

УДК 624.012

**ОСОБЕННОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ КЛАДКИ  
И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ***канд. техн. наук, доц. В.Д. ГРИНЕВ, А.А. БЫКОВСКАЯ  
(Полоцкий государственный университет)*

*Изучен опыт ведения кладки в зимний период времени. Установлено влияние концентраторов напряжений – железобетонных балок – на поведение каменной кладки. Даны рекомендации.*

В зимнее время возможны различные способы возведения кладки в зависимости от ее вида и работы в конструкции. Одним из наиболее распространенных способов производства каменной кладки из камней правильной формы является кладка методом замораживания.

Применение способа замораживания изменяет свойство кладки, а именно:

- существенно снижает прочность кладки в стадии оттаивания и в меньшей степени снижает ее прочность в 28-дневном и большем возрасте после оттаивания;

- снижает сцепление и монолитность кладки как в период оттаивания, так и после него;

- понижает устойчивость оттаивающих конструкций и т.д.

Свежеуложенный раствор, замерзая, превращается в твердое тело, обладающее при отрицательной температуре довольно высокой прочностью, но так как необходимая для гидратации цемента вода превращается в лед, то в замороженной кладке твердение вяжущего не происходит. Прочность растворов, подвергнутых воздействию минусовых температур, не зависит от вида и количества вяжущего, а определяется только температурой кладки. На момент оттаивания прочность раствора примерно равна его прочности до замораживания, т.е. близка к нулю; кладка при этом имеет наименьшую монолитность и прочность (критическую), зависящую главным образом от прочности камня. Вода при замерзании увеличивается в объеме и нарушает связность скелета, разрыхляя раствор, что уменьшает сцепление, которое даже после длительного твердения оттаявшей кладки полностью не восстанавливается.

Прочность замерзшей кладки достигает 70 кгс/см<sup>2</sup> и более, т.е. обычно выше прочности кладки, выполненной при положительных температурах наружного воздуха. Прочность сцепления раствора с камнем достигает 20 кгс/см<sup>2</sup>.

Твердея при положительной температуре после оттаивания, цементные и смешанные растворы, а вместе с ними и кладки накапливают к месячному возрасту после оттаивания известную прочность на сжатие, однако эта прочность не достигает прочности кладки, твердевшей при положительной температуре и не подвергавшейся раннему замораживанию. Известковые растворы после оттаивания не твердеют, поэтому применение известковых растворов допустимо только при температуре не ниже +5 °С. Также не применяются в кладке, возводимой методом замораживания, известково-глиняные и глиняные растворы. Не рекомендуются к применению в растворах для кладки, изготовляемой методом замораживания, некоторые виды цементов (известково-пуццолановый, известково-золиный, известково-шлаковый и т.д.).

При применении магнезиального шлако- и пуццоланового портландцемента необходимо учитывать их замедленное твердение при пониженных температурах. Такие растворы после оттаивания медленно набирают прочность.

Для сохранения требуемой расчетом прочности марки растворов после 28 суток нормального твердения принимаются [6]:

- равными проектным (летним), если кладка или монтаж выполняются при среднесуточной температуре не ниже – 3 °С;

- на одну марку выше проектных, если кладка или монтаж выполняются при среднесуточной температуре не ниже от –4 до –20 °С;

- на две марки выше проектных, если кладка или монтаж выполняются при среднесуточной температуре ниже –20 °С.

Для кладки методом замораживания рекомендуется следующие марки растворов [4]:

• кладка из кирпича и камней правильной формы:

- для стен фундаментов не ниже 10

- для столбов не ниже 25

- для карнизов и перемычек не ниже 50

• кладка из постелистого бута:

- для фундаментов и стен не ниже 25

- для столбов не ниже 50

Консистенция (подвижность) растворов зимней кладки, определяемая погружением стандартного конуса, должна быть в пределах:

- для кладки из кирпича и бетонных камней – 7...13 см;
- для бутовой невибрированной кладки – 5...6 см;
- для бутовой вибрированной кладки – 2...3 см.

