

## 1.2. Особенности сбора нагрузок при проектировании фундаментов

Нагрузки и воздействия на основания и фундаменты в соответствии с СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия делятся на постоянные, временные: длительные и кратковременные.

Постоянные нагрузки и воздействия (собственный вес конструкций, давление грунта и т.д.) действуют с начала строительства и весь период эксплуатации.

Воздействие временных нагрузок может проявляться в отдельные периоды строительства или эксплуатации. Различают временные нагрузки следующих видов: длительно действующие, кратковременные и особые.

Длительно действующими называются нагрузки, действующие время (вес складываемых материалов, оборудования и т.д.).

К кратковременным относятся нагрузки, действующие продолжительное время (снег, ветер, транспортные нагрузки и т.д.).

Особые виды нагрузок проявляются при сейсмических воздействиях, в аварийных ситуациях (взрыв, просадка основания от замачивания и т.д.).

Временные нагрузки на покрытие (снег) и перекрытия могут быть кратковременными и длительными.

При определении размеров фундаментов на естественном основании и при расчетах по **деформациям** любых типов фундаментов данные нагрузки считаются **длительными** и принимаются с **пониженным** нормативным значением.

При расчете фундаментов по I группе предельных состояний (**прочность, устойчивость**) определении числа свай, степени их загрузённости в свайных фундаментах эти нагрузки считаются **кратковременными** и принимаются с **полными** нормативными значениями.

Нагрузки от подвижного надземно-транспортного оборудования в обоих случаях считаются кратковременными.

Расчеты оснований должны проводиться на **расчетные** значения

нагрузок, которые определяются как произведение нормативных нагрузок на коэффициент надежности  $\gamma_f$ , учитывающий возможное отклонение нагрузок.

В расчетах по деформациям значение  $\gamma_f$  принимается равным единице. При выполнении расчетов на прочность и устойчивость значения  $\gamma_f$  принимаются по табл. 7.1 СП Нагрузки и воздействия.

Расчет оснований и фундаментов выполняется на различные сочетания постоянных и временных нагрузок.

Различают следующие сочетания нагрузок:

- основное, состоящее из постоянных, всех временных;
- особое, дополнительно включающее особые нагрузки и воздействия.

При сборе нагрузок необходимо выделить часть здания (грузовая площадь), которая передает нагрузку на рассчитываемый фундамент. Грузовые площади выделяются для покрытий, перекрытий и стен.

Нормативные значения равномерно-распределенных временных нагрузок на плиты перекрытий приведены в табл.8.3 СП Нагрузки и воздействия.

Коэффициенты надежности для временных равномерно-распределенных нагрузок на перекрытия приведены в п.8.2.7.

Вероятность одновременного действия нагрузок максимальной величины по всем грузовым площадям мала, поэтому нормы (СП Нагрузки и воздействия) рекомендуют вводить коэффициенты снижения.

Нормативные значения нагрузок, указанные в таблице 8.3, допускается снижать в зависимости от грузовой площади,  $m$ , с которой передаются нагрузки на рассчитываемый элемент, умножением на коэффициент  $\varphi_1$  или  $\varphi_2$  п.6.7. В других случаях на коэффициент  $\varphi_3$  или  $\varphi_4$  п.6.8.

В расчетах оснований необходимо учитывать нагрузки от складываемых материалов и оборудования, расположенного вблизи фундаментов.

Все вертикальные нагрузки, а также горизонтальные силы, кроме бокового давления грунта, следует прикладывать на уровне обреза фундамента.

Для каждого вида нагрузок определяются их равнодействующие, которые можно привести к четырем основным схемам (рис.1.5):

а) сосредоточенная вертикальная сила  $P$ , приложенная по оси стены или колонны;

б) сосредоточенная вертикальная сила  $P$ , приложенная с эксцентриситетом  $e$ , или сила  $P$  и момент  $M$ ;

в) сосредоточенная вертикальная сила  $P$  и горизонтальная сила  $T$ , приложенная на уровне обреза фундамента;

г) вертикальная сила  $P$ , горизонтальная сила  $T$  и момент  $M$ , приложенные на уровне обреза фундамента.

