



Рисунок 1 – 24-квартирный жилой дом с чердачным покрытием:  
а – фасад, б – план, в – разрез

На рисунке 1 представлен трехэтажный 24-квартирный жилой дом, которые возводят в хозяйствах восточной части Белорусского Полесья в настоящее время.

Основные конструкции зданий идентичны. Фундаменты – ленточные из сборных железобетонных плит, бетонных блоков и монолитного бетона. Стены технического подполья из сборных бетонных блоков. Наружные стены здания – из керамического кирпича с утеплением снаружи плитами пенополистирольными. Внутренние стены – из керамического кирпича. Стены лоджий и участки стен входа в здание – из керамического кирпича. Перегородки толщиной 65 и 120 мм – из кирпича керамического; толщиной 75 мм – из двух гипсокартонных листов толщиной по 12,5 мм каждый по металлическому каркасу, воздушный промежуток 50 мм между обшивками заполнен минераловатными плитами «БЕЛТЕП Лайт» ( $\sigma = 50 \text{ кг/м}^3$ ). Перегородки толщиной 200 мм – из блоков ячеистого бетона. Перекрытия – из железобетонных многопустотных плит. Лестницы – сборные железобетонные марши. Кровля – скатная, с деревянной стропильной системой и покрытием из металлочерепицы, либо совмещенная рулонная по утепленному перекрытию. Полы – линолеум, керамическая плитка, бетонные, грунтовые, цементно-песчаные на лоджиях.

С целью обеспечения доступа в дом маломобильных групп населения предусмотрены условия беспрепятственного их передвижения. Подъемы на крыльца входов в дом осуществляются по лестничным маршам и пандусам. Пандус крыльца запроектирован шириной 1,20 м, длиной 4,10 м и уклоном 1:10.

Набор квартир в доме – одно- и двухкомнатные. Дома данного типа рассчитаны на проживание одиноких, либо молодых семейных пар.

УДК 691

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ АРМИРОВАНИИ ПЛИТ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

*М. В. МАРКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Композитная полимерная арматура (АКП) не новый материал на строительном рынке. Впервые вопрос об изготовлении неметаллической арматуры из композитных материалов был затронут еще в середине XX века. Однако в те годы данная технология не получила широкого распространения

из-за высокой себестоимости готовой продукции. В наши дни ситуация меняется, учитывая рост цен на сталь и снижение – на полимерные связующие, что создаёт возможность более широкого внедрения АКП в конструктивные элементы зданий и сооружений.

Несмотря на ряд очевидных преимуществ композитной полимерной арматуры над металлической (основными из которых являются высокий предел прочности при растяжении и коррозионная стойкость), она обладает и существенным недостатком – низким модулем упругости (всего 50 ГПа для стеклопластиковых стержней, что в четыре раза меньше модуля упругости стали). Данная характеристика существенно ограничивает применение такой арматуры в ответственных строительных конструкциях. Поэтому основной задачей для широкого внедрения АКП является разработка способов увеличения её модуля упругости.

В [1] было предложено увеличить модуль упругости за счет размещения внутри АКП стальных стержней (в дальнейшем такие композитные арматурные стержни будем называть металлополимерными – АКМП). Исходя из того, что относительная деформация при растяжении стержня АКМП равна относительной деформации его элементов, работающих как единое целое, был получен модуль упругости АКМП

$$E_{мп} = E_{ст} \left( 1 + \frac{E_{п} A_{п}}{E_{ст} A_{ст}} \right) \frac{A_{ст}}{A_{мп}} = E_{п} \left( 1 + \frac{E_{ст} A_{ст}}{E_{п} A_{п}} \right) \frac{A_{п}}{A_{мп}}.$$

Здесь  $E_{ст}$ ,  $E_{п}$  – модули упругости стали и композитной полимерной оболочки;  $A_{ст}$ ,  $A_{п}$ ,  $A_{мп}$  – площади поперечного сечения стального стержня внутри АКМП, полимерной оболочки вокруг стального стержня и итогового металлополимерного стержня.

Преобразуем полученное выражение для определения модуля упругости АКМП через диаметр встраиваемого в него стального стержня

$$E_{мп} = \frac{A_{ст} E_{ст} + A_{п} E_{п}}{A_{мп}} = \left( \frac{D_{ст}}{D_{мп}} \right)^2 (E_{ст} - E_{п}) + E_{п},$$

где  $D_{ст}$ ,  $D_{мп}$  – диаметры стального и металлополимерного стержня соответственно.

Для количественной оценки значений модуля упругости композитной металлополимерной арматуры были рассмотрены различные составные сечения на основе оболочки из стеклопластикового композита: АКМП-СП – арматура композитная металлополимерная стеклопластиковая ( $E_{ст} = 200$  ГПа,  $E_{п} = 50$  ГПа) [2, с. 32], [3, с. 5]. Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значения модуля деформации АКМП-СП,  $E_{мп}$

В гигапаскалях

| Диаметр стального стержня<br>внутри АКМП-СП, мм | Диаметр стержня АКМП-СП, мм |     |     |     |     |     |     |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | 6                           | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  |
| 4   | 117                         | 88  | 74  | 67  | 62  | 59  | 57  |
| 5   | 154                         | 109 | 88  | 76  | 69  | 65  | 62  |
| 6   | –                           | 134 | 104 | 88  | 78  | 71  | 67  |
| 8   | –                           | –   | 146 | 117 | 99  | 88  | 80  |
| 10  | –                           | –   | –   | 154 | 127 | 109 | 96  |
| 12  | –                           | –   | –   | –   | 160 | 134 | 117 |
| 14  | –                           | –   | –   | –   | –   | 165 | 141 |

Для наглядной оценки работы АКМП в строительных конструкциях был рассмотрен расчёт плиты ленточного фундамента с различными значениями ширины при её армировании различными типами арматуры (стальной, АКП-СП и АКМП-СП (S1400)). При маркировке армирования АКМП-СП (S1400) – в скобках указывается диаметр внутреннего стального стержня (класс S1400).

