

Это мероприятие позволяет существенно улучшить разгрузку бункера. Однако даже при этом образуются так называемые «мертвые зоны». Поэтому для обеспечения полной разгрузки бункера предлагается использовать дополнительные борта-рассекатели, которые исключают образование «мертвых зон» в бункере.

Таким образом, установлено, что физико-механические свойства мелкодробленой руды, а именно влажность, гранулометрический состав, и конструктивные параметры параболических бункеров являются определяющими факторами потери сыпучести, зависящей от сил внутреннего сцепления и сил взаимодействия рудной массы с рабочей поверхностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферов К.В., Зенков Р.Л. Бункерные установки. М.: Машиз, 1975. 264 с.
2. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобков Л.Н. Машины непрерывного транспорта. М.: Машиностроение, 1987. 332 с.

УДК 624.012.35/46(075)

НЭМЕН В.Н.,  
ЛИТВИНЕНКО В.А.,  
АДАМОВИЧ Д.О.,  
ЗОЛОТОВСКОВ М.И.

#### Исследования армокирпичной перемычки

При возведении стен зданий из кирпича возникает необходимость устройства перемычек над оконными и дверными проемами. В настоящее время для жилых и общественных зданий сборные железобетонные перемычки практически вышли из употребления. Применение рядовых кирпичных перемычек по месту требует либо сооружения опалубки с укладкой стальной арматуры против выпадения кирпичей нижнего ряда, либо применения несъемной опалубки из профильного металла.

Нами разработана и описана [1] конструкция армокирпичной перемычки, позволяющая создать иную выразительность кирпичной стены у оконного (дверного) проема без использования опалубки (рисунок 1). Конструкция получила заключение о выдаче инновационного патента от 10.03.2010 г.

Такого решения удалось достичь за счет применения дырчатых кирпичей, через сквозные отверстия которых пропускались арматурные стержни. Кроме того, для повышения прочности конструкции по наклонным сечениям в растворные швы закладывались проволочные хомуты.

На рисунке 2 представлена наружная армокирпичная перемычка, запроектированная для перекрытия оконного проема шириной 1300 мм.

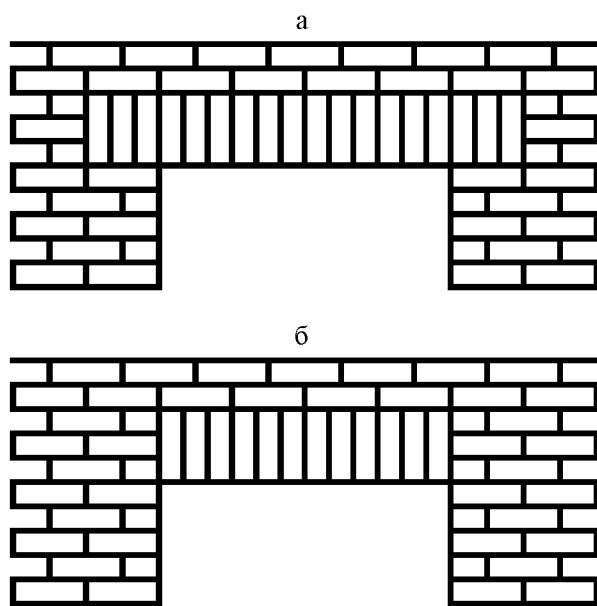
Рассматриваемая армокирпичная перемычка прямых аналогов в литературе не имеет. В связи с этим имеющаяся нормативная литература [2, 3] не содержит необходимых примеров расчета. Поэтому основными литературными источниками для расчёта были приняты [4, 5] с использованием в необходимых случаях рекомендаций норм.

Марка кирпича, по данным лаборатории ТОО «Центргеоаналит», составила 175 кгс/см<sup>2</sup>. Прочность цементно-песчаного раствора – 50 кгс/см<sup>2</sup>, определялась в лаборатории кафедры ТСМИ КарГТУ.