Не разрешается возводить кладку способом замораживания, у которой большое влияние на прочность и устойчивость кладки в момент оттаивания оказывает раствор:

- для несущих стен, подверженных значительным вибрациям и большим динамическим нагрузкам как в процессе строительства, так и при последующей эксплуатации здания (например, при наличии кранов грузоподъемностью более 5 т, неуравновешенных машин и т.п.);
- при больших эксцентриситетах ( $e_0 > 0,25y$ ) и больших поперечных нагрузках (более 10 % от продольной нагрузки) в стадии оттаивания;
- в сейсмических районах с расчетной сейсмичностью в 9 баллов;
- в зданиях высотой более трех этажей из мерзлых кирпичных блоков;
- в кладку из рваного бутового камня и из бутобетона;
- в сводах;
- в карнизах с выносом более 20 см и др.

При производстве кладки в зимнее время способом замораживания необходимыми условиями является очистка от снега и льда поверхностей мерзлого камня и положительная температура раствора нормальной консистенции. Температура раствора при кладке не должна быть ниже значений, приведенных в таблице 1 [6].

Таблица 1

Температура раствора при производстве работ в зимнее время

Температура наружного воздуха, °С	Температура раствора, °С
< -10	10
-10...-20	15...20
< -20	20...25

Толщина швов зимней кладки не должна превышать размеров, установленных для летней кладки: в среднем 12 мм для горизонтальных швов и 10 мм для вертикальных. Это требование имеет исключительное значение для сохранения устойчивости кладки при ее оттаивании.

Осадка летней кладки происходит при ее выполнении и в пределах каждого этажа заканчивается к началу возведения следующего. Зимняя же кладка замерзает сразу после ее выполнения, а осадки конструкций появляется только в период оттаивания. При быстром замерзании свежего раствора швы кладки обжимаются значительно меньше, чем при кладке в летних условиях. Вследствие этого осадка кладки при оттаивании может достигать и более миллиметра на 1 м высоты. Осадка кладки в период оттаивания будет тем меньше, чем тоньше и плотнее выполнены ее горизонтальные швы и медленнее происходило замерзание кладки.

Средние величины осадок на 1 м п. высоты зимней кладки в период оттаивания могут ориентировочно приниматься при нормальной толщине шва, плотной укладке раствора равными [5]:

- для кладки из кирпича и мелких камней на тяжелых растворах марки 50 и выше – до 1 мм/м;
- для той же кладки на тяжелых растворах марки 25 и ниже и легких растворах всех марок – 1...2 мм/м;
- для бутовой кладки из постелистого бута на тяжелых растворах марки 50 и выше – 1...3 мм/м;
- для той же кладки на растворах марки 25 и ниже – 2...4 мм/м;

Следует отметить, что при незначительных морозах (до -10 °С) величины осадки могут быть значительно (до 3 раз) меньше приведенных выше значений. В случае длительных оттепелей кладка может рассматриваться как не дающая осадки при оттаивании.

Возможные деформации стен при оттаивании заставляют вводить ряд конструктивных ограничений.

Ограничивается предельная высота этажей и зданий в целом. Предельная высота зданий, возводимых методом замораживания, не должна превышать значений, приведенных в таблице 2 [4].

Предельная высота (см. табл. 2) включают высоту фундаментов, если они возводятся также способом замораживания. Высота кладки, возводимой в летних условиях, в предельную высоту не вводится.

Высота стен и столбов в пределах этажа ограничивается следующими величинами ( $d$  – толщина стены) [4]:

- при кладке из кирпича и камней правильной формы  $10d$
- при кладке из постелистого бута  $8d$
- при кладке из рваного бута  $6d$

При расстоянии между поперечными конструкциями до  $10d$  высота этажа при кладке из кирпича и камней правильной формы допускается до  $25d$ .

Таблица 2

Предельная высота этажей и здания от видов кладки

Виды кладки	Предельная высота, м	
	этажа	здания
Сплошная кладка из кирпича и из искусственных и естественных камней правильной формы	3...3,9	24
	4...4,9	20
	5...5,9	12
	6...8	8
Бутовая кладка из постелистого камня	3...4	5
Облегченная кладка стен с легкобетонными вкладышами	3...4	16
Облегченная кладка стен из шлакобетонных камней с засыпкой	3...4	8

Свободная длина стен, возводимых методом замораживания, не должна превышать величин, приведенных в таблице 3 [4].