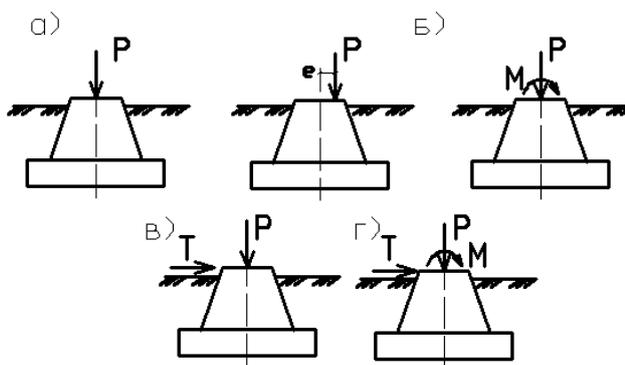


Рис. 1.5 Схемы нагрузок

При одновременном действии на фундамент нескольких нагрузок, постоянных и временных, составляются наиболее невыгодные комбинации, которые принимаются для расчета. Комбинации эти следующие:

а) максимальная вертикальная нагрузка и соответствующий ей момент;

б) максимальный момент и соответствующая ему вертикальная нагрузка;

в) максимальная горизонтальная сила и минимальная вертикальная нагрузка.

При составлении комбинаций нагрузок включают все постоянные нагрузки и те временные, которые невыгодны для данной комбинации, т.е. дают максимальные величины воздействия на фундамент. Если моменты от различных нагрузок имеют разные знаки, может оказаться необходимым

составление двух комбинаций нагрузок с максимальными суммарными моментами разных знаков.

**Пример 1.1.** Провести сбор нагрузки на 1 м длины ленточного фундамента под наружную стену по оси В здания указанного на рис. 1.6. Конструкции кровли и перекрытия показаны на схемах.

Грузовая площадь покрытия и перекрытия составляет  $A_n = l_1 \cdot \frac{l_2}{2}$ ; стены  $A_{cm} = l_1 \cdot H$ . Размер  $l_1$  принят равным расстоянию между осями оконных проемов. Для вычисления погонной нагрузки, полученную величину от сбора нагрузок необходимо поделить на длину  $l_1$ .

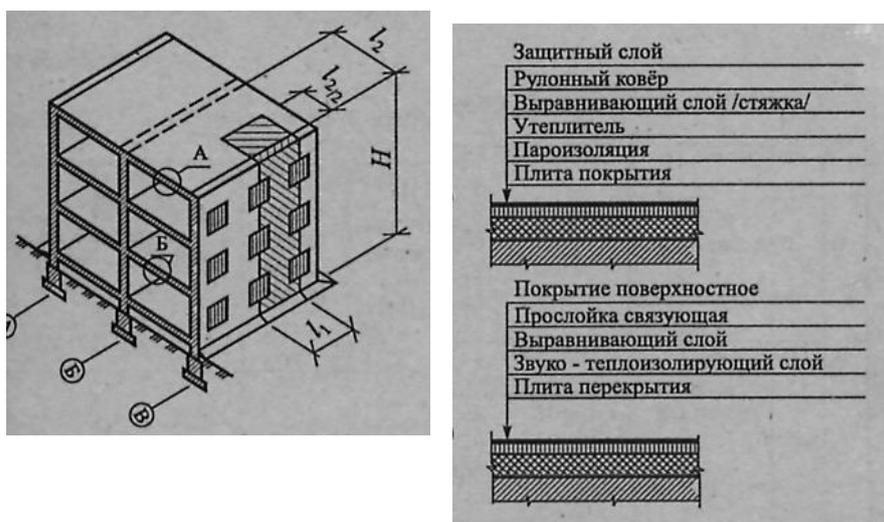


Рис. 1.6. Схема сбора нагрузок для зданий с несущими стенами:

