

**Инструкция по
проектированию подпорных
стен из блоков
LammiMuuri**



ОГЛАВЛЕНИЕ

1. КОНСТРУКЦИЯ И СВОЙСТВА БЛОКОВ «ЛАММИМУУРИ» ДЛЯ КЛАДКИ ПОДПОРНЫХ СТЕН

2. ПРИМЕНЕНИЕ

3. ТИПЫ СТЕН

4. РАСЧЁТЫ

4.1. Свойства материалов

4.2. Давление грунта

4.3. Устойчивость стены к давлению грунта

4.4. Устойчивость стены к падениям и сдвигам

4.4.1. Устойчивость стены к падениям

4.4.2. Устойчивость стены к сдвигам

4.5. Прочность фундамента на изгиб и сдвиг

5. РАЧЕТНЫЕ ТАБЛИЦЫ

5.1. Низкая стена

5.2. Высокая стена

1. КОНСТРУКЦИЯ И СВОЙСТВА БЛОКОВ «ЛАММИМУУРИ» ДЛЯ КЛАДКИ ПОДПОРНЫХ СТЕН

Блоки ЛаммиМуури (LammiMuuri) – это бетонные блоки, предназначенные для строительства подпорных стен и ограждений.



Рис.1. Стена из блоков LammiMuuri

В комплект блоков для строительства подпорных стен ЛаммиМуури входит:

- пара перфорированных блоков
- пара глухих блоков (для покрытия верха стены)
- перфорированный торцевой блок
- глухой торцевой блок (для покрытия верха стены)

Парный блок всегда состоит из длинного блока и короткого блока, похожего на бант.

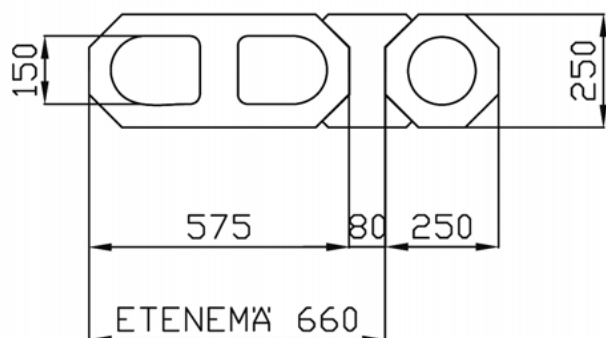


Рис.2. Расположение парного блока.

Блоки ЛаммиМуури изготавливаются из морозостойкой бетонной массы земляной влажности. Нижние и верхние углы блоков скошены. Поверхности блока стены на заводе-изготовителе придаётся вид сколотого камня. Цвета блоков - серый и чёрный.

Свойства блоков ЛаммиМуури:

- расход 10 пар/м²
- длина пары блоков (нетто) 660 мм
- ширина блока 250 мм
- высота блока 150 мм
- вес перфорированного блока 24 + 10 кг
- вес глухого блока 30 + 10 кг
- вес стены 340 кг / м²
- расстояние от отверстия до отверстия (от центра до центра) 330 мм
- рекомендуемые типы бетона: К35-2, О-16, S3 (XF1, XC4)
- расход бетона 90 л/м²

2. ПРИМЕНЕНИЕ

Блоки ЛаммиМуури используются для ограждения участков, имеющих перепады высот. В этих случаях стена из блоков ЛаммиМуури служит для укрепления поверхность земли. Блоки можно использовать для ограждения бровки дорог, для устройства клумб, для ограждений посадок, бассейнов, для строительства лестниц, оград и тп.

3. ТИПЫ СТЕН

Стены из блоков ЛаммиМуури по разнице отметок уровня поверхности земли непосредственно перед стеной из блоков и за ней разделяются на три типа:

A: разница ≤ 500 мм ($q = 1,5$ кН / м²)

B: разница ≤ 750 мм ($q = 1,5$ кН / м²)

C: разница > 750 мм ($q = 1,5$ кН / м²)

Стена типа А возводится без фундамента на непромерзающем грунте. Отверстия, имеющиеся в стене остаются пустыми. См.пункт 5.1.

Стена типа В возводится без фундамента на непромерзающем грунте. Имеющиеся в стене отверстия заполняются гравием/щебнем. См.пункт 5.1.

Стена типа С возводится на железобетонном фундаменте в соответствии с пунктом 5.2.

