенка за минусом расстояния от растянутой арматуры до края сечения.

Расчет прочности симметрично армированных внецентренно сжатых железобетонных стен рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

вычислить высоту сжатой зоны

$$x = 2h\sigma/R_c, \quad (95)$$

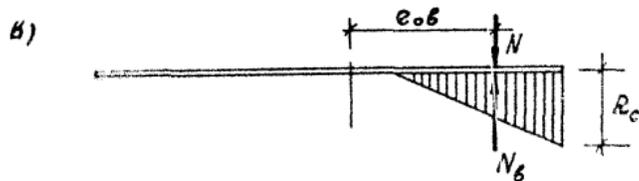
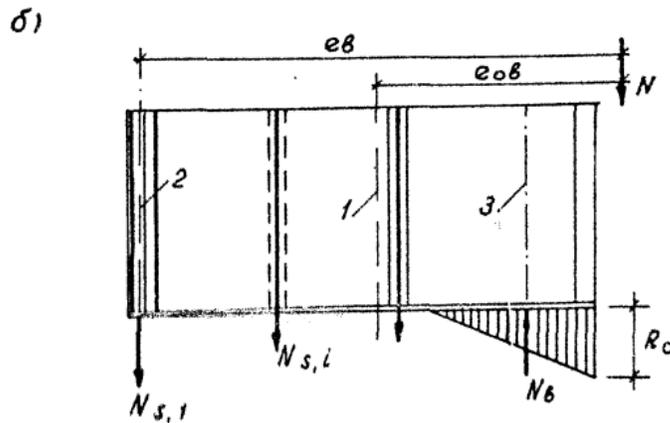
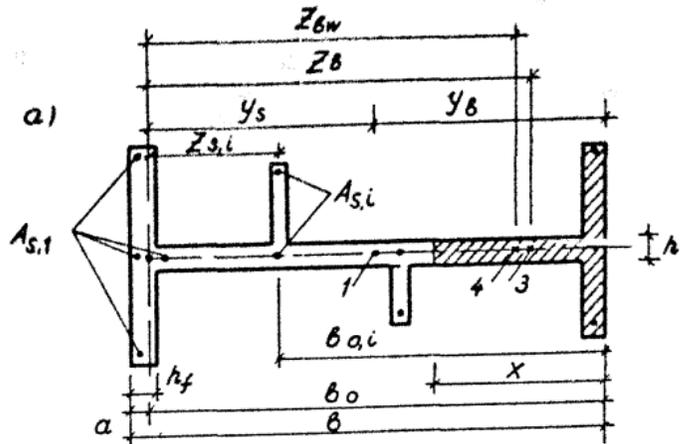
где напряжения вычисляются по формуле (84).

Если  $x < x_R$ , то требуемая площадь поперечного сечения продольной арматуры  $A_s$ , устанавливаемой у растянутой и сжатой кромок сечения, вычисляется по формуле

$$A_s = [Ne_{oh} - 0,5R_c x t (0,5h - x/3)]/[R_c (h - 2a)], \quad (96)$$

где  $a$  — расстояние от продольной арматуры до края сечения.

# Реализация в нормах проектирования



4.7. Проверку прочности при внецентренном сжатии сечений произвольной формы с многоядным расположением арматуры (рис.2) рекомендуется выполнять по формуле

$$N e_z \leq 0,5 R_c A_{bw} Z_{bw} + \sum_{j=1}^m \frac{R_c (x - y_{fj})}{x} A_{bfj} (b_0 - y_{fj}) - \sum_{i=2}^n \sigma_{si} A_{si} Z_{si} \quad (6)$$

где  $R_c = R_b \eta_j$  - приведенное расчетное сопротивление бетона стены в зоне стыка, определяемое с учетом необходимых коэффициентов условий работы  $\gamma$  и коэффициента  $\eta_j$ , учитывающего пониженное сопротивление стыка сжатия и определяемого по указаниям п.4.9;

$e_z = e_{0z} + y_s$  - эксцентриситет внешней нормальной силы  $N$  относительно центра тяжести крайнего ряда растянутой (или наименее сжатой) арматуры (см. рис.2);

$A_{bw}; Z_{bw}$  - площадь сжатой зоны стенки и расстояние от центра ее тяжести крайнего ряда растянутой или наименее сжатой арматуры;

$A_{bfj}$  - площадь  $i$ -ой сжатой полки;

$\sigma_{si}$  - напряжение в  $A_{si}$ -ом промежуточном ряде арматуры с площадью  $Z_{si}$  и расстоянием от центра тяжести крайнего ряда растянутой арматуры.

Положение границы сжатой зоны  $x$  и напряжения в арматуре  $\sigma_{si}$  при этом определяются из совместного решения уравнений:

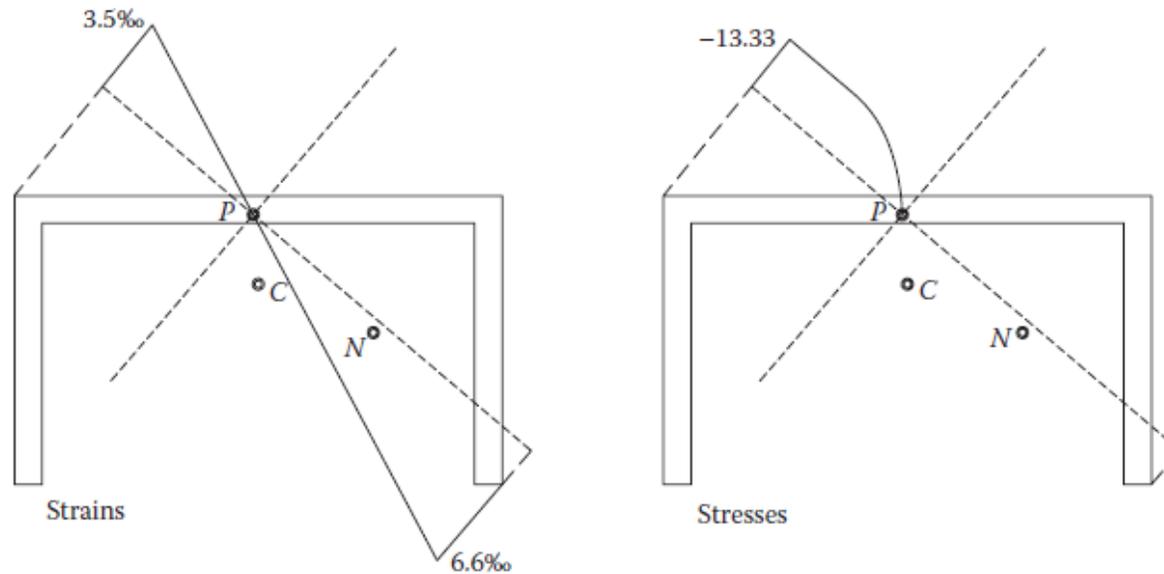
$$0,5 R_c A_{bw} + \sum_{j=1}^m \frac{R_c (x - y_{fj})}{x} A_{bfj} - \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} - N = 0; \quad (7)$$

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{su} E_{si}}{x} (b_{0i} - x) \leq R_{si},$$

# Подходы к расчёту сдвиговых стен в Eurocode 8

## Concrete Buildings in Seismic Regions

(b) Last iteration



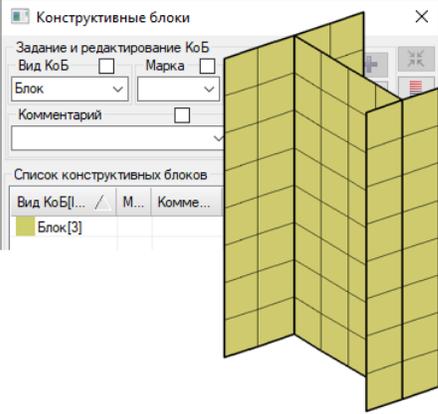
External forces	Internal forces	Neutral axis location	Centre of gravity (C)	Elastic neutral axis location (N)
$N: -7258.50 \text{ kN}$	$N_i: -16184.80 \text{ kN}$	(P)	$x_o: 2.650 \text{ m}$	$x_n: 3.900 \text{ m}$
$M_x: 13815.94 \text{ kNm}$	$M_{xi}: 30788.39 \text{ kNm}$	$x_p: 2.595 \text{ m}$	$y_o: 2.184 \text{ m}$	$y_n: 1.656 \text{ m}$
$M_y: -16361.05 \text{ kNm}$	$M_{yi}: -36479.92 \text{ kNm}$	$y_p: 2.943 \text{ m}$		$a: 67.09 \text{ d}$

George G. Penelis and Gregory G. Penelis

# Стержневые аналоги ПК ЛИРА-САПР

Марина Ромашкина Андрей Томашевский

## Моделирование составных конструкций стержневыми аналогами



Конструктивные блоки

Задание и редактирование КоБ

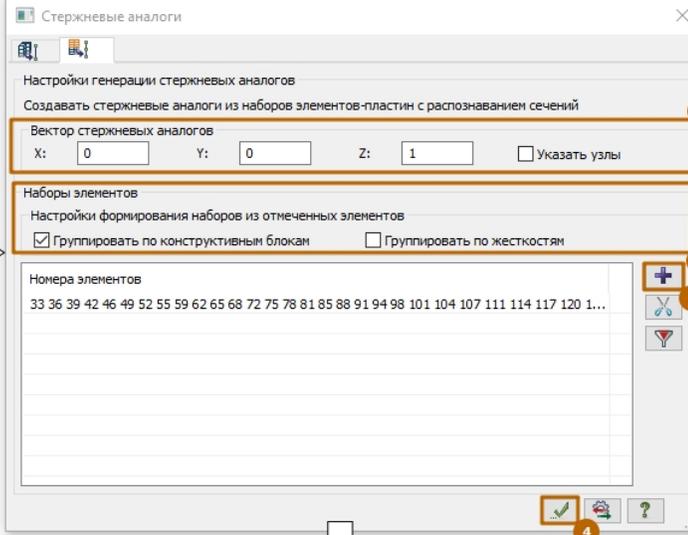
Вид КоБ:  Марка:

Блок:  Марка:

Комментарий:

Список конструктивных блоков

Вид КоБ	М...	Комме...
Блок[3]		



Стержневые аналоги

Настройки генерации стержневых аналогов

Создавать стержневые аналоги из наборов элементов-пластин с распознаванием сечений

Вектор стержневых аналогов

X:  Y:  Z:   Указать узлы

Наборы элементов

Настройки формирования наборов из отмеченных элементов

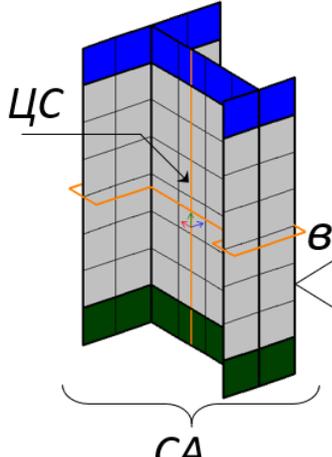
Группировать по конструктивным блокам  Группировать по жесткостям

Номера элементов

33 36 39 42 46 49 52 55 59 62 65 68 72 75 78 81 85 88 91 94 98 101 104 107 111 114 117 120 1...

