

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь

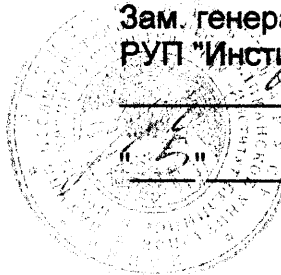
Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие  
по строительству "Институт БелНИИС"  
(РУП " Институт БелНИИС")

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Зам. генерального директора  
РУП "Институт БелНИИС"

В.В. Коньков



2016 г.

### ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**Выполнить анализ устойчивости положения участков поэтажно опертых  
однослойных наружных стен, выполненных кладкой из ячеистобетонных  
блоков марки по плотности D350 класса по прочности на сжатие B1,5  
производства филиал №5 «Гродненский КСМ»  
ОАО «Красносельскстройматериалы»**

Договор № 63/1д-16

Зав. отделом ограждающих  
конструкций

Ю.А. Рыхленок

Минск 2016

## РЕФЕРАТ

Отчет содержит 12 стр., 1 рисунок, 1 таблица.

Ключевые слова: ЖИЛЫЕ ДОМА, ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ, КЛАДКА ИЗ БЛОКОВ, ПОЭТАЖНО ОПЕРТАЯ СТЕНА, УСТОЙЧИВОСТЬ

Объектом исследований являются наружные однослойные поэтажно опертые стены многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности высотой до 40 м.

Согласно условиям договора №63/1д-16 от 02.02.2016 выполнены исследования, направленные на обоснование технической возможности применения блоков из ячеистого бетона марки по плотности D350 класса по прочности на сжатие B1,5 для кладки наружных ненесущих стен толщиной 400 мм в поэтажном заполнении зданий с высотой этажа до 3,0 м (2,8 м в свету).

Выполнен анализ устойчивости положения участков наружных стен.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Описание объекта исследований	4
2 Расчеты поэтажно опертой наружной стены на устойчивость положения	5
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	10
Список использованных источников	12

## 1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являются наружные однослойные поэтажно опертые стены многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности высотой до 40 м.

В качестве несущей конструктивной системы многоэтажных зданий с поэтажно опертыми стенами может быть применен монолитный или сборный железобетонный каркас или конструктивная система с поперечными несущими стенами и междуэтажными дисками перекрытий. Расчеты выполнены для высоты этажа до 3,0 м (2,8 м в свету между плитами перекрытий).

Наружные стены, поэтажно опертые на плиты перекрытий, устроены кладкой из блоков из ячеистого бетона марки по плотности D350 класса по прочности на сжатие B1,5 толщиной  $\delta = 400$  мм (без учета отделочных слоев). С внутренней и наружной стороны стены оштукатурены.

**Целью работы** является оценка устойчивости положения наружной поэтажно опертой стены, выполняемой кладкой из ячеистого бетона марки по плотности D350.

## 2 РАСЧЕТЫ ПОЭТАЖНО ОПЕРТОЙ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ

### 2.1 Оценка предельно допустимых отношений высот стен к их толщине

Согласно пп.6.17-6.20 [1] отношение  $\beta = H/h$  (где  $H$ —высота этажа в свету,  $h$ —толщина стены или меньшая сторона прямоугольного сечения столба) для стен без проемов, несущих нагрузки от перекрытий или покрытий, при свободной длине стены  $l \leq 2,5 H$  не должно превышать величин, приведенных в табл. 28 [1] (для кладки из каменных материалов правильной формы).

В рассматриваемом случае в соотв. с п.6.18, так как поэтажно опертые стены являются ненесущими,  $\beta_{\text{пред}}$  для них принимается с коэффициентом  $k=1,4$ :

$\beta = 2,8/0,4=7 < \beta_{\text{пред}}=25 \cdot 1,4=35$  – для кладки, относящейся к I группе по табл. 26 [1];

$l \leq 2,5 \cdot 2,8=7,0 \text{ м} < k \cdot \beta_{\text{пред}} \cdot h=1,2 \cdot 25 \cdot (0,4-0,2)=6,0 \text{ м}$  – предельно допустимая свободная длина кладки без проемов, не несущей нагрузки от перекрытий или покрытий.

Допустимое соотношение площади проемов к площади поперечного сечения стены в пределах допустимой длины следует принимать в соответствии с п.6.18 [1].

### 2.2 Расчет на устойчивость наружной стены в процессе эксплуатации

Расчет на устойчивость каменных конструкций следует выполнять для условий их возведения, а также для конструкций, не имеющих верхней горизонтальной опоры, в соответствии с требованиями СНиП II-22-81 [1] и Пособия к СНиП II-22-81 [5].

Так как участки наружных стен длиной до 3 м в процессе эксплуатации могут не иметь верхней горизонтальной опоры в виде связей с несущей конструкцией вышележащего перекрытия (см. п.3.41 ТКП [3]), в общем случае необходима проверка на устойчивость положения участков стены.