4. РАСЧЁТЫ

4.1. Свойства материалов

Показатели прочности блоков и арматуры представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

| | | |
|---|--|----------------------------------|
| Бетон | | |
| Класс прочности бетона - блок - монолитный бетон | | К 30 – 2 (В25) К 35 – 2 (В30) |
| Прочность на сжатие - удельная прочность - расчётная прочность | $f_{ck} = 0,6 K$ f_{cd} | 21,0 МПа 10,5 МПа |
| Прочность на разрыв монолитного бетона - удельная прочность - расчётная прочность | $f_{ctk} = 0,15$ K^2 f_{ctd} | 1,60 МПа 0,80 МПа |
| Коэффициент упругости | E_c | 27400 МПа |
| Коэффициент запаса прочности | γ_c | 2,0 |
| Арматура | | |
| - удельная прочность - расчётная прочность | f_{yk} f_{yd} | 500 МПа 417 МПа |
| Коэффициент упругости | E_s | 200000 МПа |
| Коэффициент запаса прочности | γ_s | 1,2 |

Свойства насыпного слоя грунта за подпорной стеной из блоков и свойства грунта под её фундаментом принимаются в соответствии с данными Таблицы 2.

Таблица 2. Свойства насыпного и грунта основания

| |
|--|
| Насыпная грунт: |
| Песок или гравий |
| Угол внутреннего трения $\varphi = 35^\circ$ |
| Вес насыпного грунта $\rho_{гр} = 19 \text{ кН/м}^3$ |
| Основной грунт: |
| Песок |
| Допустимое давление на грунт основания $\rho_{доп.} \geq 100 \text{ кН/м}^2$ |

Предполагается, что насыпной грунт за стеной действует в горизонтальном направлении

4.2. Давление земли

Слой грунта за стеной из блоков оказывает на ограду активное давление.

Коэффициент активного давления: $k_a = \tan^2 (45^\circ - \varphi/2)$.

Расчётное значение угла внутреннего трения: $\varphi_d = \arctan (\tan \varphi/1,2)$

Расчётное значение коэффициента даления грунта: $k_{ад} = \tan^2 (45^\circ - \varphi_d/2)$

Кроме коэффициента активного давления грунта, другие коэффициенты запаса прочности во внимание не принимаются.

При расчётах изгибающего момента и силы поперечного сдвига стены из блоков нагрузка от давления грунта принимается с коэффициентом запаса для постоянной нагрузки $\gamma_G = 1,2$ и нагрузка на поверхность земли - с коэффициентом запаса для переменной нагрузки $\gamma_Q = 1,6$. Таким образом, общий запас прочности для стены из блоков при расчете несущей способности составляет $\gamma_{\text{общ.}} = 1,8$ в соответствии с таблицей 6 Инструкций по строительству оснований RIL 121-2004.

Для расчётов запаса прочности стены при расчете на устойчивость используется коэффициент активного давления грунта k_a и для расчётов прочности на сдвиг в качестве коэффициента общей прочности принимается величина 1,5 (RIL 121).

При расчётах изгибающего момента подошвы фундамента от давления грунта, находящегося на фундаменте, используется коэффициент запаса постоянной нагрузки $\gamma_G = 1,2$ и для нагрузки на поверхность земли используется коэффициент запаса прочности для переменной нагрузки $\gamma_Q = 1,6$.

Нагрузка на поверхность земли принимается равной $q=1,5...2,5 \text{ кН/м}^2$

Нагрузка давления грунта на верхний край стены из блоков составит $p_1 = k_a \cdot q$

Нагрузка давления грунта на нижний край стены из блоков и на верхний край фундамента составит $p_1 + p_2 = k_a \cdot q + k_a \cdot \rho_{\text{гр}} \cdot H_{\text{насып.}}$

Для создания функционирующей конструкции необходимо произвести следующие расчёты:

- Расчет несущей способности стены на действие давления грунта в горизонтальном направлении.
Расчет изгибающего момента стены и прочность в месте соединения стены с фундаментом на действие изгибающего момента.
Расчет стены на действие поперечной силы и прочность в месте соединения стены с фундаментом на действие поперечной силы.
- Расчет стены на падение и сдвиг от силы давления грунта, действующей в горизонтальном направлении.
Расчет опрокидывающего момента и поддерживающего в вертикальном положении момента на уровне подошвы фундамента.
Расчет горизонтальной силы и силы трения вызванных давлением грунта на уровне подошвы фундамента.
- Расчет прочности подошвы фундамента на изгиб от действия давления грунта.