Для изготовления перемычки использовали кирпич иранского производства марки 175 со сквозными вертикальными отверстиями диаметром 32 мм. Здесь можно отметить, что для таких перемычек пригодны любые кирпичи и камни со сквозными вертикальными отверстиями диаметром 16 мм и более. В то же время, очевидно, что достаточность сцепления арматуры с растворными швами и ее анкеровка на опорах должны проверяться в каждом отдельном случае.

Продольная арматура диаметром 12 мм класса А-III пронизывает предполагаемую растянутую и сжатую зону. По концам стержни имеют резьбу длиной 60 мм для крепления их к поддону гайками М14 при изготовлении перемычки. Опыт изготовления показал, что нарезка резьбы, возможно, не является обязательной. Поперечная арматура (хомуты) выполнены из стальной низкоуглеродистой проволоки диаметром 1,5 мм.

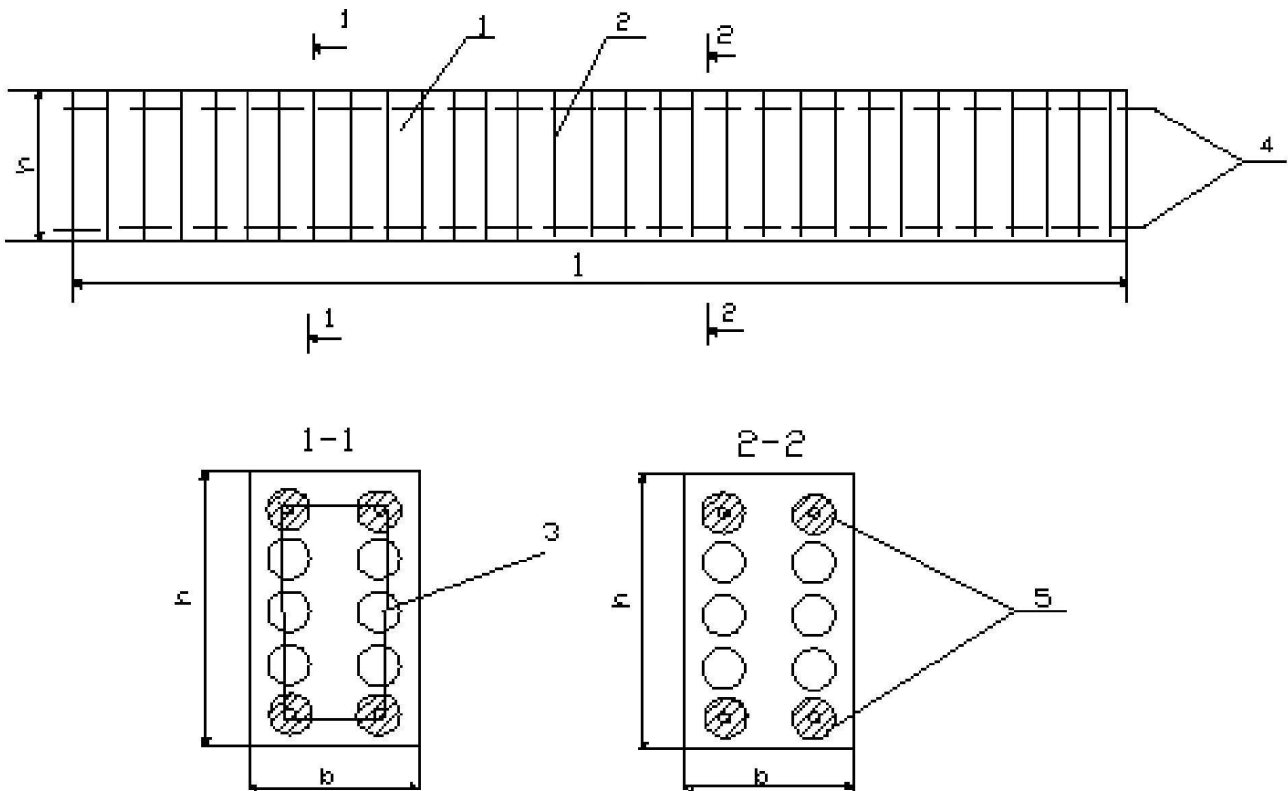
Прочность каменной кладки на сжатие в специальных экспериментах не проверялась, а расчетные величины приняты по СНиП II-22-81[2]: расчётное