Устойчивость положения простенка обеспечивается при условии, если равнодействующая горизонтальных и вертикальных сил находится в пределах сечения на достаточном расстоянии от его сжатого края, т.е. при ограничении величины эксцентриситета.

Расчет производится по формуле (32) Пособия [5]:

$$e_0 = \frac{M}{N} \leq e_{\text{доп}},$$

где  $M$  - момент от расчетной поперечной нагрузки и внецентренного приложения нормальной силы;

$N$  - нормальная сила от расчетного собственного веса элемента, вычисленного с учетом коэффициента перегрузки 0,9;

$m_1$  - коэффициент, принимаемый для стен в стадии их возведения и свободно стоящих стен равным  $m_1 = 0,9$ ;

$y$  - расстояние от центра тяжести элемента до края сечения в сторону эксцентриситета.

Простенок наружной поэтажно опертой стены при оценке устойчивости на опрокидывание (работа стены из плоскости) в стадии эксплуатации должен быть рассчитан на следующие нагрузки и воздействия:

- собственный вес кладки простенка с учетом конструктивного решения опирания участка стены на плиту перекрытия (с учетом эксцентриситета);
- вес отделочных слоев;
- ветровое воздействие с подветренной стороны (отсос);
- нагрузка от элементов заполнения проемов.

Для дальнейшего расчета принимаем ветровую нагрузку на подветренную поверхность фрагмента стеновой конструкции здания, расположенный в пределах одного этажа между железобетонными перекрытиями верхнего этажа в вертикальном направлении и между соседними колоннами.

Сбор нагрузок на 1 м.п. рассчитываемой стены приведен в таблице 2.1.

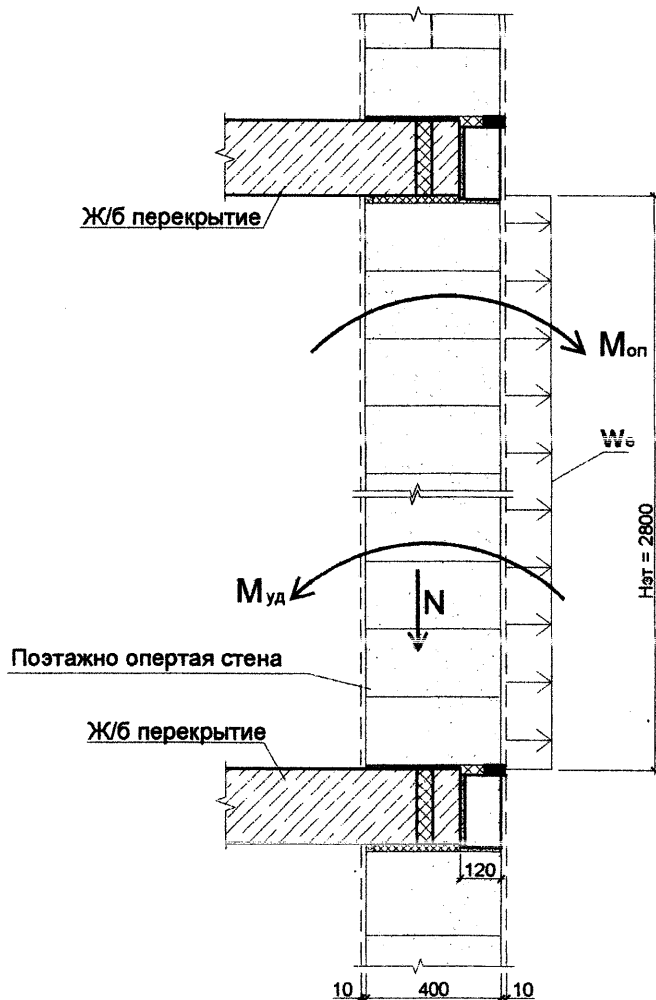
**Таблица 2.1**

№ п/п	Вид нагрузки	Нормативная	$\gamma_f$	Расчетная с $\gamma_f > 1$
1	<b>Постоянная</b>			
1.1	Собственный вес кладки 1м.п. поэтажно опертой стены ( $\gamma = 350 \text{ кг/м}^3$ ), кН ( без учета влажности в запас прочности)	3,92	0,9	3,53
1.2	Собственный вес 1м.п. наружной и внутренней штукатурки ( $\gamma_{шт} = 1800 \text{ кг/м}^3$ ), кН при суммарной толщине слоя $\delta = 15 \text{ мм}$	0,76	1,2	0,91
2	<b>Временная</b>			
2.1	Ветровая (с подветренной стороны), $\text{кПа/м}^2$	0,06	1,4	0,08

В первом приближении в запас прочности принимаем допущение, согласно которому фрагмент стенового заполнения свободно стоит на поверхности монолитного перекрытия под действием собственного веса, т.е. раствор между перекрытием и

первым рядом кладки не принимаем в расчет. Кроме того, принимаем, что фрагмент стены не связан посредством каких-либо механических или химических связей с примыкающими колоннами (несущими стенами). В таком случае на фрагмент стены действуют два момента: опрокидывающий  $M_{оп}$ , обусловленный отрицательной верховой нагрузкой и свесом стены за гранью плиты перекрытия, и удерживающий опорный момент  $M_{уд}$ , обусловленный собственным весом части стены, находящейся на опоре.