4.3. Устойчивость стены к давлению земли

Устойчивость стены из блоков по отношению к горизонтальному давлению земли рассчитывается в месте примыкания стены к фундаменту и для строящихся без фундамента низких стен - в нижнем крае стены.

Момент в нижнем крае стены

$$M_{d1} = p_{1d} \cdot \frac{H_{\text{насып.}}^2}{2} + p_{2d} \cdot \frac{H_{\text{насып.}}^2}{6}$$

где

$H_{\text{насып.}}$ – разница отметок поверхности земли по обе стороны стены

При расчёте запаса на изгиб для собственного веса стены применяется коэффициент запаса прочности $\gamma_G = 0,9$.

Несущая способность стены на изгиб в нижнем её крае составляет:

$$M_{u1} = 0,9 \cdot G_s \cdot \frac{h_{\text{ef}}}{2} \cdot \left(1 - \frac{0,9 \cdot G_s + N_s}{N_{\text{uc}}} \right) + N_s \cdot \frac{h_{\text{ef}}}{2} \cdot \left(2 \cdot \frac{d}{h_{\text{ef}}} - \frac{0,9 \cdot G_s + N_s}{N_{\text{uc}}} \right)$$

где

$N_{\text{uc}} = b \cdot h_s \cdot f_{\text{cd}} = 1575 \text{ кН/м}$ – прочность стены из блоков на сжатие

$b = 1000 \text{ мм}$

$h_{\text{ef}} = 210 \text{ мм}$ – расчетная ширина сечения стены, за вычетом скосов (см. рис. 5)

$d = 135 \text{ мм}$ – расчетная высота сечения стены

$G_s = b \cdot H_{\text{ст}} \cdot (25 \text{ кН/м}^3)$ – вес стены

$H_{\text{ст}}$ – высота стены

$N_s = A_s \cdot \sigma_s \leq A_s \cdot f_{\text{yd}}$ – несущая способность арматуры стены на растяжение

A_s – площадь сечения арматуры $\text{мм}^2/\text{м}$

$$\sigma_s = \frac{4 \cdot k_b \cdot f_{\text{ctd}} \cdot l_b}{\phi} \leq f_{\text{yd}}$$

$k_b = 1,7$ – коэффициент сцепления для арматуры периодического профиля

В соответствии с RakMK B9

l_b – длина анкеровки арматуры стены

ϕ – диаметр арматуры

Сила поперечного сдвига на расстоянии d от нижнего края стены

$$V_{d1} = p_{1d} \cdot (H_{\text{насып.}} - d) + p_{2d} \cdot \frac{(H_{\text{насып.}} - d)}{2}$$

Сдвигающая сила рассчитывается по формуле:

$$V_{uc} = 0,3 \cdot (0,9 \cdot G_s + N_s) \text{ кН/м}$$

В армированной стене из блоков также проверяется ширина трещин от действия момента:

$$M_{k1} = p_{1k} \cdot \frac{H_{насып.}^2}{2} + p_{2k} \cdot \frac{H_{насып.}^2}{6}$$

Для стены из блоков ЛаммиМуури (LammiMuuri) удельная ширина раскрытия трещин определяется:

$$w_k = \frac{M_{k1}}{z \cdot E_s \cdot A_s} \cdot s_r$$

где

$s_r = 260$ мм (арматура периодического профиля $\varnothing 10$)

$s_r = 285$ мм (арматура периодического профиля $\varnothing 12$)

Удельная ширина раскрытия трещин при полной нагрузке на поверхность q не может превышать величины $w_k = 0,3$ мм и без нагрузки - величины $w_k = 0,2$ мм

На основании этого мы получим допустимую величину напряжения арматуры:

$$\sigma_s = \frac{M_{k1}}{z \cdot A_s} \leq \sigma_{\text{доп.}}$$

При полной нагрузке на поверхность $q = 2,5$ кН/м²

$\sigma_{\text{доп.}} = 230$ МПа (арматура $\varnothing 10$)

$\sigma_{\text{доп.}} = 210$ МПа (арматура $\varnothing 12$)

Без нагрузки на поверхность

$\sigma_{\text{доп.}} = 155$ МПа (арматура $\varnothing 10$)

$\sigma_{\text{доп.}} = 140$ МПа (арматура $\varnothing 12$)

4.4. Устойчивость стены к падениям и сдвигам

4.4.1. Устойчивость стены к падениям

Опрокидывающий момент на уровне подошвы фундамента, вызванный силой горизонтального давления грунта $M_{\text{пад.}}$, стремится опрокинуть конструкцию стены относительно точки влияния результирующей давления грунта A . Момент $M_{\text{верт.}}$ от действия собственного веса стены, фундамента и давления грунта на подошву фундамента оказывает сопротивление моменту $M_{\text{пад.}}$.