Таблица 3

Предельные расстояния  $l_{пр}$  между поперечными стенами

Виды перекрытий и покрытий	Значение $l_{пр}$ для кладок группы, м			
	I	II	III	IV
Деревянные	30	24	18	12
Сборные железобетонные	40	32	24	–
Монолитные железобетонные и каменные сводчатые	50	40	30	–

При отсутствии к моменту оттаивания верхнего перекрытия, связывающего стены, расстояние между стенами должно быть не более  $40d$ .

При укреплении стен на период оттаивания подкосами, рамами, связями с коренными лесами или устойчивыми подмостями и т.п. свободная длина стен может быть увеличена.

Оттаивающая зимняя кладка дает осадку в швах в среднем от 1 до 2 мм на 1 п. м, поэтому при устройстве креплений стен к неоседающим конструкциям (например, стальным каркасам) должна быть предусмотрена возможность свободной осадки стены.

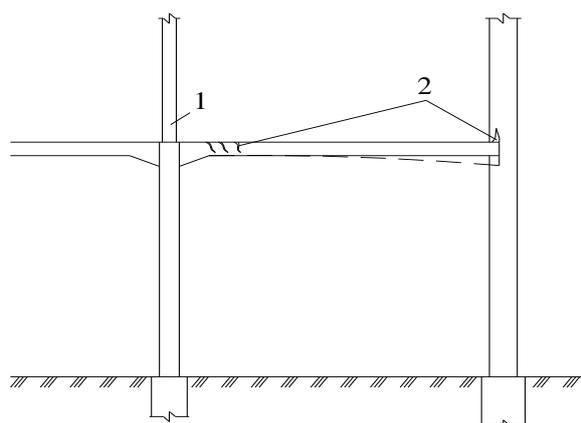


Рис. 1. Образование трещин в железобетонном прогоне и кладке оттаивающей стены:

1 – железобетонная стойка; 2 – трещины (кирпичная кладка выполнена методом замораживания)

На рисунке 1 показан пример образования трещин в железобетонном прогоне, препятствующем свободному оседанию кладки при оттаивании, при этом имеется опасность и значительных повреждений кладки.

При проектировании заделанных в кладку стен прогонов, имеющих на другом конце неоседающую (или малооседающую) опору, необходимо предусматривать шарнирные соединения, допускающие раздельную осадку конструкций. После того как процесс осадки прекратится, может быть осуществлена конструкция соединения, предусмотренная для работы в эксплуатационной стадии.

Рассмотрим еще один пример отрицательного влияния жестких конструкций, вводимых в кладку.

Нами проводилось обследование кирпичных стен квартиры, расположенной в двух уровнях.

Необходимость обследования была вызвана образованием вертикальных трещин в поперечных стенах, а также в продольных швах железобетонных плит перекрытия и покрытия.

Конструктивная особенность здания – устройство консольных железобетонных балок на отметках 10,3, 13,1 и 16,09 в осях <<14–21>>, которые служат опорами для выносных лоджий и кирпичного фронтона; защемленным концом консольные балки заведены в кладку продольной и поперечных стен на глубину 1,82 м.