а – перемычка заведена в кладку стены;

б – в кладку стены заведена лишь арматура

Рисунок 1 – Фрагменты стены с армокирпичными перемычками



1 – пустотные кирпичи; 2 – растворные швы; 3 – хомуты; 4 – продольная арматура; 5 – сквозные отверстия в кирпичах

Рисунок 2 – Опытная армикирпичная перемычка

сопротивление кладки сжатию  $R = 2,0$  МПа, при этом вносить различные поправки в эту величину не требуется. Расчетное сопротивление срезу по неперевязанному сечению (касательное сцепление)  $R_{sq} = 0,16$  МПа.

Временное сопротивление (средний предел прочности) сжатию кладки составит [2]  $R_U = 2,0 \cdot 2,0 = 4,0$  МПа. Упругую характеристику неармированной кладки с определенной условностью можно принять  $\alpha = 1000$ . Для кладки с некоторой осторожностью вычислим  $R_{SKU} = kR = 2,0 \cdot 2,0 = 4,0$  МПа. Тогда упругая характеристика кладки составит

$$\alpha = \alpha R_U / R_{SKU} = 1000 \text{ и } E_0 = \alpha R_{SKU} = 1000 \cdot 4 = 4000 \text{ МПа.}$$

Расчёт прочности по нормальным сечениям

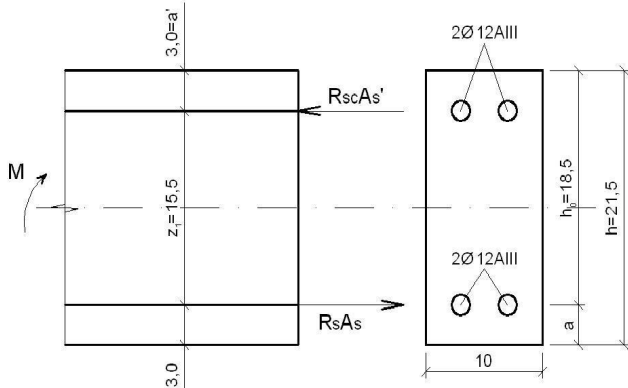


Рисунок 3 – Усилия в нормальном сечении перемычки

Как видно, перемычка армирована симметричной продольной арматурой, выполненной из стали одного

класса (А-III), поэтому можно записать, что

$$R_s A_s = R_{sc} A_s'$$

В этом случае высота сжатой зоны оказывается равной нулю ( $x = 0$ ), а прочность по нормальному сечению определяется условием

$$M \leq R_s A_s (h_0 - a'). \quad (1)$$

Часто в экспериментах более точный результат можно получить, принимая нормативные сопротивления арматуры, т.е. вместо  $R_s$  значение  $R_{sn} = 390$  МПа. Тогда формула (1) преобразуется к виду

$$M_u \leq R_{sn} A_s (h_0 - a'). \quad (2)$$

При сделанных предположках правая часть неравенства (2) будет равна  $390 \cdot 2,26 \cdot (18,5 - 3) \cdot 100^* = 1366170 \text{ Н см} = 13,66 \text{ кНм}$  ( $100^*$  – коэффициент приведения размерностей).

В силу ряда причин схема испытания была принята по рис. 4.