а

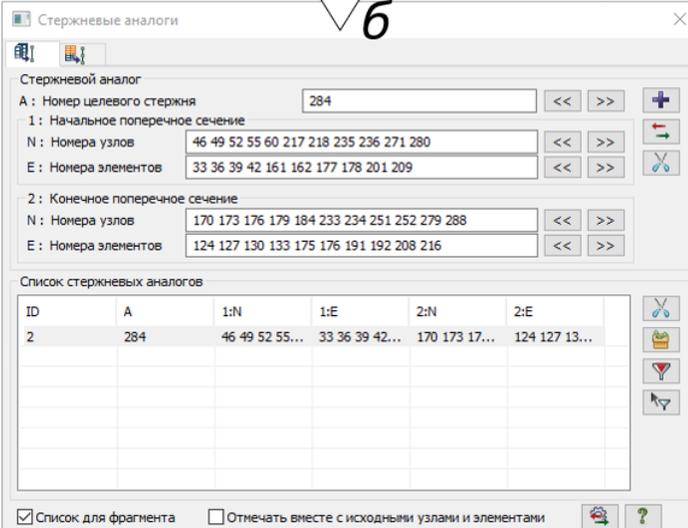
б



ЦС

СА

в



Стержневой аналог

A: Номер целого стержня:

1: Начальное поперечное сечение

N: Номера узлов:

E: Номера элементов:

2: Конечное поперечное сечение

N: Номера узлов:

E: Номера элементов:

Список стержневых аналогов

ID	A	1:N	1:E	2:N	2:E
2	284	46 49 52 55...	33 36 39 42...	170 173 17...	124 127 13...

Эпюра Mz  
Единицы измерения - кН\*м

Минимальное значение -1204.15; Максимальное значение 154.862

LIRALAND GROUP

11

# **Концепция Capacity design на примере пластичных стен (ductility wall)**



ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ  
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

# Концепция Capacity design

Как известно, основным подходом к расчёту ЗиС на сейсмическое воздействие является ЛИНЕЙНО-СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД. В ЛСМ кинематическая постановка расчёта заменяется на силовую: к расчётной модели статически прикладываются инерционные сейсмические нагрузки, определённые на основе динамических характеристик системы. Данный подход противоречит природе сейсмического воздействия, т.к. именно деформации основания приводят к развитию усилий в системе. Однако силовой подход является более понятным для инженера-строителя и хорошо себя зарекомендовал.

При расчёте на «сильные» землетрясения в элементах ЗиС напряжения могут выходить за предел пропорциональности. При этом будут развиваться значительные неупругие деформации.

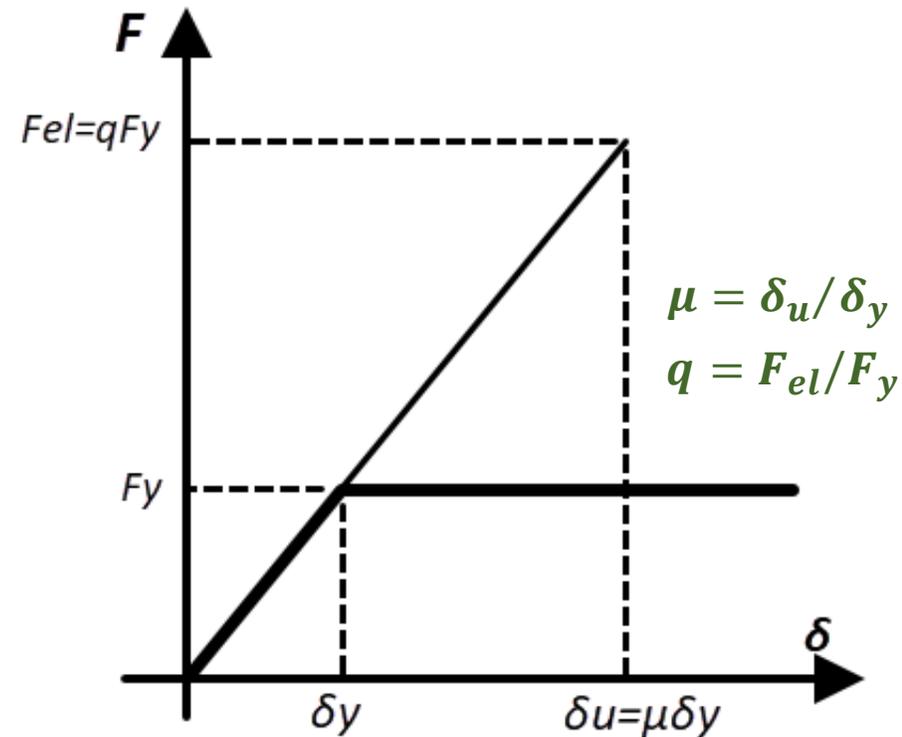
Для учёта развития неупругих деформаций и, как следствие, гистерезисного рассеивания энергии при сейсмических колебаниях, в расчёте на силовое воздействие

вводится понятие коэффициента пластичности  $\mu = \delta_u / \delta_y$  и коэффициента поведения  $q = F_{el} / F_y$ .

Схема перехода от деформационного подхода к силовому показана на рисунке справа.

Для того, чтобы достигнуть в упругой системе перемещения, соответствующего  $\delta_u$ , упругая сила  $F_{el}$  должна превышать предел текучести  $F_y$  в  $q$  раз. Величина коэффициента поведения  $q$  зависит от коэффициента пластичности  $\mu$ .

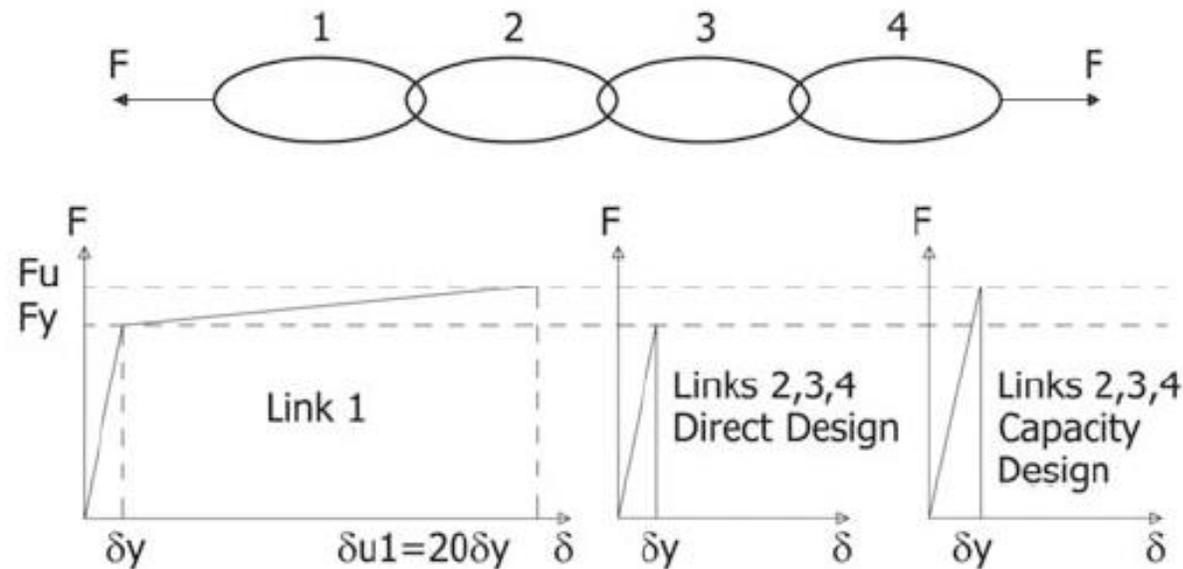
Конструктивный расчёт выполняется на инерционные сейсмические нагрузки, которые в  $q$  раз меньше определённых, на основе упругого расчёта. Для того, чтобы это понижение было справедливым, система должна иметь соответствующую способность к пластическому деформированию, т.е.  $\delta_u > \delta_y$ .



# Концепция Capacity design

Для обеспечения заданного уровня пластичности конструктивной системы **Eurocode 8** предусматривает концепцию **Capacity design** – подход к проектированию зданий с заданным уровнем пластичности (рассеивания энергии), базирующийся на рациональном выборе механизма рассеивания энергии конкретными элементами и соответствующим проектированием отдельных их участков. При этом все оставшиеся несущие элементы должны иметь гарантированный запас прочности, чтобы была возможность задействовать выбранный механизм рассеивания энергии. Хрупкое разрушение не допускается.