Расстояние от центра тяжести расчетного сечения до края опорной плиты в сторону эксцентриситета с учетом технического решения узла опирания участка стены на диск перекрытия, предусматривающего свес кладки за грань плиты на 0,1 м –  $y_0=0,1$  м. Эксцентриситет приложения нагрузки от собственного веса кладки с учетом допусков на возведение плиты перекрытия  $e_{01}=0,01$  м (п.4.9.15 ТКП 45-5.02-82-2010 [2]) и кладки стены  $e_{02}=0,01$  м (п.3.33 ТКП 45-5.02-82-2010 [2]), суммарный случайный эксцентриситет  $e_y=0,02$  м. Таким образом, расчетная длина свеса фрагмента стены – 0,12 м, толщина кладки на опоре – 0,28 м (рис. 1).



**Рисунок 1 - Расчетная схема простенка при расчете на опрокидывание в процессе эксплуатации**

К расчетному сечению 1 м.п стены без проемов приложена расчетная продольная сила от собственного веса участка стены

$$N = 3,53 + 18 \cdot 0,01 \cdot 2,8 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ кН}$$

и расчетный момент, направленный в сторону наружной поверхности, равный:

$$M_{оп} = 3,50 \cdot 1,1 \cdot 0,12 \cdot 2,8 \cdot 0,06 + 18 \cdot 0,01 \cdot 2,8 \cdot 1,1 \cdot 0,125 + 0,08 \cdot 2,8 \cdot 2,8/2 = 0,46 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

*Примечание:* при расчете момента  $M$  принято, что равнодействующая ветровой нагрузки приложена на уровне центра тяжести стены, который получен пересчетом через отношение статического момента сечения к его площади и находится на расстоянии  $u_c = 1,4$  м от нижней грани.

Выполняем проверку условия устойчивости положения свободно стоящего простенка:

$$e_0 = \frac{0,46}{3,98} = 0,116 \text{ м} \leq 0,9 \cdot 0,14 = 0,126 \text{ м} - \text{условие выполняется.}$$

Таким образом, предельная проектная величина свеса кладки стены толщиной 400 мм за грань плиты перекрытия без выполнения дополнительных мероприятий по обеспечению устойчивости стены составляет 100 мм.

В то же время, в вышеприведенном расчете не учтена адгезия растворного шва подстилающего слоя, расположенного между балкой нижнего перекрытия и первым рядом кладки стены из ячеистобетонных блоков. Численное значение усилия сцепления раствора с ячеистым бетоном при нормально приложенном усилии отрыва составляет  $\sigma_{сц} = 0,1 \text{ МПа} = 0,1 \cdot 10^5 \text{ кгс/м}^2$ . Таким образом, для отрыва ячеистобетонной кладки от плиты перекрытия помимо удерживающего момента необходимо преодолеть также силу сцепления  $F_{сц}$ , численное значение которой на 1 м.п. определяется по формуле:

$$F_{сц} = \sigma_{сц} A_{пов} = 0,1 \cdot 10^5 \cdot 1,0 \cdot 0,28 = 2800 \text{ (кгс)} = 27,4 \text{ кН.}$$

Для преодоления рассчитанного усилия сцепления  $F_{сц}$  необходимо приложить к рассматриваемому простенку опрокидывающий момент  $M_{оп} = 38,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$  (на уровне ц.т. сечения простенка), что значительно превышает расчетный момент  $M$ .

Также необходимо принять во внимание, что опрокидывание рассматриваемого фрагмента стены от действия опрокидывающего момента в процессе эксплуатации невозможно по причине того, что предусмотренный проектом деформационный зазор между верхним краем простенка и балкой верхнего перекрытия достаточно мал для того, чтобы даже в случае преодоления сил сцепления, опрокинуть рассматри-



ваемый фрагмент стены из проектного положения. Так как зазор между кладкой и несущей конструкцией перекрытия должен составлять не более 30 мм, то при повороте на угол порядка  $5^\circ$  кладка упрется верхним краем в нижнюю поверхность междуэтажного перекрытия, что создаст дополнительное расклинивающее усилие, величина которого определяется расчетным сопротивлением кладки сжатию. Необходимо также учесть, что зазор между кладкой и балкой перекрытия должен быть заполнен слоем уплотнителя, что еще более усложняет возможность любых угловых перемещений рассматриваемого фрагмента стенового заполнения.