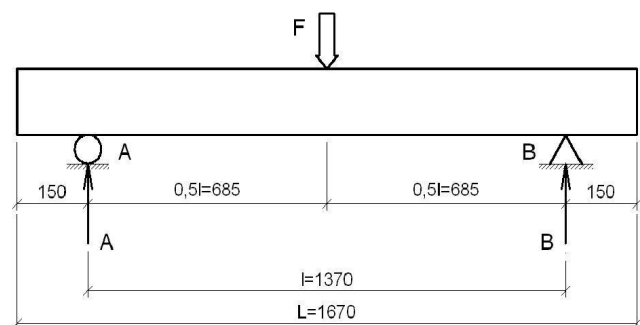


Рисунок 4 – Расчетная схема перемычки

При выбранной расчётной схеме наибольший изгибающий момент составит

$$M = A_0,5l = 0,5F_0,5l = 0,25Fl. \quad (3)$$

Но наибольший изгибающий момент равен  $M = 13,66$  кНм, следовательно разрушающее усилие составит

$$F_{ult} = 2A = 13,66/0,25 \cdot 1,37 = 39,88 \approx 40 \text{ кН (4 тс)}.$$

Аналогов полученной опытной конструкции в литературе не было обнаружено, что делало необходимым проведение испытания пробной нагрузкой. Испытание проводилось по ГОСТ 8829-94, предназначенному для испытания нагружением железобетонных конструкций заводского изготовления.

При составлении программы испытания необходимо определить схему опирания конструкции, соответствующую расчётной схеме. В данном эксперименте длина опирания принята равной 300 мм ( $l_{an} = 30$  см, что больше длины анкеровки арматуры). Другие подробности схемы испытания (рис. 5) изложены в [1].

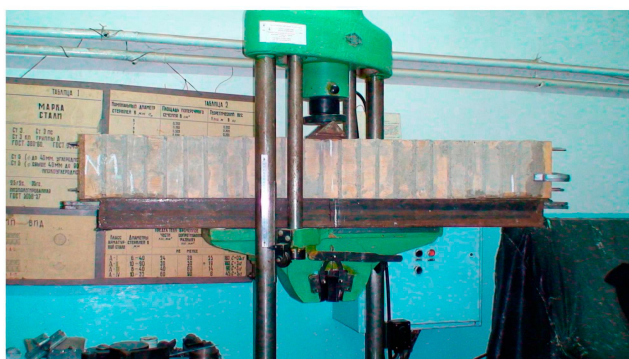


Рисунок 5 – Начальная стадия испытания

Как известно, существуют наружные (лицевые) и внутренние перемычки. Если наружные нагружены равномерно распределенной нагрузкой от собственной массы и массы вышележащих слоев лицевой кладки, то внутренние перемычки могут быть нагружены и сосредоточенными силами от балок (плит) перекрытия. Отличие в работе указанных конструкций состоит также в том, что в лицевых перемычках нежелательно наличие трещин при действии эксплуатационных нагрузок, тогда как во внутренних они допустимы ограниченной ширины раскрытия. Расчёты показали, что к лицевой перемычке будет приложена нагрузка порядка  $0,12 \cdot 1,3 \cdot 16 \text{ кН/м}^3 = 2,496 \text{ кН/м}$  (250 кгс/м). Данная величина была принята за контрольную нагрузку по трещиностойкости.

*Расчет по трещиностойкости нормальных трещин*

Момент сопротивления нормального сечения перемычки с учётом возможных проявлений пластических деформаций (коэффициент 2) можно вычислить по формуле:

$$W = 2bh^2 / 6 = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,215^2 = 0,009245 \text{ м}^3.$$

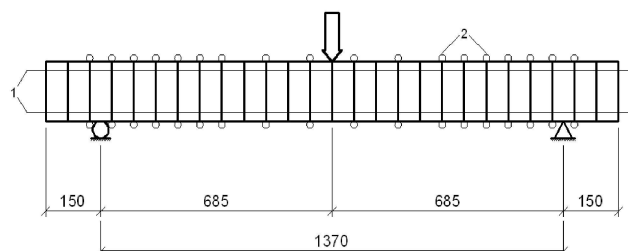
Нормативное сопротивление осевому растяжению  $R_t = 0,16$  МПа.