Рассмотрим принцип, лежащий в основе **Capacity design**, на примере цепи из 4х звеньев. Звено 1 работает по упруго-пластической диаграмме с пределом текучести  $F_y$  и соответствующим ему удлинением  $\delta_y$ . Это звено имеет податливость в 20 раз превышающую упругую податливость звеньев 2-4. Таким образом, общее удлинение цепи составит  $23\delta_y$ . Для того, чтобы это удлинение смогло реализоваться, прочность звеньев 2-4 должна быть не менее величины  $F_u$  в предельном состоянии, характеризуемом предельным удлинением:



# Пластичные стены (ductility wall) в рамках концепции Capacity design

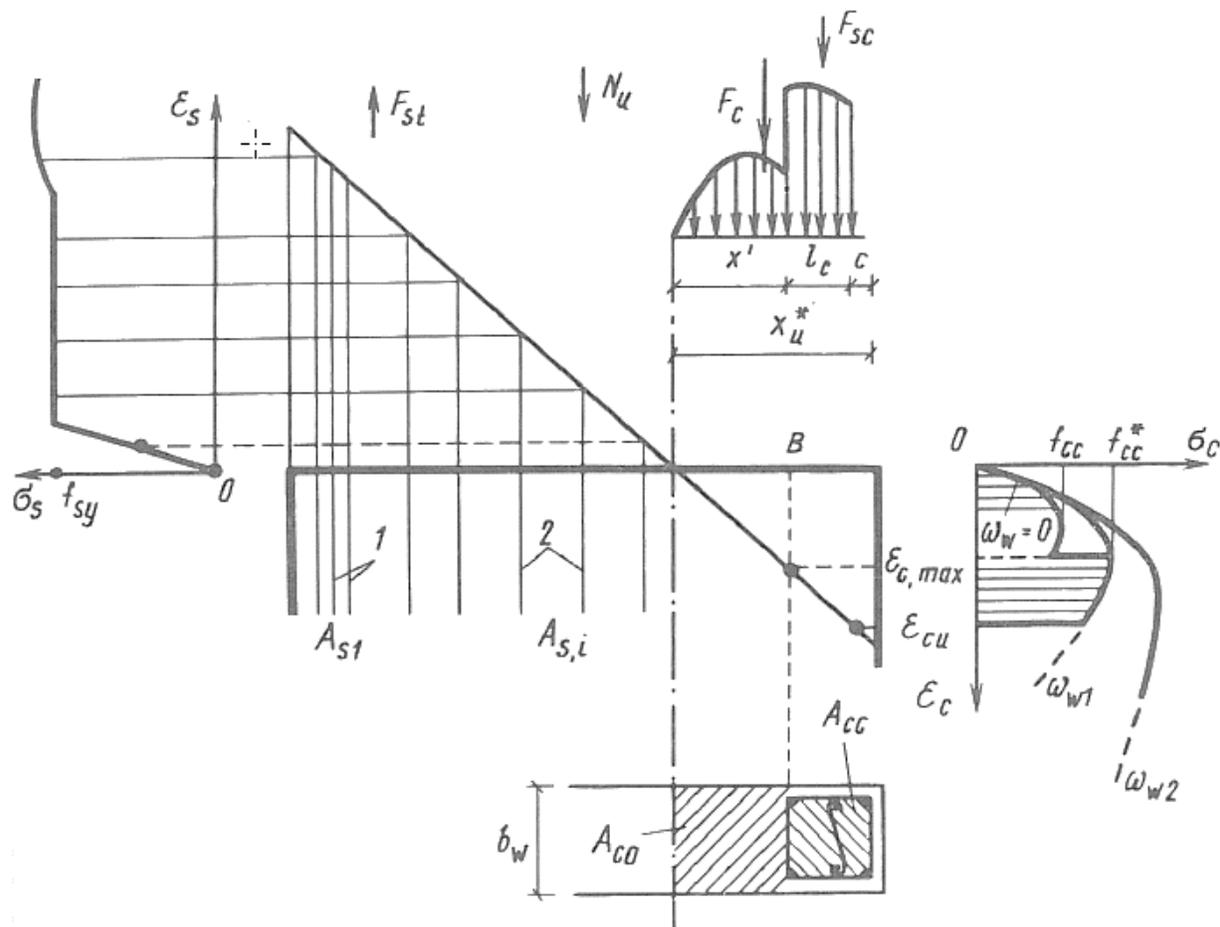
Пластический характер работы стен обеспечивается за счёт образования пластического шарнира по высоте критической зоны у основания стены.

Предполагается, что в пределах критической зоны арматура, сосредоточенная у торца стены, получает значительные неупругие деформации  $\varepsilon_s \gg \varepsilon_{el} = f_{sy} / E_s$ .

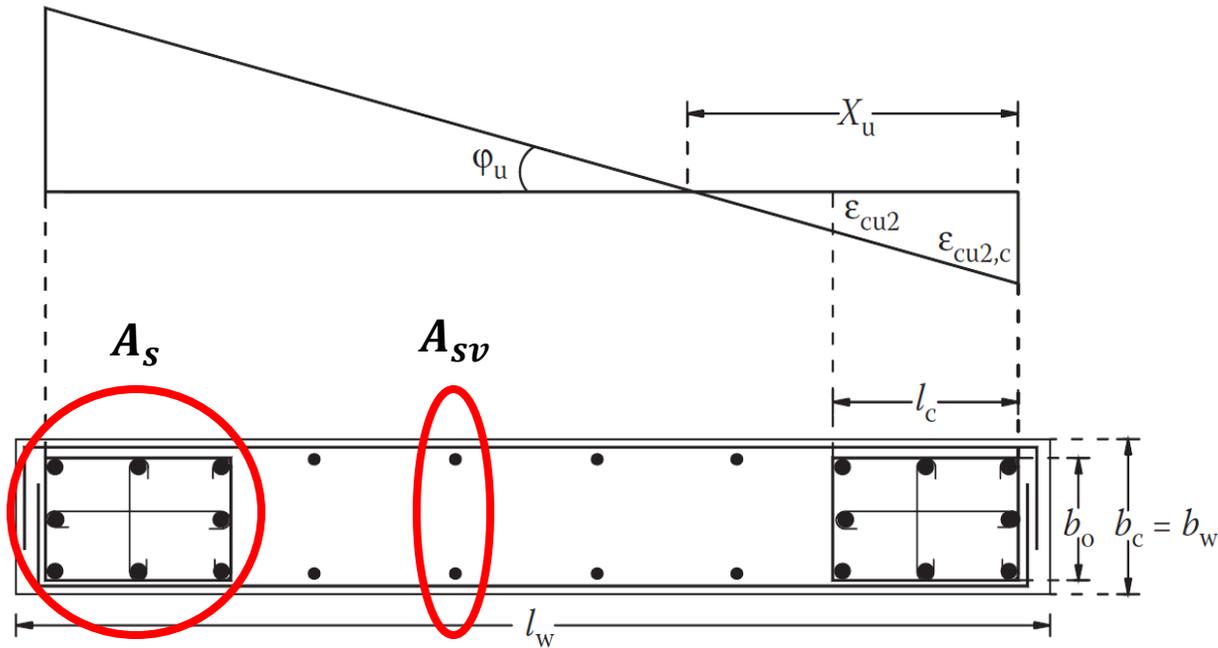
Для того, чтобы у арматуры была возможность к неупругому деформированию в большом диапазоне величин относительных деформаций после начала текучести, сжатая зона должна быть усилена косвенным армированием на краевом участке в пределах длины, где относительные деформации сжатия  $\varepsilon_c$  превышают предельную величину для не усиленного бетона  $\varepsilon_{c,max}$ .

При проектировании пластичных стен нужно определить длину зоны усиления бетона у торца стены  $l_c$  и подобрать соответствующие параметры её усиления  $\alpha \omega_w$  (шаг, длину и диаметр поперечных стержней: шпилек и хомутов), которые позволят реализоваться требуемой кривизне нормального сечения  $\varphi_u$  и коэффициента пластичности  $\mu = \varphi_u / \varphi_y$ .

Армирование стены должно быть достаточным для восприятия изгибающего момента, полученного из расчёта на сейсмическое воздействие на инерционные сейсмические нагрузки, определённые с учётом коэффициента поведения  $q$ .



# Пластичные стены (ductility wall) в рамках концепции Capacity design



$$\mu_\varphi = \varphi_u / \varphi_y$$

$$\alpha\omega_{wd} = 30\mu_\varphi(v_d + \omega_v)\varepsilon_{sy,d}\frac{b_w}{b_o} - 0.035 \geq \alpha\omega_{wd,min}$$

$$l_c = X_u * (1 - \varepsilon_{cu2} / \varepsilon_{cu2,c})$$

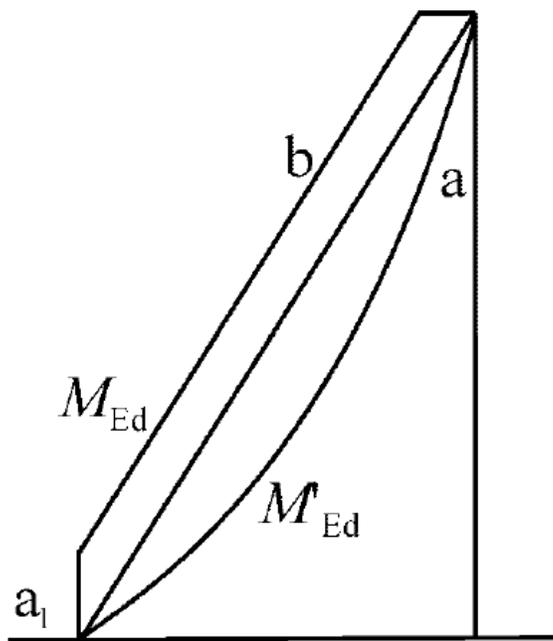
$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1\alpha\omega_{wd}$$