Конструктивно повышению устойчивости поэтажно опираемых участков стенового ограждения способствуют следующие мероприятия:

- устройство постели толщиной 20 мм из цементно-песчаного раствора марки не ниже М100 под первым рядом кладки в пределах этажа;
- заполнение деформационного зазора между кладкой и верхним перекрытием упругой прокладкой;
- наличие связей кладки с верхним перекрытием и колоннами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 На основании анализа результатов выполненных расчетов установлено, что имеется техническая возможность устройства в зданиях многоэтажных и повышенной этажности с высотой этажа до 3,0 м наружных ненесущих однослойных поэтажно опертых стен толщиной 400 мм из блоков ячеистого бетона марки по плотности D350 класса по прочности на сжатие B1,5.

2 Анализ результатов расчетов на устойчивость положений участков наружной стены показал, что устойчивость положения кладки поэтажно опертых участков наружных стен зданий высотой до 40 м в условиях эксплуатации обеспечена, в том числе при выносе части стены до 100 мм (120 мм с учетом допусков на кладку стены и устройство монолитной плиты перекрытия) за грань плиты перекрытия. При этом предельно допустимая свободная длина кладки без проемов – 6 м.

Конструктивно повышению устойчивости поэтажно опертых участков стенового ограждения способствуют следующие мероприятия:

- устройство постели толщиной 20 мм из цементно-песчаного раствора марки не ниже M100 под первым рядом кладки в пределах этажа;
- заполнение деформационного зазора между кладкой и верхним перекрытием упругой прокладкой;
- наличие связей кладки с верхним перекрытием и колоннами каркаса (поперечными несущими стенами), выполняемыми в соответствии с указаниями ТКП 45-5.02-82 [3] и рабочими чертежами типовой серии Б2.030-13.10 [7].

Возможно увеличение свеса поэтажно опертой кладки за пределы плит междуэтажных перекрытий до 150 мм при условии обязательного раскрепления участков заполнения стен поярусно (при высоте яруса не более 1,2 м) гибкими связями к несущим элементам здания (колоннам или несущим поперечным стенам) с учетом положений п.3.

3 В условиях возведения для обеспечения устойчивости положения участков поэтажно опертых наружных стен из ячеистобетонных блоков марки по плотности D350 толщиной 400 мм, в процессе набора прочности растворами подстилающего слоя и кладочным следует предусматривать послойную укладку ярусов кладки с выдерживанием технологических перерывов; в условиях зимней кладки следует предусматривать их раскрепление из плоскости во всех случаях на период до достижения кладочным раствором проектной прочности. Указания о раскреплении участков кладки в процессе возведения должны приводиться в проектной документации (см. п.1.4 СНиП 11-22-81\* [1] И п. ж) приложения к СНиП 11-22-81\* [1].

4 При проектировании зданий высотой более 40 м, а также многоэтажных зданий в сейсмических районах (выше 6 баллов), участки поэтажно опертых стен из ячеистого бетона следует армировать с анкерровкой к несущим конструкциям (колоннам, несущим стенам и перекрытиям) не более, чем через 1,5 м по высоте. Расчетные усилия для подбора армирования определяются статическим и динамическим расчетом на воздействия от ветровых и сейсмических нагрузок.

5 Согласно проведенным нами исследованиям [9] получено, что нормируемая долговечность конструкций наружных стен – 50 лет и более – может быть обеспечена при влажности ячеистого бетона блоков, не превышающей 8% по объему в период эксплуатации, что должно быть достигнуто применением конструктивных решений наружных стен, имеющих благоприятный влажностный режим (исключающий конденсацию водяного пара в толще), т.е. соответствующих отделочных слоев, а также ограничением начальной эксплуатационной влажности кладки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП II-22-81 "Каменные и армокаменные конструкции".
2. ТКП 45-5.03-131-2009 Монолитные бетонные и железобетонные конструкции. Правила возведения
3. ТКП 45-5.02-82-2010 Каменные и армокаменные конструкции. Правила возведения
4. ТКП 45-2.04-43-2006 "Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования", Минск, 2006 г.
5. СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия".
6. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81).
7. Серия Б2.030-13.10 "Узлы и детали поэтажно опертых стен жилых и общественных зданий из эффективных мелкоштучных стеновых материалов. Выпуск 1. Рабочие чертежи" (2011г.)
8. Рекомендации по проектированию поэтажно опертых стен и перегородок из эффективных мелкоштучных стеновых материалов (2011г.).
9. Рыхленок Ю.А., Крутилин А.Б. Факторы, влияющие на долговечность наружных стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения // Главный инженер в строительстве. Минск.: №6 – 2015 г.