а) – конструкция покрытия, б) - конструкция перекрытия

Сбор нагрузок на обрез фундамента

Таблица 1.5

Вид нагрузки	Подсчет нагрузки	Нормативная нагрузка, кН	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$	$N_I^P = q^H \cdot \gamma_f$	$N_{II}^P = N^H$
<b>Постоянная</b>					
1. Покрытие:					
- защитный слой	$t \cdot A_n \cdot \gamma$	$q_1^H$	1,3	$q_1^P$	$q_1^H$
$t$ - толщина слоя, м;					
$A_n$ - грузовая площадь покрытия, м <sup>2</sup>					
$\gamma$ - удельный вес материала, кН/м <sup>3</sup>					
- рулонный ковер	$n \cdot m \cdot A_n$	$q_2^H$	1,3	$q_2^P$	$q_2^H$
$n$ - число слоев рулонного покрытия					
$m$ - масса 1 м <sup>2</sup>					
- выравнивающий слой	$t \cdot A_n \cdot \gamma$	$q_3^H$	1,3	$q_3^P$	$q_3^H$
- теплоизоляция	$t \cdot A_n \cdot \gamma$	$q_4^H$	1,3	$q_4^P$	$q_4^H$
- пароизоляция	$n \cdot m \cdot A_n$	$q_5^H$	1,3	$q_5^P$	$q_5^H$
- ж/б плита	$m \cdot A_n$	$q_6^H$	1,1	$q_6^P$	$q_6^H$
Итого				$N_1^P = \sum_1^6 q_i^P$	$N_1^H = \sum_1^6 q_i^H$
2. Перекрытие:					
- покрытие поверхностное	$m \cdot A_n$	$q_1^H$	1,3	$q_1^P$	$q_1^H$
- связующая прослойка	$t \cdot A_n \cdot \gamma$	$q_2^H$	1,3	$q_2^P$	$q_2^H$
- выравнивающий слой	$t \cdot A_n \cdot \gamma$	$q_3^H$	1,3	$q_3^P$	$q_3^H$
- звуко-теплоизолирующий слой	$t \cdot A_n \cdot \gamma$	$q_4^H$	1,3	$q_4^P$	$q_4^H$
- плита перекрытия	$m \cdot A_n$	$q_5^H$	1,1	$q_5^P$	$q_5^H$
Итого				$N_2^P = \sum_1^5 q_i^P$	$N_2^H = \sum_1^5 q_i^H$
3. Стена из силикат-	$t \cdot A_{cm} \cdot \gamma$	$q_1^H$	1,1	$q_1^P$	$q_1^H$

Вид нагрузки	Подсчет нагрузки	Нормативная нагрузка, кН	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$	$N_I^P = q^H \cdot \gamma_f$	$N_{II}^P = N^H$
ного кирпича					
$t$ - толщина стены, м;					
$A_{cm}$ - площадь стены					
Итого				$N_3^P = q_1^P$	$N_3^H = q_1^H$
Всего: постоянные	$\sum N^P = N_1^P + n \cdot N_2^P + N_3^P; \sum N^H = N_1^H + n \cdot N_2^H + N_3^H$				
$n$ - количество междуэтажных перекрытий.					
<b>Временная</b>					
1.Снег:					
- полное значение					
$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g \cdot A_n$		$q_{c1}^H$	1,4	$q_{c1}^P$	-
$\gamma_f = 1,4$ , п.10.12					
- пониженное значение	$0,5 \cdot S_0$	$q_{c2}^H$	1	-	$q_{c2}^H$
0,5 – понижающий коэффициент для районов со средней температурой января минус 5°C и ниже, п.10.11					
2.На перекрытие					
- полное значение	$P_t \cdot A_n$	$q_{n1}^H$	1,2 (1,3)*	$q_{n1}^P$	-
$P_t$ – полное нормативное значение равномерно распределенных нагрузок, табл. 8.3					
* $\gamma_f$ , п.8.2.7					
$\gamma_f = 1,2$ при полном нормативном значении 2,0 кПа и более;					
$\gamma_f = 1,3$ при полном нормативном значении менее 2,0 кПа					
- пониженное значение	$0,35 \cdot P_t \cdot A_n$	$q_{n2}^H$	1	-	$q_{n2}^H$
0,35, п.8.2.3.					