Расчётный момент образования нормальных трещин составит

$$M = WR_t = 0,009245 \cdot 0,16 = 0,001479 \text{ МН}\cdot\text{м} = 1,479 \text{ кН}\cdot\text{м} \approx 1,5 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

При схеме по рисунку 4  $F_{crs} = \frac{4 \cdot 1,5}{1,37} = 4,38 \text{ кН} = 438 \text{ кг}.$

По действующим нормам [2] проектирование элементов каменных конструкций, работающих на изгиб по неперевязанному сечению, не допускается. Однако данная конструкция является армокаменной с продольной и поперечной арматурой, что даёт основание отнести её к железобетонной конструкции. В [3] отмечается, что если в кладке необходима установка хомутов, расчет такой кладки производится в соответствии с указаниями СНиП 2.03.01-84. Схема армирования перемычки представлена на рис. 6.



1 – продольная арматура; 2 – поперечная

Рисунок 6 – Схема испытаний

Исходя из расчётных усилий образования нормальных трещин и общей разрушающей нагрузки, степень испытательной нагрузки была принята в 100 кгс (1 кН) с выдержкой на одной ступени не менее 3 мин, достаточных для проявления основных величин ползучести материалов. Ниже приводится журнал испытаний.

#### *Анализ результатов испытаний*

Первые этапы нагружения показали, что образования нормальных трещин не произошло при расчетной сосредоточенной силе  $F_{CRS} = 4,38$  кН. Не обнаружены нормальные трещины и при больших нагрузках (6,7,8,9,10 кН). При этом необходимо отметить хорошее заполнение пустот раствором вокруг продольной арматуры (рис. 7)

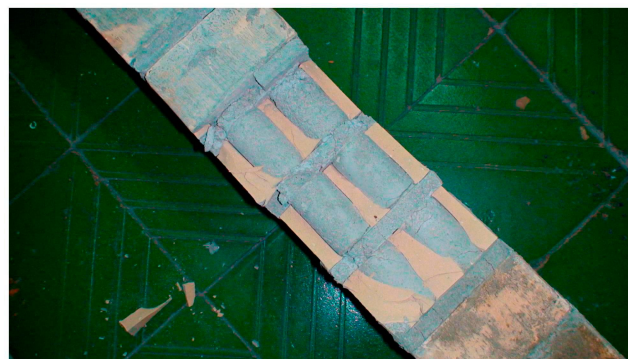


Рисунок 7 – Характер соединения продольной и поперечной арматуры с кирпичом

Эксперимент четко показал определяющее значение сопротивления балки по наклонному сечению.

Первая наклонная трещина шириной раскрытия 0,5-1,0 мм появилась при нагрузке 2200 кгс (22 кН) (рис. 8).

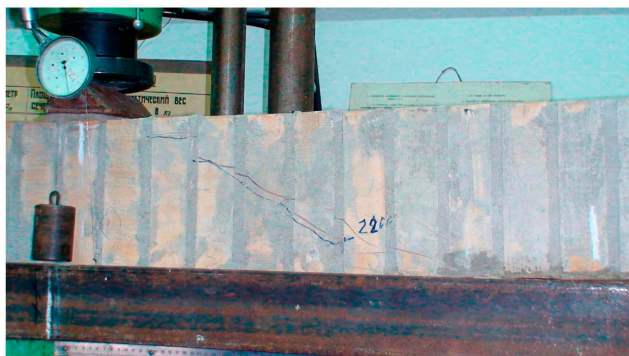


Рисунок 8 – Образование наклонной трещины шириной раскрытия 0,5-1,0мм

Полное разрушение произошло при нагрузке 2800 кгс (28 кН) как продолжение образовавшейся наклонной трещины (рис. 9).

В связи с полученным результатом расчёт прочности по наклонному сечению приобрёл решающее значение. В качестве первого приближения принята схема, предлагаемая СНиП 2.03.01-84\* (рис. 10).



Рисунок 9 – Разрушение армокирпичной перемычки

Следовательно, прочность перемычки по наклонному сечению на действие поперечной силы будет обеспечиваться соблюдением следующего условия:

$$Q \leq Q_B + Q_{SW}. \quad (4)$$

Вычислим:  $M_B = \varphi_{B2} R_{bt} b h_0^2 = 2,0 \cdot 0,16 \cdot 10 \cdot 18,5^2 = 1095 \text{ Н}\cdot\text{м}$  (здесь  $\varphi_{b2} = 2,0 = 2,0$  и  $R_{bt} = 0,16 \text{ МПа}$ ).

