

**ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАПРОВАДЖЕННЯ
РЕСУРСЕКОНОМНИХ КОНСТРУКЦІЙ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

УДК 624.012.45

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ПЕРЕМЫЧКИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ
ЗДАНИЙ**

КОМБІНОВАНІ ПЕРЕМІЧКИ ДЛЯ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

COMBINED JUMPER FOR LOW-RISE BUILDINGS

Азизов Т.Н., д.т.н., проф., Іваницький А.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Азизов Т.Н., д.т.н., проф., Іваницький О.В. (Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Azizov T.N., Doctor of Engineering, Profesor, Ivanycky A.V. (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture)

Предложены перемычки из легкогобетонных блоков с верхним кирпичным слоем для усиления сжатой зоны. Армирование перемычек в виде замкнутой обоймы из углеродных материалов. Показана простота их изготовления и преимущества

Запропоновані перемички з легко бетонних блоків з верхнім цегляним шаром для підсилення стиснутої зони. Армування перемичок у вигляді замкненої обойми з вуглеволоконних матеріалів. Показана простота їх виготовлення

Proposed bridge of lightweight concrete with brick upper layer to enhance the compression zone. Reinforcing crosspieces in the form of a closed cage carbon materials. Shows the ease of manufacture and benefits

Постановка и задачи исследований.

В исследованиях авторов [5] были предложены перемычки из газобетонных блоков в замкнутой обойме из полипропиленовой ленты. Преимущество и принципы расчета и конструирования конструкций из штучных материалов в замкнутой обойме приведены в [1-4], где приведена также методика расчета с учетом предварительного напряжения обоймы, а также с учетом нелинейных свойств материалов.

Недостатком таких перемычек, как было сказано в [5] является малая прочность легковесных блоков. В этой же работе показано, что если модуль упругости обоймы мал (были испытаны перемычки из газобетонных блоков в замкнутой предварительно напряженной обойме из полипропиленовой упаковочной ленты), то использование обычных формул расчета прочности не представляется возможным, т.к. такие перемычки разрушаются при напряжениях, далеких от предельной прочности обоймы на растяжение. В нормативных документах [6, 7] отсутствует методика расчета таких конструкций. В [5] разработана методика расчета конструкций с обоймой из материала с малым модулем упругости. В названных выше работах были даны предпосылки увеличения прочности сжатой зоны таких перемычек за счет устройства комбинированных, однако, такая конструкция, а также способы ее предварительного напряжения и расчета не рассматривались.

В связи с этим **целью настоящей статьи** является предложение конструкций перемычек из легковесных блоков, усиленных в сжатой зоне, а также перемычек с применением высокопрочных полосовых материалов.

Изложение основного материала.

Так как высота сжатой зоны в перемычке не велика, то более прочный ее слой может иметь небольшую толщину. Поэтому на газобетонную перемычку предлагается уложить один слой кирпича глиняного (рис. 1).

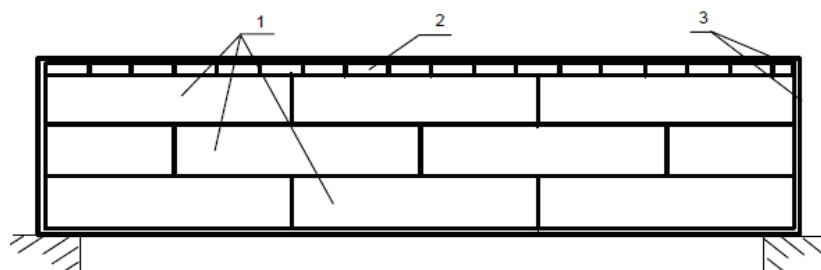


Рис.1. Схема комбинированной перемычки из легковесных блоков (с перевязкой швов) и кирпича глиняного. 1 – газобетонные блоки; 2 – кирпич глиняный; 3 – обойма из углеродной ленты

При такой схеме в сжатой (от нагрузки) зоне находится кирпич, прочность которого во много раз выше прочности легковесных блоков. Использование более прочного, чем газобетон материала позволяет использовать также обойму из высокопрочных материалов, в т.ч. ленту из углеволоконного материала (например, лента фирмы "Sika" или углеродная лента по ГОСТ 28006-88 [8]).

Кроме того, с помощью верхнего кирпичного слоя достаточно просто включать замкнутую обойму в работу. Для этого сначала следует из ленты склеить замкнутую обойму, длина которой немного (определяется расчетом) превышает периметр перемычки. Затем надеть обойму на перемычку и

вставлять кирпичи по одному (рис. 2), передвигая их по направлению к опорам. Таким образом в обойме создается некоторое предварительное напряжение и она включится в работу конструкции. Зная первоначальную длину обоймы (до монтажа в конструкцию) и периметр перемычки вместе с верхним слоем кирпича, достаточно легко посчитать удлинение обоймы после предварительного напряжения, а значит, и величину усилия предварительного напряжения.