В соответствии с п.6.2 СП Нагрузки и воздействия, основное сочетание нагрузок, состоящее из постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, формула (6.1):

$$C_m = P_d + (\psi_{l1} \cdot P_{l1} + \psi_{l2} \cdot P_{l2} + \psi_{l3} \cdot P_{l3} + \dots) + (\psi_{t1} \cdot P_{t1} + \psi_{t2} \cdot P_{t2} + \psi_{t3} \cdot P_{t3} + \dots),$$

где  $\psi_{l1} = 1,0$ ;  $\psi_{l2} = \psi_{l3} = \dots = 0,95$

$\psi_{l1}$  - коэффициент сочетаний, соответствующий основной по степени влияния длительной нагрузке;

$\psi_{l2}, \psi_{l3}$  - коэффициенты сочетаний для остальных длительных нагрузок;

$\psi_{t1} = 1,0$ ;  $\psi_{t2} = 0,9$ ;  $\psi_{t3} = \psi_{t4} = \dots = 0,7$ ;

$\psi_{t1}$  - коэффициент сочетаний, соответствующий основной по степени влияния кратковременной нагрузке;

$\psi_{t2}$  - коэффициент сочетаний, соответствующей второй кратковременной нагрузке

$\psi_{t3}, \psi_{t4}$  - коэффициент сочетаний для остальных кратковременных нагрузок.

Для нашего примера полная нагрузка на 1 п.м. фундамента:

- при пониженном значении временных нагрузок (для определения размеров подошвы фундаментов на естественном основании и расчетов по деформациям всех видов фундаментов), т.е. для расчета по второй группе предельных состояний

$$n_{II}^p = \frac{\sum N^H + (q_{c2}^H \cdot \psi_{l1} + n \cdot q_{n2}^H \cdot \psi_{l2})}{l_1}$$

- при полном значении временных нагрузок (для расчетов по I группе предельных состояний (прочность, устойчивость) и определения фактической нагрузки, действующей на сваи в свайных фундаментах, т.е. для расчета по первой группе предельных состояний

$$n_1^p = \frac{\sum N^p + (q_{c1}^p \cdot \psi_{t1} + n \cdot q_{n1}^p \cdot \psi_{t2} \cdot \varphi_3)}{l_1}$$

Особенности сбора нагрузок от конструкций двухскатной крыши и горизонтального перекрытия приведены ниже.

**Пример 1.2.** Подсчитать нагрузку на погонный метр фундамента по оси Б от крыши и горизонтального перекрытия (рис. 1.4.).

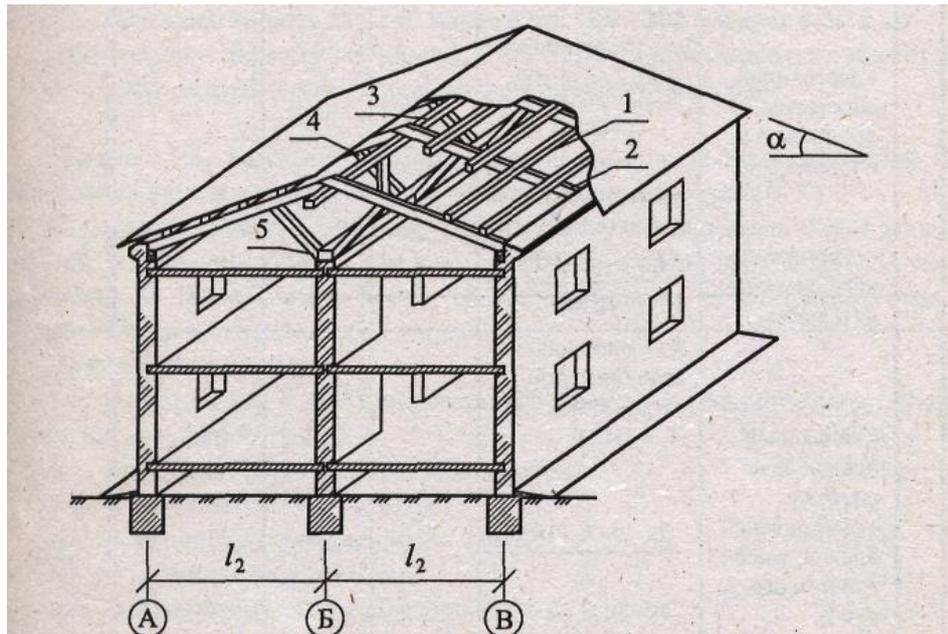


Рис. 1.7. Схема сбора нагрузок от кровли и чердачного перекрытия: 1 - обрешетка, 2 - стропильная нога, 3 - коньковый прогон, 4 - стойка, 5 – лежень.