Вычислим:  $Q_b = \frac{M_B}{c} = \frac{1095}{0,625} = 1752 \text{ Н (175,2 кгс)}$ .

Журнал испытаний армокирпичной перемычки (изг. 29.12.2010)  
Дата 07.05.2010. Температура 19 °С

Время	Номер ступени	Величина нагрузки				Примечание
		F		M		
		кгс	кН	кгм	кН·м	
		0,0	0,0	0,0	0,0	
15-22-25	1	100	1	34,25	0,3425	
15-27-30	2	200	2	68,50	0,6850	
15-32-35	3	300	3	102,75	1,0275	Нормальных или наклонных трещин нет
15-37-39	4	400	4	137,0	1,370	
15-41-44	5	500	5	171,25	1,7125	Нормальных или наклонных трещин нет
15-46-49	6	600	6	205,5	2,055	
15-51-53	7	700	7	239,75	2,3975	
15-56-58	8	800	8	274,0	2,740	
15-60-62	9	900	9	308,25	3,0825	
15-64-67	10	1000	10	342,5	3,425	
16-00-03	11	1100	11	376,75	3,7675	
16-05-08	12	1200	12	411,0	4,110	Нормальных или наклонных трещин нет
16-10-13	13	1300	13	445,25	4,4525	
16-15-18	14	1400	14	479,5	4,795	
16-20-23	15	1500	15	513,75	5,1375	
16-25-28	16	1600	16	548,0	5,480	
16-30-33	17	1700	17	582,25	5,8225	
16-32-35	18	1800	18	616,5	6,165	Сильный треск внутри перемычки
16-37-40	19	1900	19	650,75	6,5075	
16-42-45	20	2000	20	685,0	6,850	Снова треск, но нормальных или наклонных трещин нет
16-47-50	21	2100	21	719,0	7,195	
16-52-55	22	2200	22	753,5	7,535	Треск и наклонные трещины 0,5-1,0 мм. Нормальных трещин нет
16-57-60	23	2300	23	787,75	7,8775	
17-00-03	24	2400	24	822,0	8,220	
17-05-08	25	2500	25	856,25	8,5625	
17-10-13	26	2600	26	860,5	8,905	Трещина на левой опоре
17-15-18	27	2700	27	924,75	9,2475	
17-20-23	28	2800	28	945,3	9,543	Полное разрушение по наклонному сечению
17-25-28	29	2900	29			Средняя величина смещения индикаторов на продольных стержнях концу испытаний составила 0,07-0,09 мм. Величина прогиба не превысила 1/200 пролета
17-30-33	30	3000	30			

Из экспериментов установлено, что образование наклонной трещины шириной раскрытия 0,5-1,0 мм произошло при нагрузке  $F_{dist} = 22,0$  кН (2220 кгс), т. е. разрушающая поперечная сила на опоре составит  $Q_{dist} = 11,0$  кН (1100 кгс). Следовательно на поперечные хомуты приходится

$$Q_{sw} = 11 - 1,752 = 9,248 \text{ кН (924,8 кгс)}.$$

При наличии в пределах наклонной трещины 5 пар хомутов, их несущая способность составит

$$R_{sw} A_{sw} \cdot 2 \cdot 5 = 590,0 \cdot 0,0177 \cdot 2 \cdot 5 = 10,44 \text{ кН (1044 кгс)}.$$

Полная несущая способность по наклонному сечению

$$Q_B + Q_{sw} = 1,752 + 10,443 = 12,195 \text{ кН (1219,5 кгс)} > Q_{dist} = 11 \text{ кН (1100 кгс)}.$$

Разница в расчётах и экспериментах равна

$$\Delta = \frac{12,0195 - 11,0}{11,0} \cdot 100\% = 10,86\%.$$

Близость результатов расчёта и эксперимента удовлетворительная, однако сдерживающим обстоятельством является единичность испытания. Для получения более надёжного результата необходимо увеличить количество испытываемых образцов.