$$X_u = (v_d + \omega_v)l_w * b_w / b_o$$

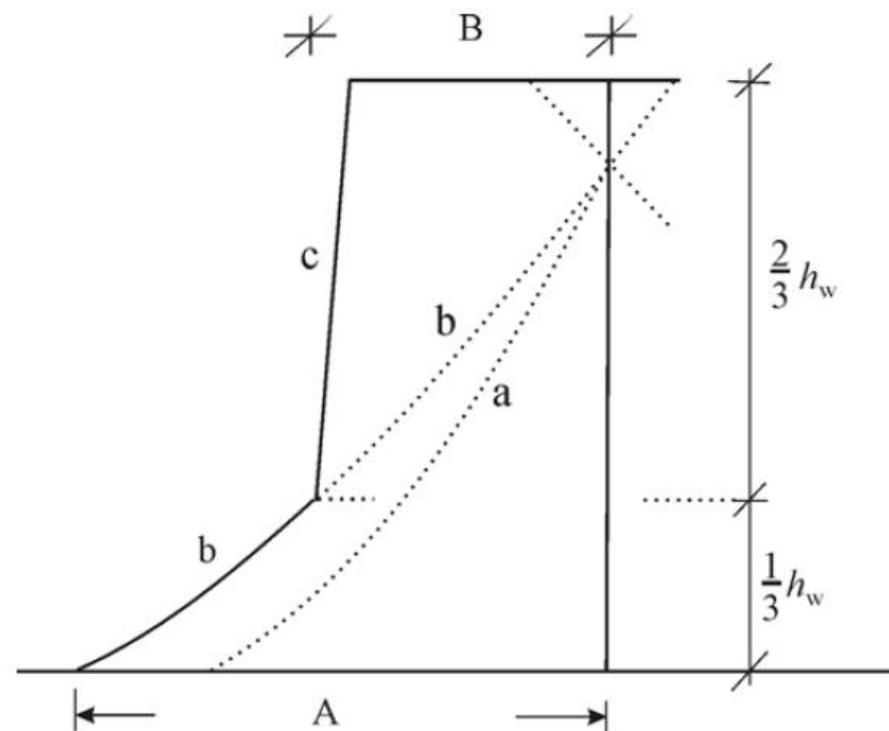
$$v_d = \frac{N_{ed}}{l_w * b_w * f_{cd}}; \omega_v = \frac{\rho_v * f_{yd}}{f_{cd}}; \rho_v = \frac{A_v}{l_w * b_w}$$

# Пластичные стены (ductility wall) в рамках концепции Capacity design

Для обеспечения контролируемого механизма развития пластических деформаций только в критических зонах для стеновых систем расчётная эпюра изгибающих моментов должна быть скорректирована по отношению к исходной, полученной на основании расчёта. Расчётная эпюра поперечных сил должна быть увеличена минимум в 1.5 раза. Для двойных систем, эквивалентных стеновым, расчётная эпюра поперечных сил также должна быть скорректирована по отношению к исходной, полученной на основании расчёта.



$$M_{Ed,i} = \begin{cases} M_{base} & \text{при } Z_i \leq a_1 \\ M_{base} \left(1 - \frac{Z_i - a_1}{H}\right) & \text{при } Z_i > a_1 \end{cases}$$



$$V_{Ed,i} = \begin{cases} \varepsilon * V_i & \text{при } Z_i \leq H/3 \\ \max(0.5 * \varepsilon * V_{base}; \varepsilon * V_i) & \text{при } Z_i > H/3 \end{cases}$$

# Тип армирования Стена (Стержень)



ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ  
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

# Тип армирования Стена (Стержень)

Название: Стена(Стержень)

Вид расчета: Стена (Стержень)

Армирование: Стержень

Система: Стена (Стержень)

Учитывать конс...

Выделять углов...

Располагать боковую арматуру в полке

Учитывать многоконтурность

Учитывать совместное действие усилий

Пункт 3.52 Пособия к СП 52-101-2003

Нормативные характеристики материалов для особого/аварийного сочетания

Использовать модифицированный алгоритм

Учитывать 3-осную работу бетона на сжатие

Учитывать огнестойкость

Количество промежуточных площадок: 2

Учитывать данные для режима 'Стена'

Точность расчета, %

Предварит. 20 Основного 1

% MAX 10 Козф. запаса несущей способности MIN 0.9 MAX 1.5

Расстояние к ц.т. арматуры, см

a1 4.5 a2 4.5 a3 4.5

Расчет по предельным состояниям II группы

Трещины продолжительные, мм 0.3

Трещины непродолжительные, мм 0.4

Шаг арматурных стержней, мм

Диаметр арматурных стержней 10

Длина элемента, Расчетные длины

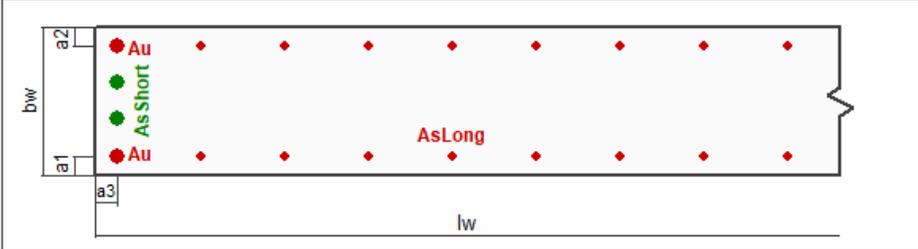
Длина элемента 3 м

Расчетная длина LY 1

Коэффициент LZ 1

При  $L_y=L_z=0$  игнорируется  $N<0$ .

Данные для расчета арматуры в режиме Стена



Данные для подбора арматуры в режиме Стена

Приоритет наращивания полевой арматуры: Диаметр (площадь) арматурных стержней

Максимальный шаг арматурных стержней

Минимальное количество арматурных стержней

Значение: 200 Предел: 100 мм Шаг изменения значения: 50 мм

Стандартно (без учета сортамента)

Минимальный % армирования на 1л.м. у одной гран

Минимальный диаметр арматурных стержней

Минимальная площадь арматурных стержней

Значение: 0.785 см2 Шаг изменения значения: 0.0785 см2

Выделять угловые арматурные стержни Макс. диаметр: 32.0 Количество: 2

Выделить арматурные стержни у торца стены Макс. диаметр: 32.0 Количество: 2

Дополнительные данные для подбора арматуры в режиме Пластичная стена

Установить режим расчета Пластичная стена

Кoeffициент поведения q 3.6 Период основного тона колебаний T1 0.8 сек

Значение  $\Delta\omega_{wd,min}$  0.08 Максимальное значение периода Tc 0.6 сек

Приоритет наращивания краевой арматуры: Диаметр (площадь) арматурных стержней

Максимальный шаг арматурных стержней

Минимальное количество арматурных стержней

Значение: 200 Предел: 50 мм Шаг изменения значения: 50 мм

Стандартно (без учета сортамента)

Минимальный диаметр арматурных стержней

Минимальная площадь арматурных стержней

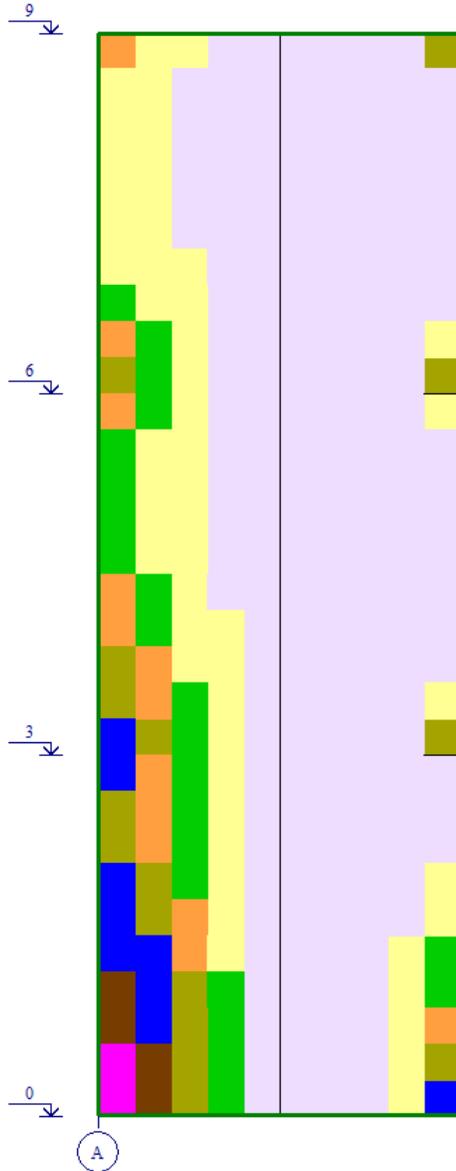
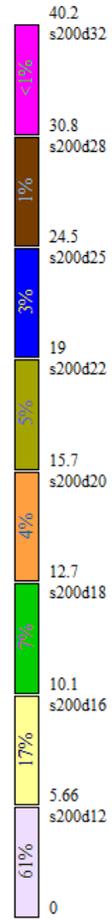
Значение: 3.0 мм

✓ ✗



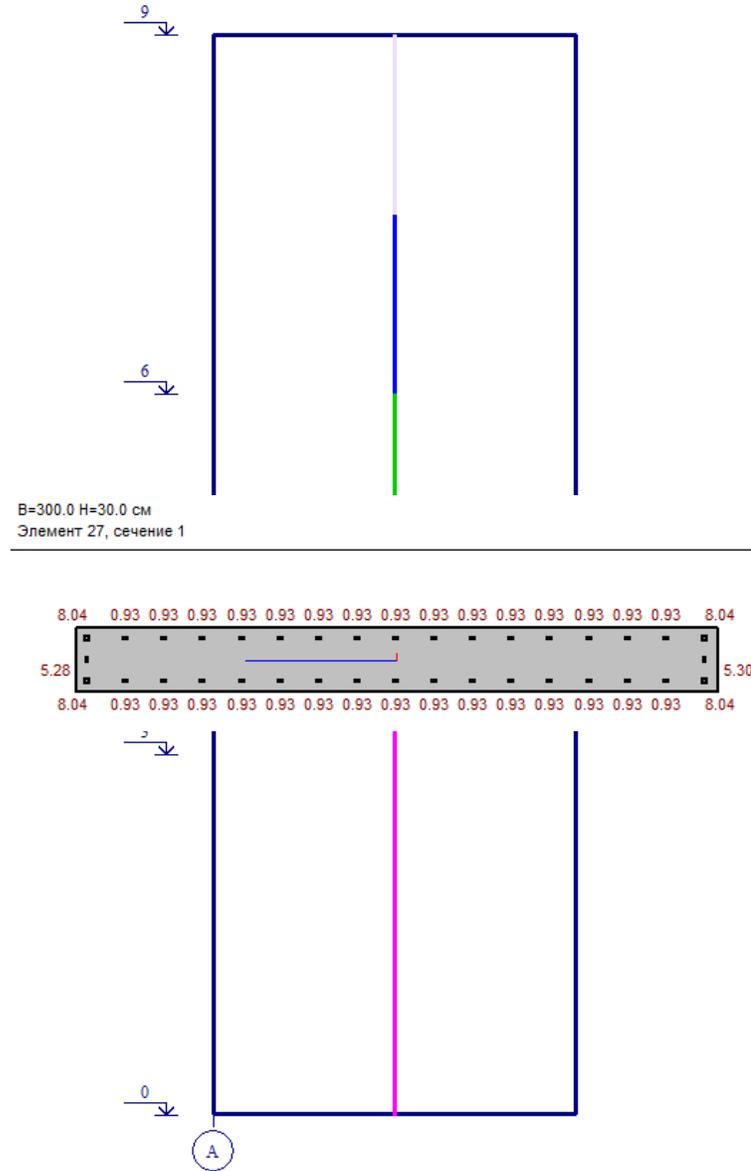
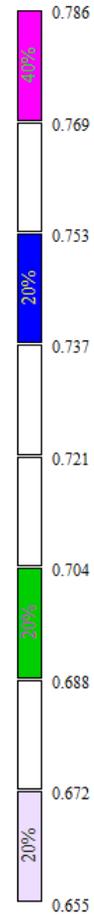
# Инструмент Стена (Стержень)