Общий запас устойчивости против падения должен быть $\gamma_{\text{пад.}} \geq 1,5$ т.е.

$$M_{\text{верт.}} \geq 1,5 \cdot M_{\text{пад.}}$$

Опрокидывающий момент относительно точки А определяется следующим образом:

$$M_{\text{пад.}} = \rho_{1к} \cdot \frac{(H_{\text{насып.}} + H_{\text{фунд.}})^2}{2} + \rho_{2к} \cdot \frac{(H_{\text{насып.}} + H_{\text{фунд.}})^2}{6}$$

Момент относительно точки А, благодаря которому конструкция находится в верикальном положении, определяется:

$$M_{\text{верт.}} = G_s \cdot e_s + G_{\text{фунд.}} \cdot e_{\text{фунд.}} + G_{\text{земля}} \cdot e_{\text{земля}}$$

где $G_s = h_s \cdot H_{\text{ст}} \cdot (25 \text{ кН/м}^3)$ – собственный вес стены
 $H_{\text{ст}}$ – высота стены

$G_{\text{фунд.}} = V_{\text{фунд.}} \cdot h_{\text{фунд.}} \cdot (25 \text{ кН/м}^3)$ – собственный вес фундамента

$G_{\text{гр}} = (V_{\text{фунд.}} - h_s) \cdot H_{\text{насып.}} \cdot \rho_{\text{земля}}$ – вес грунта на подошве фундамента

$e_s = \frac{h_s - x}{2}$ – расстояние от точки А до линии действия нагрузки от собственного веса стены

$e_{\text{фунд.}} = \frac{V_{\text{фунд.}} - x}{2}$ – расстояние от точки А до линии действия нагрузки от собственного веса фундамента

$e_{\text{гр}} = \frac{V_{\text{фунд.}} + h_s}{2}$ – расстояние от точки А до линии действия нагрузки от веса грунта

Ширина распределения силы реакции, возникающей от действия вертикальных нагрузок $N_g = G_s + G_{\text{фунд.}} + G_{\text{гр}}$

$$x = \frac{G_s + G_{\text{фунд.}} + G_{\text{гр}}}{\rho_{\text{доп.}}}$$

где

$\rho_{\text{доп.}} \geq 100 \text{ кН/м}^2$ – допустимое давление на грунт под подошвой