#### Заключение

Испытания показали, что армиропичная перемычка обладает достаточно высокой несущей способностью – до 16 кН/м (1600 кгс/м) и трещиностойкостью. Факт высокой трещиностойкости по нормальным сечениям требует дополнительного исследования.

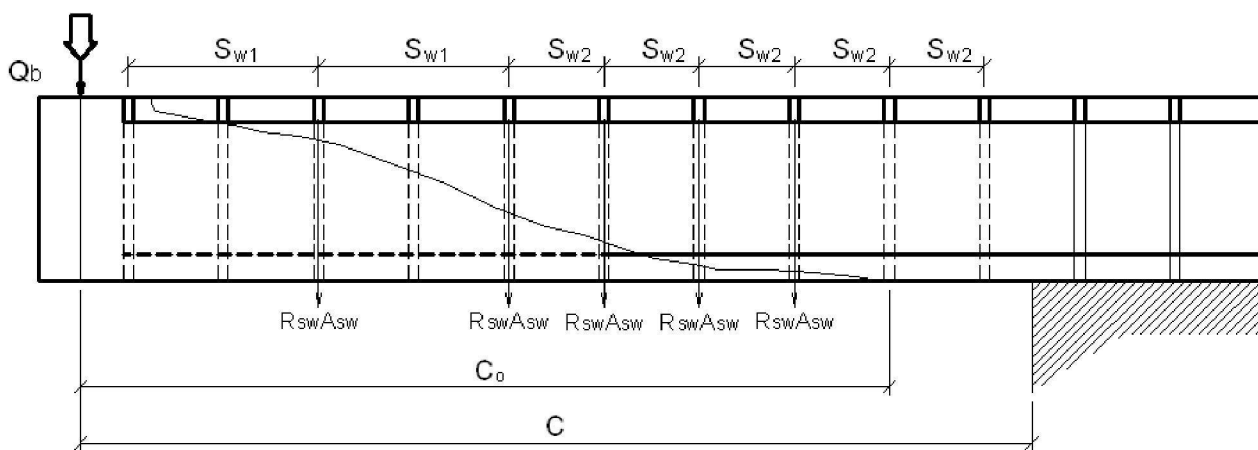


Рисунок 10 – Схема усилий в наклонном сечении при расчёте его на поперечную силу

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нэмен В.Н., Литвиненко В.А., Петренко С.И., Грознов В.В. Армокирпичная перемычка // Труды ун-та. 2009. № 9. С. 58-60.
2. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1983. 40 с.
3. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования»)/ ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. М., 1989. 152 с.
4. Розенбломас А.М. Каменные конструкции : учеб. пособие для студентов инженерно-строительных вузов и факультетов. М.: Высш. шк., 1964. 302 с.: ил.
5. Бедов А.И., Габитов А.И. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций : учеб. пособие. М.: АСВ, 2006. 558 с.

УДК 666.972.16

ШАРИПОВ С.М.,  
ДАЛЕНОВА Н.А.

### Организация производства серных плиток с использованием местных сырьевых материалов

С целью расширения сырьевой базы стройиндустрии, ассортимента строительных материалов и изделий специального назначения с использованием местных сырьевых материалов и энергетических ресурсов поставлена задача разработать технологию серобетонов и изделий на его основе. Традиционные технологические приемы получения серобетонов (способы модификаций, подбор составов, температуры, вида наполнителя) оказались недостаточно эффективными, возможно, вследствие того, что используемая в работе сера Тенгизского газоконденсатного завода характеризуется высокой степенью чистоты и требует

особого подхода при разработке технологии для получения качественных материалов на его основе [1].

Решение этого вопроса предлагается проведением совместного помола исходных сырьевых компонентов, при этом:

- улучшается размалываемость серы (снятие статической зарядки частиц), уменьшается пыление серы и повышается безопасность взрыва пыли;
- ракушечником адсорбируются и нейтрализуются возможные токсичные и пылевидные продукты;
- активизируется процесс полимеризации серы (снижение температуры и времени) при получении