Грузовая площадь покрытия и перекрытия равна  $A=l_2 \cdot l$

Сбор нагрузок на обреш фундамента

Таблица 1.5

Вид нагрузки	Подсчет нагрузки	Нормативная нагрузка, кН	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$	$N_I^P = q^H \cdot \gamma_f$	$N_{II}^P = N^H$
<b>Постоянная</b>					
1. Покрытие:					
- асбестоцементные листы	$\frac{m \cdot A}{\cos \alpha}$	$q_1^H$	1,1	$q_1^P$	$q_1^H$
m – масса 1м <sup>2</sup> асбестоцементных листов					
A – грузовая площадь покрытия					
$\alpha$ - уклон кровли					
- деревянная обрешетка сечением $b \times h$ и шагом $l_3$	$\frac{b \cdot h \cdot \gamma \cdot A}{l_3 \cdot \cos \alpha}$	$q_2^H$	1,1	$q_2^P$	$q_2^H$
- стропильные ноги сечением $b \times h$ и шагом $l_1$	$\frac{b \cdot h \cdot \gamma \cdot A}{l_1 \cdot \cos \alpha}$	$q_3^H$	1,1	$q_3^P$	$q_3^H$
- коньковый прогон сечением $b \times h$	$b \cdot h \cdot 1m \cdot \gamma$	$q_4^H$	1,1	$q_4^P$	$q_4^H$
- стойка сечением $b \times h$ и шагом $l_c$	$\frac{b \cdot h \cdot h_1 \cdot \gamma \cdot 1m}{l_c}$	$q_5^H$	1,1	$q_5^P$	$q_5^H$
- лежень сечением $b \times h$	$b \cdot h \cdot 1m \cdot \gamma$	$q_6^H$	1,1	$q_6^P$	$q_6^H$
Итого				$N_I^H = \sum_1^6 q_i^H$	$N_I^P = \sum_1^6 q_i^P$

Далее – смотри по аналогии выше приведенный пример.

## Дополнительные пояснения

### Подразделение нагрузок на полные по значению и пониженные

Нагрузки определенного вида характеризуются, как правило, одним нормативным значением. Но для нагрузок от людей, мебели, оборудования, автотранспортных средств и снега устанавливается два нормативных значения **полное** и **пониженное**. **Пониженное** значение вводится в расчет при необходимости учета влияния длительности нагрузок, проверке на выносливость и в других случаях, оговоренных в нормах проектирования конструкций и оснований. Нагрузки, принимаемые с полным нормативным значением, относятся к **кратковременным**, с пониженным значением – к **длительным**. Разделение временных нагрузок на длительные и кратковременные является условным, т.к. четких границ по продолжительности их действия нет.

Разделение временных нагрузок на длительные и кратковременные актуально прежде всего при расчетах железобетонных конструкций. Дело в том, что в результате действия длительной нагрузки, несущая способность бетонных и железобетонных конструкций снижается в результате накоплений повреждений в бетоне (микро – и макро разрушений), а также с учетом повышения их деформативности в результате ползучести бетона в процессе длительного нагружения (к примеру, именно поэтому при наличии длительных нагрузок расчетные значения прочностных характеристик бетона умножают на коэффициент условий работы  $\gamma_{b1}$ ).

*Вопрос. Является ли полная временная нагрузка от одного источника суммой ее кратковременной и длительной составляющей?*

Нужно запомнить раз и навсегда: **нет!** За одну временную нагрузку при учете сочетаний следует принимать только одну нагрузку определенного рода от одного источника. Как отмечалось выше, для некоторых временных нагрузок устанавливаются два нормативных значения: полное и пониженное. Т.е. это два разных варианта загрузки от одного и того же источника, а не две его составляющие. Это важно понимать. Например: Ваш вес 70 кг. Эта величина более-менее постоянная, возможные отклонения минимальны и зависят от того сыты вы или голодны. Вам необходимо перенести мешок картошки весом 25 кг. Вместе с мешком ваш вес 95 кг. Т.е. 70 кг – 1 вариант загрузки; 95 кг – 2 вариант. Но вы же не можете одновременно весить 70 и 95 кг, т.е. 165 кг.