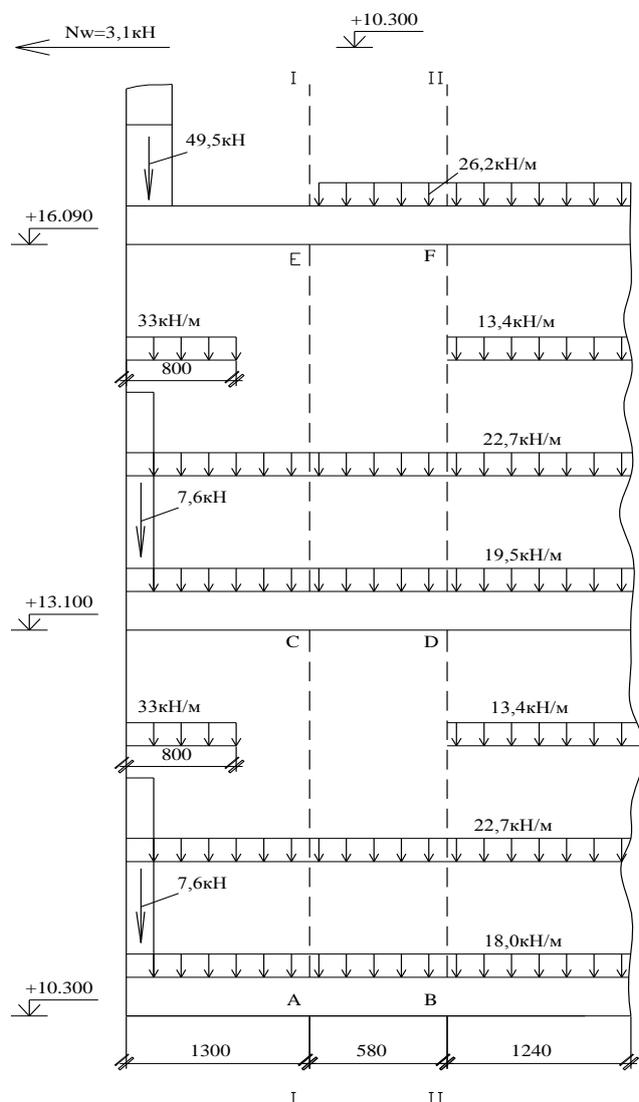


Рис. 2. Схема приложения внешних нагрузок на консоли и стены

Как показал проведенный анализ, разница в осадках двух зон достигала 9 мм.

Известно, что величина предельно допустимой разницы в деформациях разнонагруженных участков стен составляет 7...8 мм [12, табл. 13], что практически совпадает с данными численного анализа. С уменьшением жесткости железобетонных включений, разница в деформациях осадок на границе зон уменьшается. Жесткие включения типа консольных железобетонных балок воспринимают нагрузку от кирпичной кладки, кладка под низом балок садится, образуя горизонтальную трещину с шириной максимального раскрытия, равной величине осадки при абсолютно жесткой балке.

Нами разработаны предложения по усилению поврежденных стен и частичной разгрузке консольных балок:

1. Парные накладные болты необходимо установить в поперечных стенах на 5-м этаже при наличии вертикальных трещин в стенах по осям 14, 17, 18, 21.

2. Создать жесткие диски, объединив плиты перекрытия и покрытия в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и соединив диски с продольными и поперечными стенами (5-х и 6-х этажей). При этом площади дисков покрытия и перекрытия могут быть приняты одинаковыми.

Позэтажное размещение трех балок по высоте и величины расчетных нагрузок от перекрытий и кладки показаны на рисунке 2.

Проект здания выполнен в 2000 году, корпус возведен в 2003 году. В конце декабря возводились стены 5-го и 6-го этажей по осям <<17–18>>. Кладка выполнялась методом замораживания, сроки кладки наружных продольных и поперечных стен не совпадали.

Первые трещины в стене по оси <<18>> были обнаружены летом 2004 года. В апреле 2005 года наибольшая ширина раскрытия трещин на мансардном этаже достигла 12...14 мм. Характерной особенностью было образование трещин, идущих по торцам трех защемленных балок. Сдвиг отдельных плит покрытия в сторону улицы составил 30 мм.

Образование вертикальных трещин с раскрытием сверху привело к изменению статической работы отдельных несущих конструкций, в частности стен по оси <<А>> на длине 12 м в осях <<17–19>>.

Стена и перекрытия были оторваны от внутренних поперечных стен и перегородок и отошли наружу, но этот процесс был локальным и не затрагивал остальной объем здания.

Трещина разорвала поперечные стены (рис. 3), поэтому участок продольной стены стал работать как коромысло, где плечом служила продольная стена шириной 580 мм. Опрокидывающий момент превышал величину удерживающего момента.

При одновременном возведении поперечных стен кладка слева от трещины (зона I) испытывала меньшие осадки при размораживании, нежели участок кладки справа от трещины (зона II) за счет работы консоли, нагруженной поэтажно кирпичной кладкой (см. рис. 3).