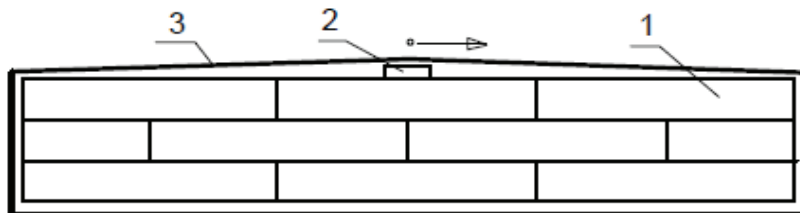


Рис. 2. Схема включения замкнутой обоймы с помощью передвижения верхнего слоя кирпичей. 1 – легкобетонные блоки; 2 – кирпич; 3 - обойма

Балки без предварительного напряжения обоймы можно изготавливать приклейкой углеродной ленты по периметру конструкции с необходимым нахлестом. При этом несущая способность таких балок получается весьма высокой. Для примера можно рассмотреть случай, когда балка (перемычка) состоит из трех слоев газобетонных блоков толщиной 100 мм и верхнего слоя из кирпича глиняного. Пусть марка кирпича М200, марка раствора М100, марка углеродной ленты ЭЛУР-П-А по [8], ширина ленты 245 мм, толщина 0.12 мм. При названных характеристиках будем иметь расчетное сопротивление кирпича $R=25$ МПа, предельное усилие в ленте $N_s=26.5$ кН. Тогда при расчете на изгиб высота сжатой зоны будет равна 42 мм, а предельный изгибающий момент $[M]=923.5$ кН*см. При расчетном пролете балки (перемычки) 3000 мм максимальная нагрузка составит 8.2 кН/м, что как видим, составляет достаточно большую величину. Перемычки, состоящие только из газобетона, при такой же обойме имели бы значительно меньшую несущую способность.

Таким образом, мы показали, что комбинированная перемычка имеет существенно большую несущую способность, чем перемычка, состоящая только из легкобетонных блоков. Недостатком таких перемычек является факт, что при действии сосредоточенной нагрузки верхний слой, состоящий из кирпича, может оторваться от газобетонных блоков. Этот факт проверен авторами экспериментально. Однако, при действии равномерно распределенной нагрузки (что для перемычек практически постоянно справедливо) опасность отрыва кирпичного слоя отсутствует.

Предварительное напряжение замкнутой обоймы с целью ее включения в работу может быть осуществлено также с помощью плоского рычага как показано на рис. 3. Плоский рычаг может быть изготовлен из куска листовой

стали толщиной 20 мм, к которому приварена рукоятка с рычагом для поворота.



Рис. 3. Схема включения замкнутой обоймы с помощью поворота плоского рычага. 1 – легкобетонные блоки; 2 – плоский рычаг; 3 – обойма

Расчет элементов с верхним кирпичным слоем производится как обычных внецентренно сжатых элементов, на которые действуют внешняя вертикальная нагрузка и усилия от обоймы, приложенные к верхней N_v и нижней N_n грани тела балки. Усилия в обойме от действия предварительного напряжения и внешней нагрузки с учетом сил трения определяются по рекомендациям авторов настоящей статьи [3-5].

При использовании в качестве обоймы более высокопрочного материала, чем приведен выше для примера (например, ленты "Sika"), площадь сечения ленты должна подбираться по расчету из условия, что высота сжатой зоны не должна превышать толщину верхнего кирпичного слоя (т.е. толщину кирпича).

$$A_s = Rb\delta / [\sigma] , \quad (1)$$

где A_s – площадь сечения углеродной ленты; R , b и δ – соответственно расчетное сопротивление сжатию кладки, ширина верхнего пояса (как правило, длина кирпича) и толщина кирпича; $[\sigma]$ – предельно допустимое напряжение для ленты. Так, при расчетном сопротивлении ленты $[\sigma]=2800$ МПа и ширине ленты 50 мм (данные для лент "Sika") и для кирпича, приведенного выше в примере, требуемая толщина ленты составит 0.28 мм.

Расчет обоймы из углепластика подобен расчету обоймы из стали при известном коэффициенте трения о кладку K_t .

Алгоритм определения усилий на стадии предварительного напряжения выглядит следующим образом.