Исходные данные для расчёта: высота плиты – 300 мм; бетон – С16/20; толщина опираемой на плиту стены – 400 мм; защитный слой арматуры  $c_{cov} = 45$  мм; значение нормативного давления, передаваемого на основание – 0,4 МПа (400 кПа); осреднённый коэффициент надёжности по нагрузке – 1,4; предел прочности при растяжении АКП-СП – 800 МПа [3, с. 5] (расчётное значение определяем при частном коэффициенте безопасности, равном 1,25). Результаты всех расчётов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения величины раскрытия трещин в зависимости от принятого армирования

В миллиметрах

| Ширина подошвы $b$ , мм | Тип арматуры |             |             |             |             |             |                 |             |
|-------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|
|                         | S500         |             | S800        |             | АКП-СП      |             | АКМП-СП (S1400) |             |
| 1000                    | 5Ø10         | 10Ø6        | 5Ø10        | 10Ø10       | 5Ø8         | 10Ø6        | –               |             |
|                         | –            | –           | –           | –           | –           | –           |                 |             |
| 1200                    | 5Ø12         | 10Ø10       | 5Ø10        | 10Ø10       | 5Ø10        | 10Ø8        | 5Ø10(4)         |             |
|                         | $wk = 0,07$  | $wk = 0,04$ | $wk = 0,13$ | $wk = 0,04$ | $wk = 0,53$ | $wk = 0,31$ | $wk = 0,36$     |             |
| 1400                    | 5Ø16         | 10Ø12       | 5Ø12        | 10Ø10       | 5Ø12        | 10Ø10       | 10Ø10(8)        | 10Ø12(8)    |
|                         | $wk = 0,32$  | $wk = 0,21$ | $wk = 0,72$ | $wk = 0,34$ | $wk = 2,90$ | $wk = 1,35$ | $wk = 0,46$     | $wk = 0,35$ |

Предельно допустимая величина раскрытия трещин  $w_{lim}$  в свою очередь для элементов фундаментов, армированных стальной арматурой (класс среды по условиям эксплуатации – ХС2) составляет 0,3 мм; армированных композитной арматурой (класс среды по условиям эксплуатации – ХО, так как отсутствует риск коррозии арматуры от воздействия грунтовых вод) – 0,4 мм [2, с. 18; 14].

**Выводы.** 1 Из таблицы 2 видно, что применение АКП-СП и АКМП-СП позволят уменьшить процент армирования фундаментной плиты по сравнению с применением стальной арматуры S500.

2 Применение АКП-СП допустимо лишь для ленточных фундаментов шириной 1,0 м и 1,2 м, учитывая выполнение условия  $w_k \leq w_{lim}$ . Поэтому подошвы ленточных фундаментов шириной 1,4 м предлагается армировать АКМП-СП для выполнения условия по величине раскрытия трещин.

3 Учитывая, что в настоящее время стоимость стальной арматуры и АКП-СП примерно одинакова, использование АКМП-СП для армирования ленточных фундаментов имеет явные преимущества.

#### Список литературы

1 Талецкий, В. В. Увеличение модуля упругости стеклопластиковой арматуры / В. В. Талецкий // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : сборник научно-технических статей (материалы научно-методического семинара), 22–23 мая 2013 г. В 2 ч. Ч. 1 / редкол.: В. Ф. Зверев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 130–136.

2 СНБ 5.03.01–02. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. – Взамен СНиП 2.03.01-84\*; введ. 2003-07-01. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2003. – 139 с.

3 ТУ 2296-001-30604955–2012. Арматура композитная полимерная. Технические условия. – Введ. 2012-10-15. – СПб. : ООО «Пласт-Композит», 2012. – 14 с.

УДК 691.328.43

## КЕРАМЗИТОБЕТОН, АРМИРОВАННЫЙ ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, Р. П. СЕМЕНЮК, М. Ю. ДАШКЕВИЧ  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь

Применение полимерных волокон для дисперсного армирования тела бетона позволяет повысить его сопротивление ударным и взрывным нагрузкам [1]. Армирование легких бетонов полимерной фиброй может оказаться более эффективным по сравнению с тяжелым бетоном, потому что, во-первых, легкие бетоны имеют значительно более высокие значения пределов микротрещинообразования, а дисперсное армирование позволит улучшить эти показатели, а во-вторых, применение полимерной фибры повышает водонепроницаемость бетона, что особенно актуально при использовании пористых заполнителей.

Поскольку полимерная фибра обладает низким модулем упругости, значительно меньшим по сравнению с модулем упругости тяжелого бетона, принято считать, что подобное армирование незначительно влияет на прочность бетона [1, 2]. Однако модуль упругости легкого бетона существенно ниже в сравнении с бетонами на плотных заполнителях: согласно EN 1992 для расчета модуля упругости легких бетонов применяется понижающий коэффициент  $(\rho/2200)^2$ , где  $\rho$  – расчетная плотность. Таким образом, значение понижающего коэффициента составляет 0,228–0,868, т. е. для бетонов с небольшой плотностью применение полимерной фибры будет более эффективно, т. к. разница в значении модулей упругости бетона и армирующих элементов не будет значительной.