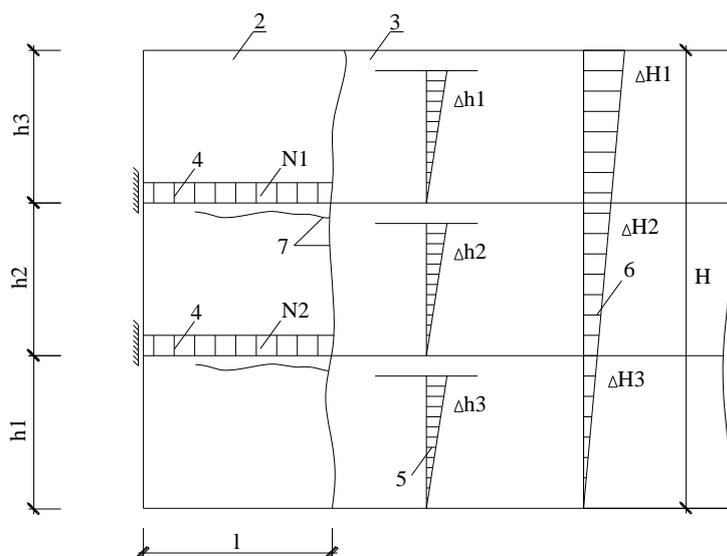


Рис. 3. Схема осадок однородной стены с жесткими включениями:

- 1 – жесткая опора; 2 – стена высотой  $H$  с жесткими включениями (зона 2); 3 – однородная стена высотой  $H$  (зона 3);  
 4 – заземленные железобетонные балки пролетом  $l$  (с жесткостью, равной бесконечности);  
 5, 6 – соответственно эпюры вертикальных осадок по высоте кладки; 7 – горизонтальные и вертикальные трещины

### Основные выводы

1. Уменьшение разницы в деформациях осадок кладки, возведенных методом замораживания, следует достигать путем применения качественных жестких цементных растворов, однородного песка и соблюдением нормируемых толщин швов.

2. Разницу в величинах осадок можно уменьшить, исключив ведение кладки методом замораживания, либо отказаться от введения в кладку жестких конструкций, приводящих к существенной разнице в осадках стены в процессе оттаивания.

Последний вывод подтверждает аналогичный, приведенный в указаниях по производству каменных работ в зимнее время [12], но отсутствующий в действующих нормах.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев С.В. Расчет каменных и железобетонных конструкций. – М.: Изд. Наркомхоза РСФСР, 1938.
2. Андреев С.А. Проектирование и расчет каменных и армокаменных конструкций. – М., Л.: Изд. Наркомхоза РСФСР, 1941.
3. Андреев С.В. Каменные конструкции. – М., Л.: Минкомхоз, 1948. – С. 62 – 63.
4. Челбаев М.В. Каменные конструкции. – М.: Стройиздат, 1950. – 206 с.
5. Пильдиш М.Я. Каменные конструкции промышленных и гражданских зданий / М.Я. Пильдиш, С.В. Поляков. – М.: Стройиздат, 1950. – 258 с.
6. Калинин М.С. Каменные здания повышенной этажности на севере / М.С. Калинин, В.А. Пиховкин, Н.Д. Шкляров. – Л.: Стройиздат, 1980. – 58 с.
7. Стаценко А.С. Особенности производства строительных работ в зимних условиях. – Мн.: Ин-т повышения квалификации по менеджменту и развитию персонала, 2000.
8. Каменные конструкции и их возведение: Справочник строителя. – М.: Стройиздат, 1989. – 205 с.
9. Жилые и общественные здания: Краткий справочник инженера-конструктора. – М.: Стройиздат, 1991.
10. Черноиван В.Н. и др. Каменные работы. – Мн.: НМЦентр, 1997. – 200 с.
11. Поляков С.В. Каменные конструкции. – М.: Стройиздат, 1960. – 306 с.
12. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования») / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 152 с.
13. Указания по производству бетонных, каменных и кровельных работ при отрицательных температурах и обеспечению несущей способности конструкций на период оттаивания. – Мн.: Бел. республ. объед. межколхоз. строит. организ. (Белмежколхозстрой), Республ. трест (Оргтехстрой), 1972. – 20 с.