Основной режим  
Единицы измерения - см<sup>2</sup>/1м  
Шаг, Диаметр - мм



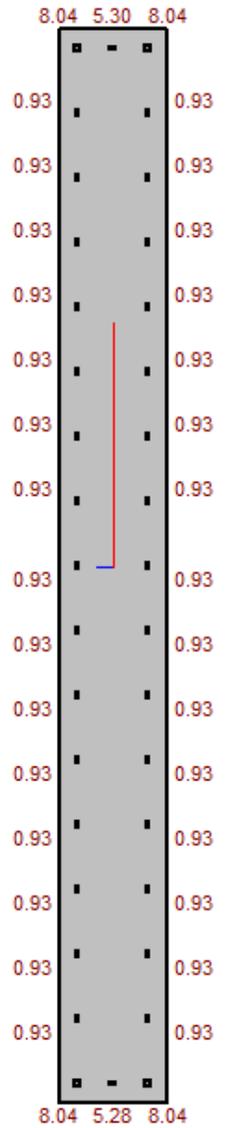
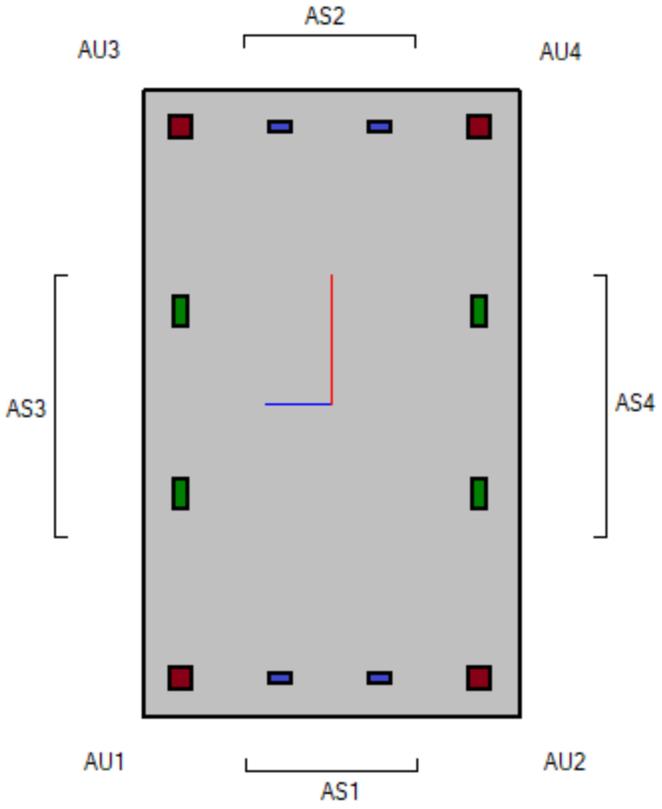
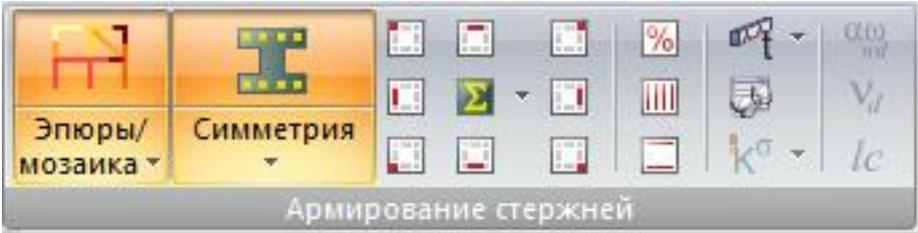
Режим основной. Площадь полной арматуры на 1м по оси Y (максимальная верх/низ); максимум в элементе 8198

Основной режим



Режим основной. Процент армирования (Площадь полной арматуры)/Симметричное армирование. Максимум 0.79 в элементе 27.

# Инструмент Стена (Стержень)

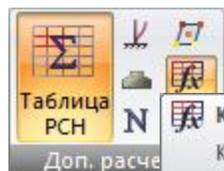


# **Расчёт пластичных стен (ductility wall) в ЛИРА-САПР 2024**



**ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ  
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»**

# Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР



Корректировка усилий РСН в расчетных сечениях стержней и пластин  
 Корректировать усилия и напряжения РСН для стержней и пластин