Низкие стены высотой до 800 мм можно строить без фундамента, в этом случае

$$G_{\text{фунд.}} = 0 \text{ и } G_{\text{гр}} = 0$$

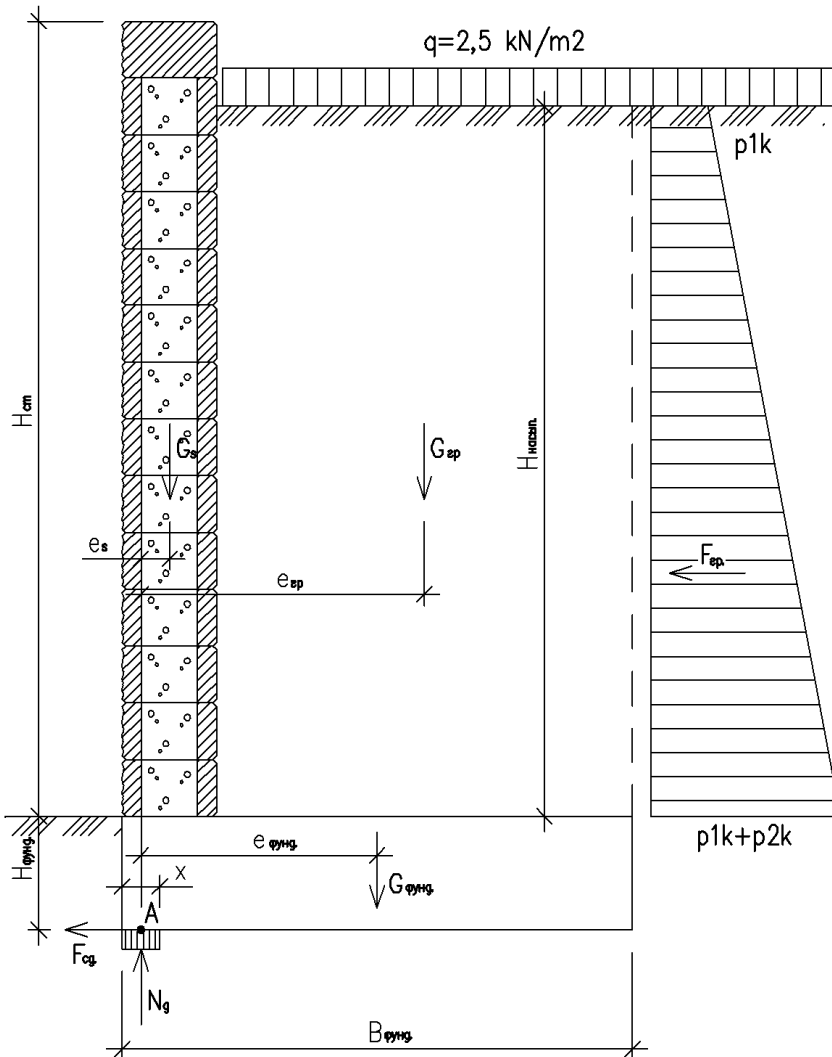


Рис. 3 Размеры и нагрузки стены из блоков

4.4.2. Устойчивость к сдвигам

Равнодействующая давления грунта стремится сдвинуть стену и фундамент в горизонтальном направлении. Сдвигу оказывает сопротивление трение, возникающее между подошвой фундамента и грунтом основания. Общая устойчивость против сдвига должна быть не менее 1,5 (RIL 121) т.е.

$$F_{сд.} \geq 1,5 \cdot F_{гр.}$$

Сила трения между подошвой фундамента и грунтом основания составит:

$$F_{сд.} = \mu \cdot (G_s + G_{фунд.} + G_{гр.})$$

В качестве коэффициента трения между подошвой фундамента и грунтом основания можем принять величину $\mu = 0,5$.

Равнодействующая давления грунта:

$$F_{гр.} = \rho_{1к} \cdot (H_{насып.} + H_{фунд.}) + \rho_{2к} \cdot \frac{(H_{насып.} + 2 \cdot H_{фунд.})}{2}$$

4.5. Прочность фундамента на изгиб и срез

Прочность фундамента на изгиб и срез от нагрузки на поверхность земли. Дополнительно к нагрузке от давление грунта необходимо принять во внимание нагрузку на поверхность земли $q = 2,5 \text{ кН/м}^2$.

Для определения нагрузки от давления грунта применяется коэффициент запаса прочности для постоянной нагрузки $\gamma_q = 1,2$ и нагрузна на поверхность земли используется в расчетах с коэффициентом запаса прочности для переменной нагрзки $\gamma_q = 1,6$.

Критической сечение от действия изгибающего момента находится на задней поверхности стены, а от действия срезающего усилия - на расстоянии $d_{фунд.}$ от стены.

Изгибающий момент на задней поверхности стены:

$$M_d = (\gamma_G \cdot \rho_{гр} \cdot H_{насып} + \gamma_q \cdot q) \cdot \frac{(B_{фунд.} - h_s)^2}{2}$$

Расчётная срезающая сила составит:

$$V_d = (\gamma_G \cdot \rho_{гр} \cdot H_{насып} + \gamma_q \cdot q) \cdot (B_{фунд.} - h_s - d_{фунд.})$$

Армирование фундамента рассчитывается по существующим нормам проектирования железобетонных конструкций.

В расчётных таблицах класс бетона не менее К 25-2 (В20).