1. Определяем силу трения в нижней ветви обоймы по формуле:

$$F_{tn} = N_n / (1 + \frac{1}{K_t}) . \quad (3)$$

2. Определяем силу трения в нижней боковой части балки:

$$F_{tbn} = (N_n - F_{tn}) \cdot k_t . \quad (4)$$

3. Определяем усилие в боковой ветви обоймы

$$N_b = N_n - F_{tn} - F_{tbn} . \quad (5)$$

4. Определяем силу трения в верхней торцовой части кладки

$$F_{ibv} = N_b / \left(1 + \frac{1}{K_t}\right) \quad (6)$$

5. Определяем силу трения в верхней части

$$F_{tv} = (N_b - F_{ibv}) \cdot k_t \quad (7)$$

6. Определяем усилия в верхнем поясе обоймы

$$N_v = N_b - F_{ibv} - F_{tv} \quad (8)$$

7. Определяем усилие передающееся от обоймы на кладку как обжимающее ее верхнюю грань

$$N_{VF} = N_b - F_{ibn} \quad (9)$$

8. Усилие, передающееся от обоймы на кладку как обжимающее ее нижнюю грань

$$N_F = N_b + F_{ibn} \quad (10)$$

Алгоритм расчета для вычисления составляющих усилий от действия внешней поперечной нагрузки выглядит так:

1. Вычисляем момент инерции сечения балки, площадь ее поперечного сечения и расчетный пролет.

4. Вычисляем коэффициент обоймы

$$K_{ob} = 1 - K_t + \frac{(1 - K_t)^2}{1 + K_t} + \frac{2C}{l} \cdot \left(2 + 2 \frac{1 - K_t}{1 + K_t} + 1 - K_t\right) \quad (11)$$

5. Вычисляем усилие в нижней ветви обоймы по формулам [4].

$$N_P = \frac{B}{A + C + D} \quad (12)$$

6. Вычисляем усилие в верхней ветви обоймы

$$N_{VP} = N_P \frac{1 - K_t}{1 + K_t} \quad (15)$$

Зная усилия N_{VF}, N_{VP}, N_F, N_P , определяем суммарную продольную силу:

$$N_{tot} = N_{VF} + N_{VP} + N_F + N_P \quad (16)$$

Далее определяем изгибающий момент от действия поперечной нагрузки и усилий в обойме.

После этого вычисляем суммарный момент от действия внешней нагрузки M_x и от усилий в верхней и нижней ветвях обоймы по формуле:

$$M_{tot} = M_x + (N_{VF} + N_{VP}) \frac{h}{2} - (N_F + N_P) \frac{h}{2} \quad (17)$$

Далее определяем расчетный эксцентриситет для рассматриваемого сечения:

$$e = \frac{M_{tot}}{N_{tot}} . \quad (18)$$

Обозначения в выражениях 3-17 приняты по [3-5].

Таким образом, мы получили схему внецентренно сжатого каменного элемента, который рассчитывается с учетом нелинейных свойств кладки по методике, приведенной в [2].

Как видим, расчет изгибаемых каменных элементов в замкнутой предварительно напряженной обойме сводится к расчету внецентренно сжатого элемента с учетом нелинейных свойств материалов. Усилия в обойме определяются с учетом предварительного напряжения, трения обоймы о кладку, нелинейных свойств материалов по методике, приведенной выше и по методике [2-5].

Выводы и перспективы исследований. Перемычки из легкого теплоизоляционного бетона с верхним кирпичным слоем, армированные замкнутой обоймой из углеродной ленты, являются достаточно надежными в эксплуатации, просты в изготовлении. В статье разработана методика расчета с учетом предварительного напряжения и трения.

В перспективе предполагается разработка программы на ЭВМ для проектирования рассмотренных в статье конструкций.

1. Азизов Т.Н. Использование стеклопластиковой обоймы для создания изгибаемых конструкций из штучных элементов // Современные строит. констр.из металла и древесины// Сб.научн. тр. ОГАСА. - №15. Часть 2, Одесса,2011. – С. 24-28. 2. Азизов Т.Н., Иваницкий А.В. Нелинейный расчет конструкций из штучных материалов в замкнутой обойме// Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 27., – Рівне: Нац. ун-т водного господарства та природокористування, 2013. – С. 10-15. 3. Азизов Т.Н., Иваницкий А.В. К расчету несущих конструкций из штучных материалов в замкнутой обойме //Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 47 – Одеса: овнішрекламсервіс, 2012. – С. 11-15. 4. Азизов Т.Н., Иваницкий А.В. Расчет несущих конструкций из штучных элементов в замкнутой предварительно напряженной обойме //Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 24., – Рівне: Нац. ун-т водного господарства та природокористування, 2012. – С. 55-61. 5. Азизов Т.Н., Иваницкий А.В. Конструкция и расчет газобетонных перемычек в замкнутой обойме из полипропиленовой ленты //Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 28., – Рівне: Нац. ун-т водного господарства та природокористування, 2014. – С. 98-104. 6. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011. – 71 с. 7.. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011. – 110 с. 8. ГОСТ 28006-88. Лента углеродная конструкционная. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1994.