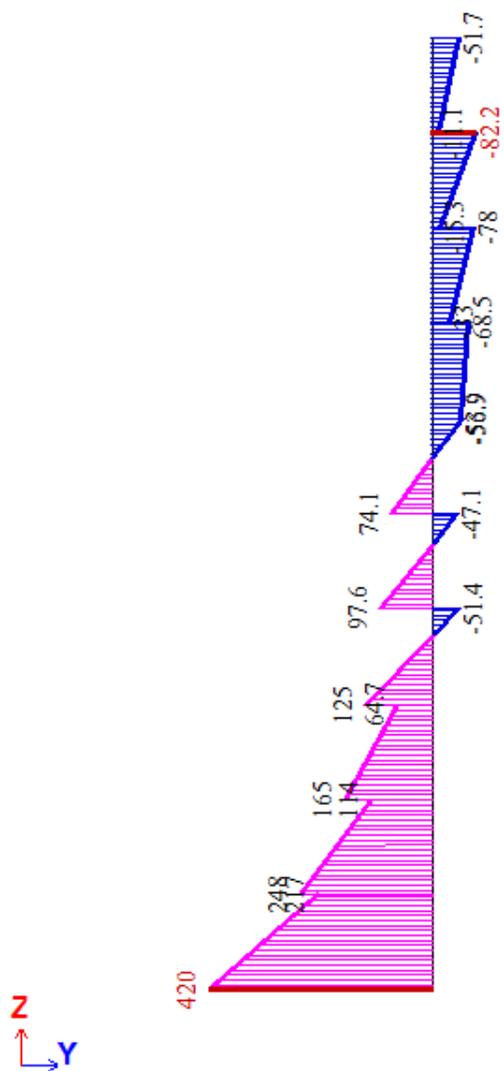
No	Что корректируется	Набор формул корректировки	Имя набора групп	#	Группы элементов
1	2[S] - РСН СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий [все сейсмические сочетания]	$M_z = AFORM(a:2.7);$ $Q_y = FACTOR(k:1.5) \mid d:1, fi:2$	Стены 300x1500	12	3 646 1289 1932 2575 3218 3861 4504 5148 5712 6355 6998 7641 8284 8927 9570 10213 10856 11500 12143 12786 13429 14072 14715 15358 16001 16644 17287 17930 18573 19216 19859 20502 21145 21788 22431 23074 23717 24360 25003 25646 26289 26932 27575 28218 28861 29504 30147 30790 31433 32076 32719 33362 34005 34648 35291 35934 36577 37220 37863 38506 39149 39792 40435 41078 41721 42364 43007 43650 44293 44936 45579 46222 46865 47508 48151 48794 49437 50080 50723 51366 52009 52652 53295 53938 54581 55224 55867 56510 57153 57796 58439 59082 59725 60368 61011 61654 62297 62940 63583 64226 64869 65512 66155 66798 67441 68084 68727 69370 70013 70656 71299 71942 72585 73228 73871 74514 75157 75800 76443 77086 77729 78372 79015 79658 80301 80944 81587 82230 82873 83516 84159 84802 85445 86088 86731 87374 88017 88660 89303 89946 90589 91232 91875 92518 93161 93804 94447 95090 95733 96376 97019 97662 98305 98948 99591 100234 100877 101520 102163 102806 103449 104092 104735 105378 106021 106664 107307 107950 108593 109236 109879 110522 111165 111808 112451 113094 113737 114380 115023 115666 116309 116952 117595 118238 118881 119524 120167 120810 121453 122096 122739 123382 124025 124668 125311 125954 126597 127240 127883 128526 129169 129812 130455 131098 131741 132384 133027 133670 134313 134956 135599 136242 136885 137528 138171 138814 139457 140100 140743 141386 142029 142672 143315 143958 144601 145244 145887 146530 147173 147816 148459 149102 149745 150388 151031 151674 152317 152960 153603 154246 154889 155532 156175 156818 157461 158104 158747 159390 160033 160676 161319 161962 162605 163248 163891 164534 165177 165820 166463 167106 167749 168392 169035 169678 170321 170964 171607 172250 172893 173536 174179 174822 175465 176108 176751 177394 178037 178680 179323 179966 180609 181252 181895 182538 183181 183824 184467 185110 185753 186396 187039 187682 188325 188968 189611 190254 190897 191540 192183 192826 193469 194112 194755 195398 196041 196684 197327 197970 198613 199256 199899 200542 201185 201828 202471 203114 203757 204400 205043 205686 206329 206972 207615 208258 208901 209544 210187 210830 211473 212116 212759 213402 214045 214688 215331 215974 216617 217260 217903 218546 219189 219832 220475 221118 221761 222404 223047 223690 224333 224976 225619 226262 226905 227548 228191 228834 229477 230120 230763 231406 232049 232692 233335 233978 234621 235264 235907 236550 237193 237836 238479 239122 239765 240408 241051 241694 242337 242980 243623 244266 244909 245552 246195 246838 247481 248124 248767 249410 250053 250696 251339 251982 252625 253268 253911 254554 255197 255840 256483 257126 257769 258412 259055 259698 260341 260984 261627 262270 262913 263556 264199 264842 265485 266128 266771 267414 268057 268700 269343 270000 270643 271286 271929 272572 273215 273858 274501 275144 275787 276430 277073 277716 278359 279002 279645 280288 280931 281574 282217 282860 283503 284146 284789 285432 286075 286718 287361 288004 288647 289290 289933 290576 291219 291862 292505 293148 293791 294434 295077 295720 296363 297006 297649 298292 298935 299578 300221 300864 301507 302150 302793 303436 304079 304722 305365 306008 306651 307294 307937 308580 309223 309866 310509 311152 311795 312438 313081 313724 314367 315010 315653 316296 316939 317582 318225 318868 319511 320154 320797 321440 322083 322726 323369 324012 324655 325298 325941 326584 327227 327870 328513 329156 329799 330442 331085 331728 332371 333014 333657 334300 334943 335586 336229 336872 337515 338158 338801 339444 340087 340730 341373 342016 342659 343302 343945 344588 345231 345874 346517 347160 347803 348446 349089 349732 350375 351018 351661 352304 352947 353590 354233 354876 355519 356162 356805 357448 358091 358734 359377 360020 360663 361306 361949 362592 363235 363878 364521 365164 365807 366450 367093 367736 368379 369022 369665 370308 370951 371594 372237 372880 373523 374166 374809 375452 376095 376738 377381 378024 378667 379310 379953 380596 381239 381882 382525 383168 383811 384454 385097 385740 386383 387026 387669 388312 388955 389598 390241 390884 391527 392170 392813 393456 394099 394742 395385 396028 396671 397314 397957 398600 399243 399886 400529 401172 401815 402458 403101 403744 404387 405030 405673 406316 406959 407602 408245 408888 409531 410174 410817 411460 412103 412746 413389 414032 414675 415318 415961 416604 417247 417890 418533 419176 419819 420462 421105 421748 422391 423034 423677 424320 424963 425606 426249 426892 427535 428178 428821 429464 430107 430750 431393 432036 432679 433322 433965 434608 435251 435894 436537 437180 437823 438466 439109 439752 440395 441038 441681 442324 442967 443610 444253 444896 445539 446182 446825 447468 448111 448754 449397 450040 450683 451326 451969 452612 453255 453898 454541 455184 455827 456470 457113 457756 458399 459042 459685 460328 460971 461614 462257 462900 463543 464186 464829 465472 466115 466758 467401 468044 468687 469330 469973 470616 471259 471902 472545 473188 473831 474474 475117 475760 476403 477046 477689 478332 478975 479618 480261 480904 481547 482190 482833 483476 484119 484762 485405 486048 486691 487334 487977 488620 489263 489906 490549 491192 491835 492478 493121 493764 494407 495050 495693 496336 496979 497622 498265 498908 499551 500194 500837 501480 502123 502766 503409 504052 504695 505338 505981 506624 507267 507910 508553 509196 509839 510482 511125 511768 512411 513054 513697 514340 514983 515626 516269 516912 517555 518198 518841 519484 520127 520770 521413 522056 522699 523342 523985 524628 525271 525914 526557 527200 527843 528486 529129 529772 530415 531058 531701 532344 532987 533630 534273 534916 535559 536202 536845 537488 538131 538774 539417 540060 540703 541346 541989 542632 543275 543918 544561 545204 545847 546490 547133 547776 548419 549062 549705 550348 550991 551634 552277 552920 553563 554206 554849 555492 556135 556778 557421 558064 558707 559350 559993 560636 561279 561922 562565 563208 563851 564494 565137 565780 566423 567066 567709 568352 568995 569638 570281 570924 571567 572210 572853 573496 574139 574782 575425 576068 576711 577354 577997 578640 579283 579926 580569 581212 581855 582498 583141 583784 584427 585070 585713 586356 587000 587643 588286 588929 589572 590215 590858 591501 592144 592787 593430 594073 594716 595359 596002 596645 597288 597931 598574 599217 599860 600503 601146 601789 602432 603075 603718 604361 605004 605647 606290 606933 607576 608219 608862 609505 610148 610791 611434 612077 612720 613363 614006 614649 615292 615935 616578 617221 617864 618507 619150 619793 620436 621079 621722 622365 623008 623651 624294 624937 625580 626223 626866 627509 628152 628795 629438 630081 630724 631367 632010 632653 633296 633939 634582 635225 635868 636511 637154 637797 638440 639083 639726 640369 641012 641655 642298 642941 643584 644227 644870 645513 646156 646799 647442 648085 648728 649371 650014 650657 651300 651943 652586 653229 653872 654515 655158 655801 656444 657087 657730 658373 659016 659659 660302 660945 661588 662231 662874 663517 664160 664803 665446 666089 666732 667375 668018 668661 669304 669947 670590 671233 671876 672519 673162 673805 674448 675091 675734 676377 677020 677663 678306 678949 679592 680235 680878 681521 682164 682807 683450 684093 684736 685379 686022 686665 687308 687951 688594 689237 689880 690523 691166 691809 692452 693095 693738 694381 695024 695667 696310 696953 697596 698239 698882 699525 700168 700811 701454 702097 702740 703383 704026 704669 705312 705955 706598 707241 707884 708527 709170 709813 710456 711099 711742 712385 713028 713671 714314 714957 715600 716243 716886 717529 718172 718815 719458 720101 720744 721387 722030 722673 723316 723959 724602 725245 725888 726531 727174 727817 728460 729103 729746 730389 731032 731675 732318 732961 733604 734247 734890 735533 736176 736819 737462 738105 738748 739391 740034 740677 741320 741963 742606 743249 743892 744535 745178 745821 746464 747107 747750 748393 749036 749679 750322 750965 751608 752251 752894 753537 754180 754823 755466 756109 756752 757395 758038 758681 759324 759967 760610 761253 761896 762539 763182 763825 764468 765111 765754 766397 767040 767683 768326 768969 769612 770255 770898 771541 772184 772827 773470 774113 774756 775399 776042 776685 777328 777971 778614 779257 779900 780543 781186 781829 782472 783115 783758 784401 785044 785687 786330 786973 787616 788259 788902 789545 790188 790831 791474 792117 792760 793403 794046 794689 795332 795975 796618 797261 797904 798547 799190 799833 800476 801119 801762 802405 803048 803691 804334 804977 805620 806263 806906 807549 808192 808835 809478 810121 810764 811407 812050 812693 813336 813979 814622 815265 815908 816551 817194 817837 818480 819123 819766 820409 821052 821695 822338 822981 823624 824267 824910 825553 826196 826839 827482 828125 828768 829411 830054 830697 831340 831983 832626 833269 833912 834555 835198 835841 836484 837127 837770 838413 839056 839699 840342 840985 841628 842271 842914 843557 844200 844843 845486 846129 846772 847415 848058 848701 849344 849987 850630 851273 851916 852559 853202 853845 854488 855131 855774 856417 857060 857703 858346 858989 859632 860275 860918 861561 862204 862847 863490 864133 864776 865419 866062 866705 867348 867991 868634 869277 869920 870563 871206 871849 872492 873135 873778 874421 875064 875707 876350 876993 877636 878279 878922 879565 880208 880851 881494 882137 882780 883423 884066 884709 885352 885995 886638 887281 887924 888567 889210 889853 890496 891139 891782 892425 893068 893711 894354 894997 895640 896283 896926 897569 898212 898855 899498 900141 900784 901427 902070 902713 903356 903999 904642 905285 905928 906571 907214 907857 908500 909143 909786 910429 911072 911715 912358 912999 913642 914285 914928 915571 916214 916857 917500 918143 918786 919429 920072 920715 921358 921999 922642 923285 923928 924571 925214 925857 926500 927143 927786 928429 929072 929715 930358 930999 931642 932285 932928 933571 934214 934857 935499 936142 936785 937428 938071 938714 939357 940000 940643 941286 941929 942572 943215 943858 944501 945144 945787 946430 947073 947716 948359 948999 949642 950285 950928 951571 952214 952857 953500 954143 954786 955429 956072 956715 957358 957999 958642 959285 959928 960571 961214 961857 962500 963143 963786 964429 965072 965715 966358 966999 967642 968285 968928 969571 970214 970857 971500 972143 972786 973429 974072 974715 975358 975999 976642 977285 977928 978571 979214 979857 980500 981143 981786 982429 983072 983715 984358 984999 985642 986285 986928 987571 988214 988857 989500 990143 990786 991429 992072 992715 993358 993999 994642 995285 995928 996571 997214 997857 998500 999143 999786 1000429
2	2[S] - РСН СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий [все сейсмические сочетания]	$M_z = AFORM(a:5.4);$ $Q_y = FACTOR(k:1.5) \mid d:1, fi:2$	Стены 300x3000	2	26 669 1312 1955 2598 3241 3884 4527 5170 5813 6456 7099 7742 8385 9028 9671 10314 10957 11600 12243 12886 13529 14172 14815 15458 16101 16744 17387 18030 18673 19316 19959 20602 21245 21888 22531 23174 23817 24460 25103 25746 26389 27032 27675 28318 28961 29604 30247 30890 31533 32176 32819 33462 34105 34748 35391 36034 36677 37320 37963 38606 39249 39892 40535 41178 41821 42464 43107 43750 44393 45036 45679 46322 46965 47608 48251 48894 49537 50180 50823 51466 52109 52752 53395 54038 54681 55324 55967 56610 57253 57896 58539 59182 59825 60468 61111 61754 62397 63040 63683 64326 64969 65612 66255 66898 67541 68184 68827 69470 70113 70756 71399 72042 72685 73328 73971 74614 75257 75900 76543 77186 77829 78472 79115 79758 80401 81044 81687 82330 82973 83616 84259 84902 85545 86188 86831 87474 88117 88760 89403 90046 90689 91332 91975 92618 93261 93904 94547 95190 95833 96476 97119 97762 98405 99048 99691 100334 100977 101620 102263 102906 103549 104192 104835 105478 106121 106764 107407 108050 108693 109336 109979 110622 111265 111908 112551 113194 113837 1

# Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

20.PCH20\_III\_6.12b\_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011)

Эпюра Mz (расчетные сечения)

Единицы измерения - т\*м

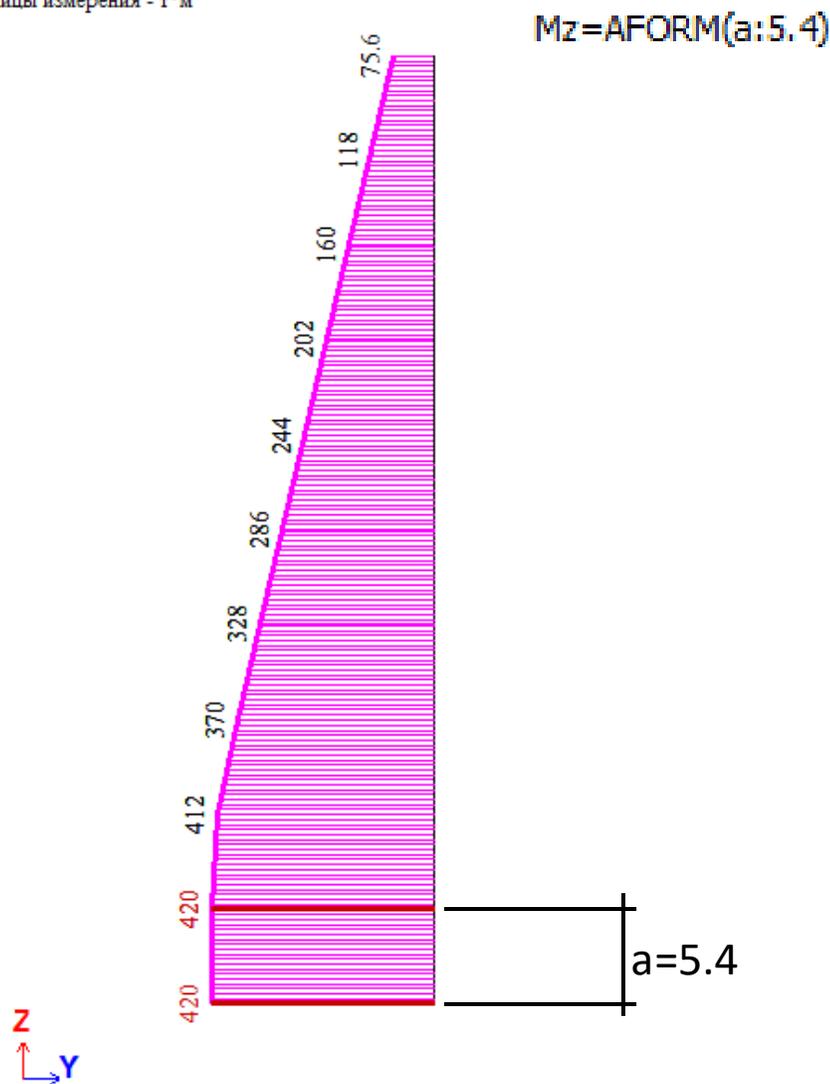


Минимальное значение -82.2018; Максимальное значение 420.133

20.PCH20\_III\_6.12b\_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011\_корректировка усилий)

Эпюра Mz (расчетные сечения)

Единицы измерения - т\*м



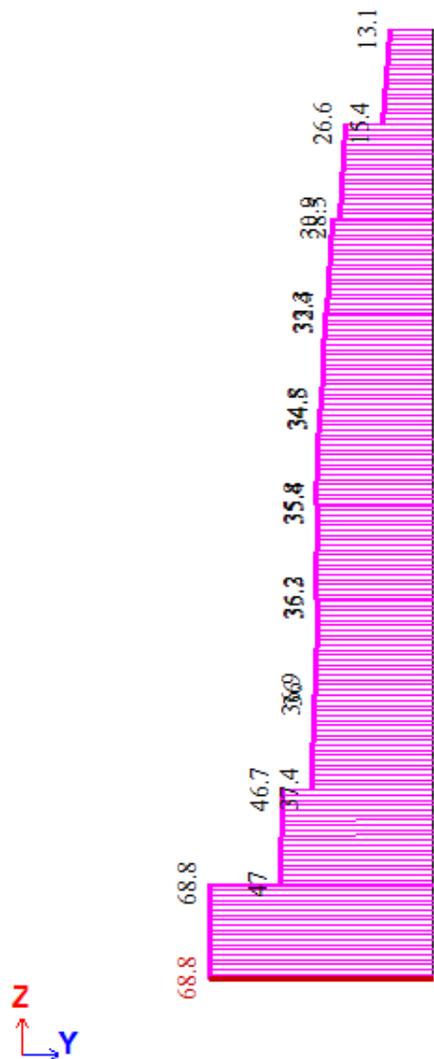
Максимальное значение 420.133

# Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

20.PCH20\_III\_6.12b\_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011)

Эпюра  $Q_y$  (расчетные сечения)

Единицы измерения - т



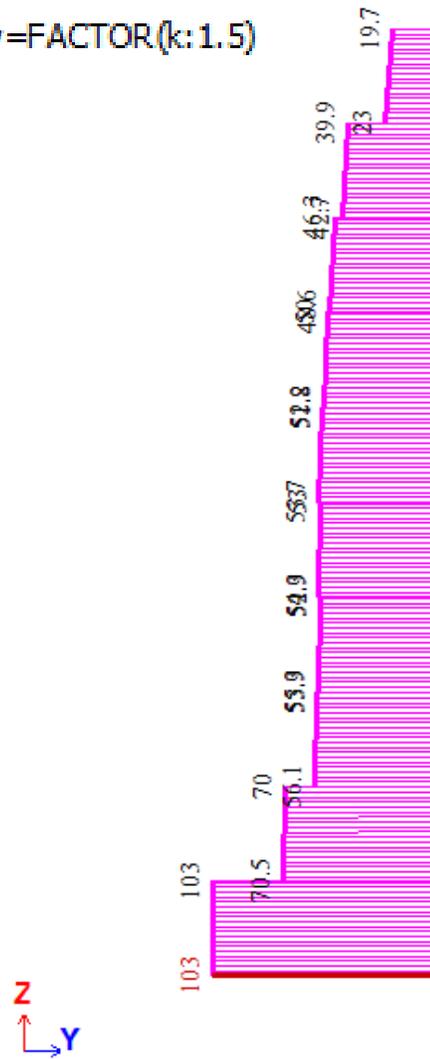
Максимальное значение 68.8335

20.PCH20\_III\_6.12b\_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011\_корректировка усилий)

Эпюра  $Q_y$  (расчетные сечения)

Единицы измерения - т

$Q_y = \text{FACTOR}(k: 1.5)$



Максимальное значение 103.25

# Расчёт пластичных стен (ductility wall)

Название   
 Вид расчета: Стена (Стержень)   
 Армирование: Симметричное   
 Система: Нераскрепленный элемент

Учитывать конструктивные требования  
 Выделять угловые арматурные стержни  
 Располагать боковую арматуру в полке  
 Учитывать многоконтурность  
 Учитывать совместное действие усилий  
 Пункт 3.52 Пособия к СП 52-101-2003  
 Нормативные характеристики материалов для особого/аварийного сочетания  
 Использовать модифицированный алгоритм  
 Учитывать 3-осную работу бетона на сжатие  
 Учитывать огнестойкость

Количество промежуточных площадок:

Учитывать данные для режима 'Стена'

Точность расчета, %  
 Предварит.  Основного

% MAX  Козф. запаса несущей способности  
 MIN  MAX

Расстояние к ц.т. арматуры, см  
 a1  a2  a3

Расчет по предельным состояниям II группы  
 Трещины продолжительные, мм:   
 Трещины непродолжительные, мм:   
 Шаг арматурных стержней, мм  
 Диаметр арматурных стержней:

Длина элемента, Расчетные длины  
 Длина элемента:  м  
 Расчетная длина LY:   
 Коэффициент LZ:   
 При Ly=Lz=0 игнорируется N<0.

Данные для расчета арматуры в режиме Стена

Данные для подбора арматуры в режиме Стена

Приоритет наращивания полевой арматуры: Диаметр (площадь) арматурных стержней

Максимальный шаг арматурных стержней  
 Минимальное количество арматурных стержней

Стандартно (без учета сортамента)  
 Минимальный % армирования на 1п.м. у одной гран  
 Минимальный диаметр арматурных стержней  
 Минимальная площадь арматурных стержней

Значение	Предел	Шаг изменения значения	Значение	Шаг изменения
<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="100"/> мм	<input type="text" value="50"/> мм	<input type="text" value="0.785"/> см <sup>2</sup>	<input type="text" value="0.0785"/> см <sup>2</sup>

Выделять угловые арматурные стержни Макс. диаметр:  Количество:   
 Выделить арматурные стержни у торца стены Макс. диаметр:  Количество:

Дополнительные данные для подбора арматуры в режиме Пластичная стена

Установить режим расчета Пластичная стена

Коэффициент поведения  $\eta$   Период основного тона колебаний T1  сек  
 Значение  $\Omega \omega_{d,min}$   Максимальное значение периода Tc  сек