5. РАСЧЁТНЫЕ ТАБЛИЦЫ

5.1. Низкая стена

Таблица 3. Разность высоты между уровнями поверхности земли перед низкой стеной и за ней (H, мм)

Запас прочности против падения и сдвига 1,2

| | Поверхностная нагрузка | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | $q = 1,5 \text{ кН/м}^2$ | $q = 2,5 \text{ кН/м}^2$ |
| Без заполнения отверстий гравием | $H \leq 500 \text{ мм}$ | $H \leq 400 \text{ мм}$ |
| Отверстия заполнены гравием | $H \leq 750 \text{ мм}$ | $H \leq 650 \text{ мм}$ |

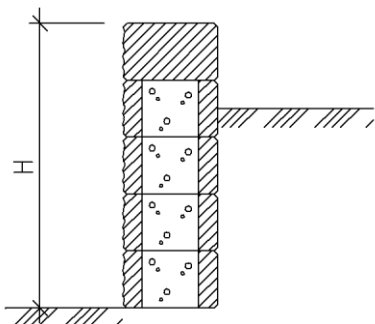


Рис.4. Низкая стена из блоков ЛаммиМуури возведена на непромерзающем грунте

5.2. Высокая стена

Таблица 4. Армирование забетонированной стены из блоков (А500 С), размеры и армирование фундамента, а также давление грунта при различной высоте

| Высота Н (мм) | Армирование ограды / отверстие | | | Фундамент К 25-2 (В20) | | | | Давл. грунта кН/м ² |
|---------------|--------------------------------|---------------|---------------|------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | Выпуски из фунда. | Армирование 1 | Армирование 2 | Ширина (мм) | Высота (мм) | Армир. верхней поверхн. | Армир. ниж.пов. в длину | |
| 800 | 1ø10 ш.330 | | | 400 | 200 | ø8 ш.330 | 2ø8 | 26 |
| 1050 | 1ø10 ш.330 | 1ø10 ш.330 | | 500 | 200 | ø8 ш.330 | 2ø8 | 31 |
| 1300 | 1ø10 ш.330 | 1ø10 ш.330 | | 600 | 200 | ø8 ш.330 | 2ø8 | 37 |
| 1500 | 1ø10 ш.330 | 1ø10 ш.330 | | 700 | 200 | ø8 ш.330 | 2ø10 | 41 |
| 1750 | 1ø10 ш.330 | 1ø10 ш.330 | | 800 | 200 | ø8 ш.250 | 2ø10 | 46 |
| 1850 | 1ø10 ш.330 | 1ø10 ш.330 | | 900 | 200 | ø10 ш.200 | 2ø10 | 48 |
| 1950 | 1ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | | 900 | 200 | ø10 ш.200 | 2ø10 | 50 |
| 2100 | 1ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | | 1000 | 200 | ø10 ш.200 | 3ø10 | 53 |
| 2300 | 2ø10 ш.330 | 1ø10 ш.330 | 1ø10 ш.330 | 1100 | 300 | ø10 ш.200 | 4ø10 | 60 |
| 2500 | 2ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | 1200 | 300 | ø10 ш.150 | 4ø10 | 64 |
| 2700 | 2ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | 1300 | 300 | ø10 ш.150 | 3ø12 | 68 |
| 2900 | 3ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | 1400 | 300 | ø12 ш.150 | 4ø12 | 72 |
| 3050 | 3ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | 1ø12 ш.330 | 1500 | 300 | ø12 ш.150 | 4ø12 | 75 |

Защитный слой бетона $s = 25$ мм – от края отверстия блока.

1 арматурный стержень к 330: 1 стержень в каждом отверстии

2 арматурных стержня к 330: 2 стержня в каждом отверстии

3 арматурных стержня к 330: 3 стержня в каждом отверстии

Длина выпусков из фундамента:

Арматура периодического профиля ø10: $l_b = 600$ мм

Арматура периодического профиля ø12: $l_b = 750$ мм

Армирование 1: от низа стены на высоту 30 мм от нижней поверхности покрывающего блока.

Армирование 2: от низа стены на высоту не менее 1000 мм от верха стены.