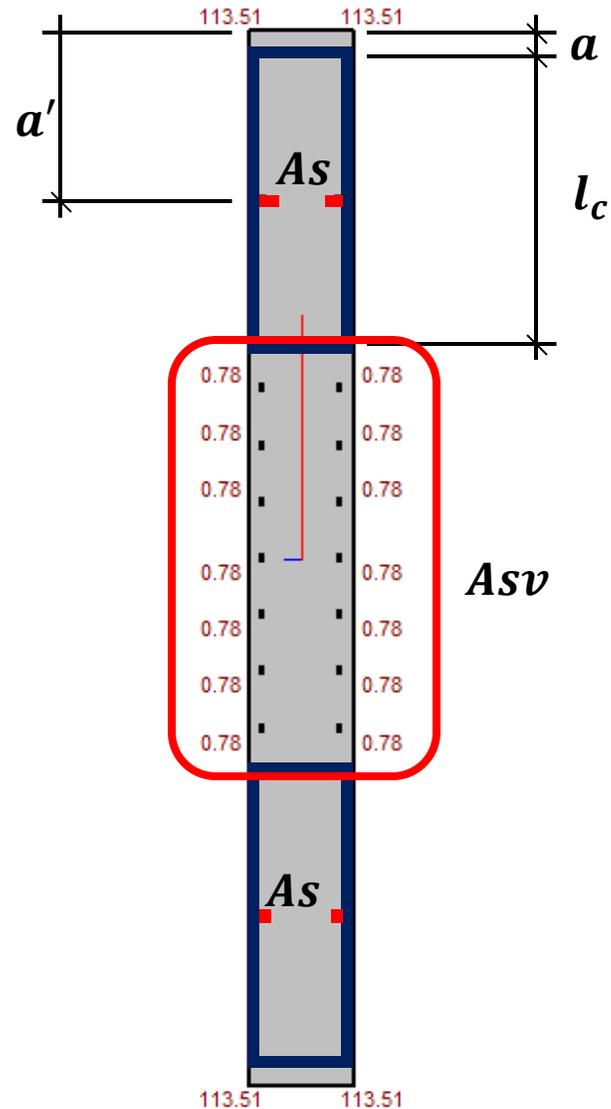
Приоритет наращивания краевой арматуры: Диаметр (площадь) арматурных стержней

Максимальный шаг арматурных стержней  
 Минимальное количество арматурных стержней

Стандартно (без учета сортамента)  
 Минимальный диаметр арматурных стержней  
 Минимальная площадь арматурных стержней

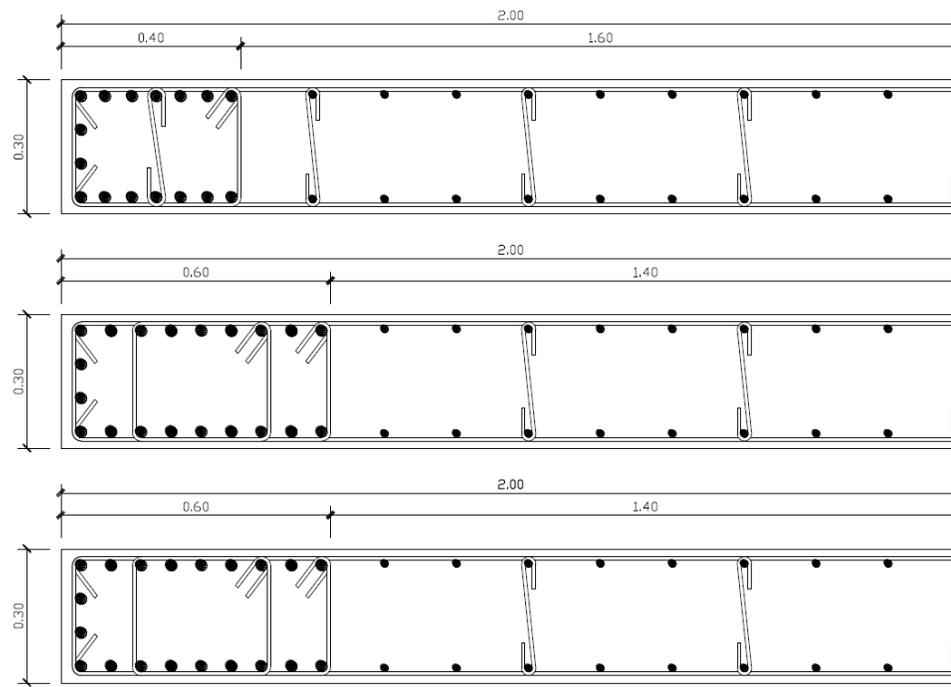
Значение	Предел	Шаг изменения значения	Значение
<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="50"/> мм	<input type="text" value="50"/> мм	<input type="text" value="3.0"/> мм

# Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР



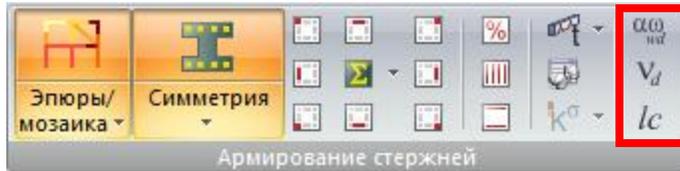
Принимается, что рабочая арматура пластичной стены сосредоточена на участке  $l_c$ , а её равнодействующая отстоит от торца стены на расстоянии  $a' = a + l_c/2$ .

В дальнейшем предполагается автоматизировать процесс расстановки арматурных стержней в пределах периферийных зон при подборе армирования.



# Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

Результаты расчёта для пластичных стен (ductility wall)

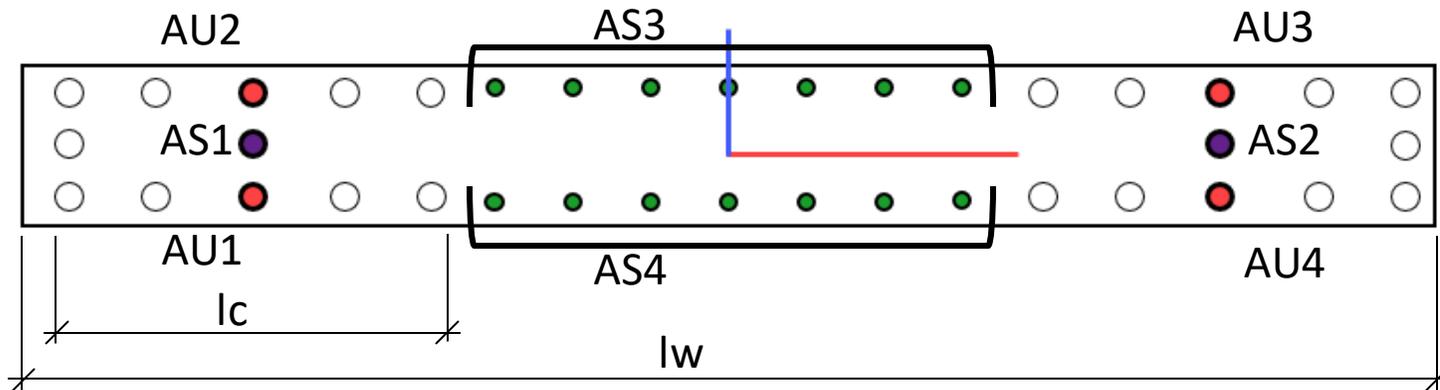


$\alpha(0)_{уд}$  Произведение коэффициента эффективности и объемного коэффициента  
Мозаика произведения коэффициентов эффективности ограничения ядра и объемного армирования поперечными хомутами

$V_d$  Относительное нормализованное продольное усилие  
Мозаика относительных (нормализованных) продольных усилий

$lc$  Длина граничной зоны  
Мозаика длины граничной (краевой) зоны

Расстановка арматурных стержней для пластичных стен (ductility wall)





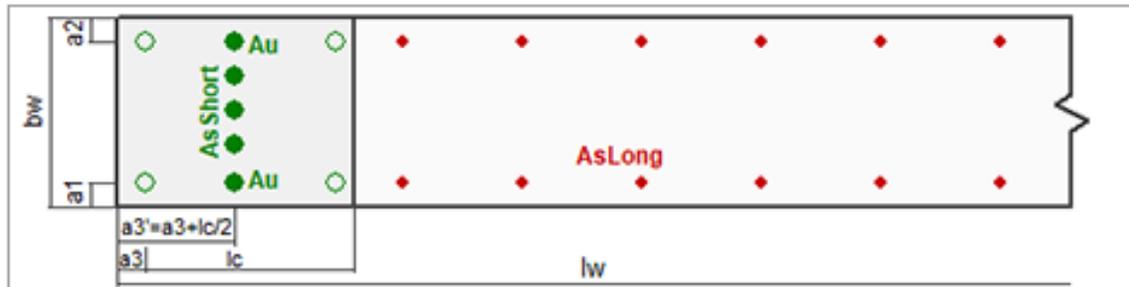
# Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

АРМАТУРА ( Подбор арматуры )

Сеч	Сим	Продольная									Поперечная		Трещины	
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	кратк.	длит.
1	C	10.23	10.23	10.23	10.23	4.63	4.63	7.85	7.85	0.73	5.25	17.65		
	*	0.10	0.10	0.10	0.10	1.06	1.06	0.21	0.21	0.73				
2	C	1.80	1.80	1.80	1.80	3.72	3.72	3.60	3.60	0.24	5.24	17.63		
	*	0.10	0.10	0.10	0.10	1.06	2.12	0.21	0.21	0.24				

АРМАТУРА ( Расчет арматуры для режима Стена (стержень) )

Сеч	Сим	Полевое армирование		Краевое армирование (лево)			lc	a3'
		AsLong 1	AsLong 2	AsShort 3	$\alpha\omega\_wd$	Vd		
1	C	3.93	3.93	28.32	0.129	0.244	103.24	56.62
2	C	3.15	3.15	7.20	0.115	0.240	91.82	50.91



В таблице результатов армирования Стена (Стержень)

AsLong - Полевое армирование [см<sup>2</sup>];

AsShort - Краевое армирование [см<sup>2</sup>];

$\alpha\omega\_wd$  - Коэффициент эффективности ограничения ядра \* Коэффициент объемного армирования поперечными хомутами;

Vd - Относительное (нормализованное) продольное усилие;

lc - Длина граничной (краевой) зоны [см];

a3' - Расстояние от торца стены до ц.т. арматуры [см];



# ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

13 – 14 июня 2024 года Казахстан

## Спасибо за внимание!

Губченко Виктор Евгеньевич  
<https://lira.land/>



SATBAYEV  
UNIVERSITY