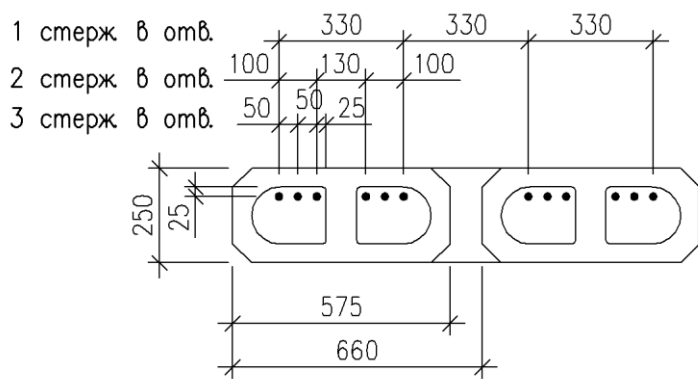
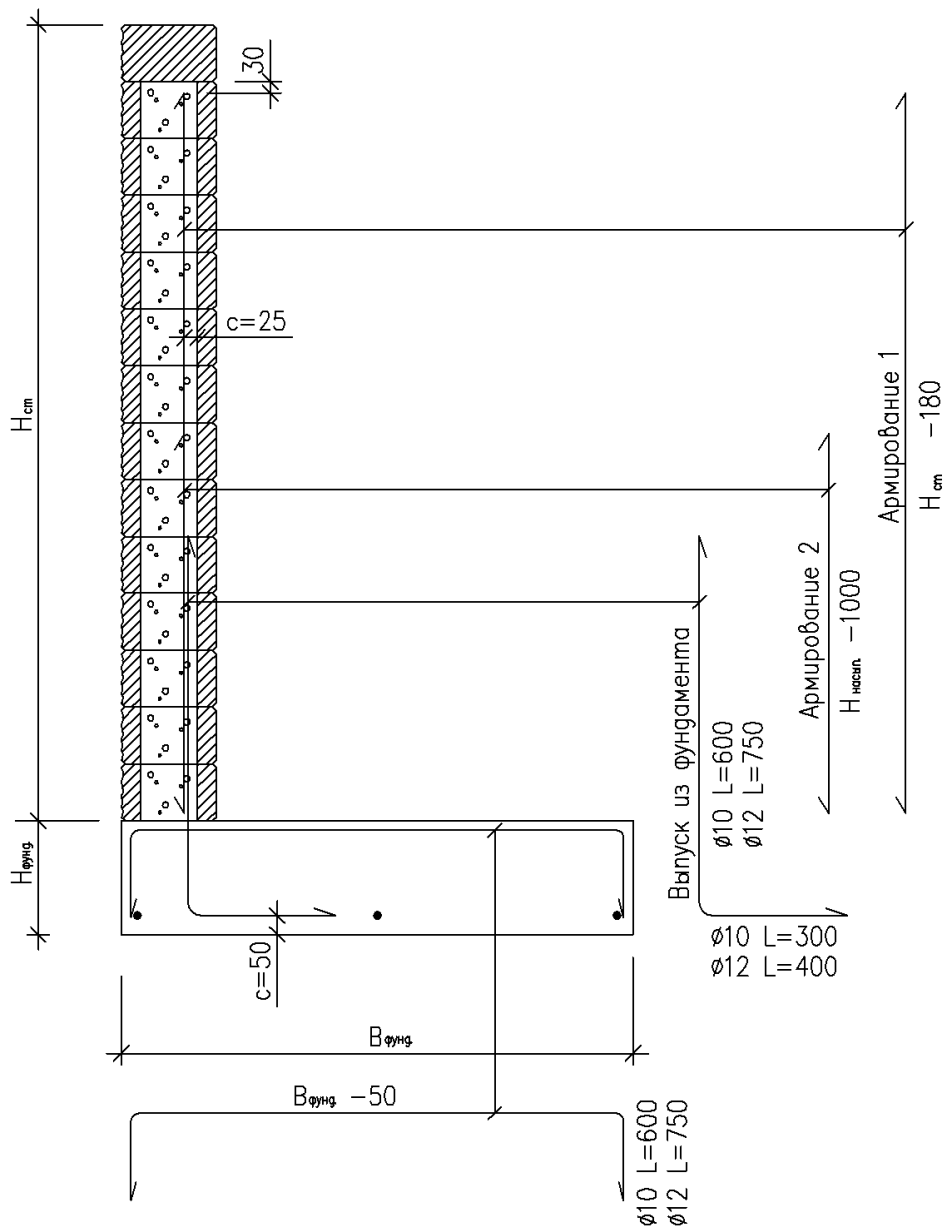


Рис. 5. Армирование высокой стены из блоков ЛаммиМуури



LAMMIN BETONI OY
Paarmamäentie 8, 16900 LAMMI
Puh. 020 753 0400, fax 0207 530 404
lammin.betoni@lamminbetoni.fi

www.lamminbetoni.fi