

### Список цитированных источников.

1. Gawin D. Modelowanie sprzężonych zjawisk ciepło-wilgotnościowych w materiałach i elementach budowlanych. / D. Gawin // Rozprawy Naukowe. – Łódź, 2000. – z. 279. – 303 s.
2. Низовцев, М. И. Расчетно-экспериментальные исследования энергоэффективных элементов ограждающих конструкций и климатического оборудования зданий: (автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора техн. наук) / М. И. Низовцев // Тюмень, 2009. – 39с.
3. Никитин, В. И. Зависимости для расчета теплопроводности влажных капиллярно-пористых стеновых материалов / В. И. Никитин, С. К. Никитин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2022. – № 2: Строительство – С. 32–40.

**Павлова И. П.**

## ПОЛИАРМИРОВАННЫЙ ФИБРОБЕТОН НА НАПРЯГАЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ

Базируясь на постулатах *полиструктурной теории*, бетонный композит можно представить в виде сложноорганизованной структуры типа «композит в композите». Иерархия структуры композита рассматривается от макро- до микроуровня через призму протекающих процессов структурообразования, с учетом индивидуальных характеристик каждого компонента, а также иных взаимодействий элементов и структур [1–3].

Одним из способов модифицирования бетона является дисперсное армирование. Такое армирование позволяет решать различного рода задачи, такие как снижение расхода арматуры в конструкциях, повышение прочности бетона на растяжение, увеличение времени сопротивления трещинообразованию, ударной вязкости и других физико-механических характеристик композита. Широкое применение при производстве фибробетонов нашли стальная, полипропиленовая, базальтовая, стеклянная фибры. Выбор типа армирующих волокон определяется свойствами, которые планируется улучшить. Так, принято разделять волокна на два типа: низко модульные (полиэтиленовые, полипропиленовые) с большим относительным удлинением при разрыве и высоко модульные (стальные, стеклянные). Использование первых позволяет увеличить ударную вязкость бетона, вторых – повысить прочность бетона на растяжение и жесткость [4]. В целом эффект от применения дисперсного армирования зависит не только от типа фиброволокон, но и от их ориентации и анкеровки в объеме бетона, а также химической устойчивости к продуктам гидратации цементных вяжущих [4].

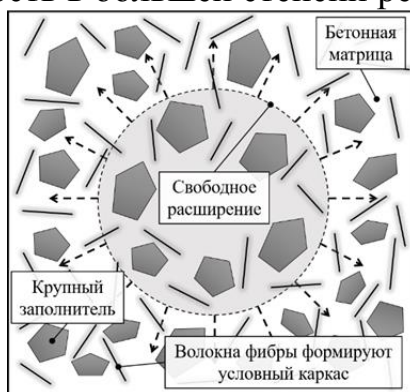
Наряду с моноармированием, известен метод полиармирования. Его сущность заключается в применении нескольких видов фибры, будь то разные материалы, размеры и т. п. В данном случае следует рассматривать способ полиармирования как многоуровневое – поэтапное армирование основных уровней бетона – субмикро-, микро-, мезо- и макроуровня [5].

Важнейшим преимуществом *многоуровневого армирования* является его способность создавать противостояние росту и развитию дефектов, начиная от субмикро- до макротрещин [6]. В отличие от моноармирования, синергетический эффект от усиления каждого уровня способен значительно повысить вяз-

кость разрушения бетона и его трещиностойкость и, в то же время, прочность на сжатие и растяжение при изгибе [4,6].

Модифицированные дисперсным армированием бетоны во многом превосходят традиционные бетоны. Несмотря на это, внедрение дополнительного материала в бетон влечет за собой определённые трудности. Помимо сложностей, возникающих на стадии изготовления дисперсно-армированного бетона (неравномерное распределение волокон в объеме, комкование с образованием «ежей» и др.), существенной проблемой фибробетона является сцепление бетона с армирующими волокнами. Большинство фибр обладает низкой адгезионной способностью, и как следствие, разуплотняет и без того неоднородную структуру бетона (эффект «карандаша в стакане»), создавая дополнительные концентраторы напряжений. Несмотря на предусматриваемые анкерные загибы, периодичность профиля или другие мероприятия, зачастую на стадии, следующей за образованием магистральной трещины в бетоне, высокомодульные волокна проскальзывают и происходит выдергивание из тела бетонной матрицы. То есть потенциал армирования не реализован в полной мере и итоговые значения прочностных и деформационных характеристик не удовлетворяют ожидаемым.

Ввиду особенности напрягающего бетона, в ходе свободного расширения создавать *самонапряжение* в ограничивающих его элементах, вопрос дисперсного армирования такого бетона раскрывается с новой стороны. Впервые предложено совместить идею многоуровневого армирования с концепцией фибры – как объемного ограничителя в напрягающем бетоне (см. рисунок 1). Такой подход одновременно действует в нескольких направлениях: расширяясь, напрягающий бетон при оптимальной концентрации фибры создает обжатие волокон, предотвращая эффект «карандаша в стакане»; в то же время, фибра, создавая пространственный каркас, способна сдерживать напряжения расширяющейся системы; при этом повышаются прочностные характеристики матрицы, что при разрушении дает возможность в большей степени реализоваться волокнам.



**Рисунок 1 – Схема фрагмента напрягающего бетона с дисперсным армированием**

#### **Список цитированных источников**

1. Соломатов, В. И. Полиструктурная теория композиционных строительных материалов / В. И. Соломатов, В. Н. Выровой, В. П. Селяев. – Ташкент : Издательство "Фан" АН Республики Узбекистан, 1991. – 345 с.
2. Чернышов, Е. М. Неоднородность структуры и сопротивление разрушению конгломератных строительных композитов: вопросы материаловедческого обобщения и развития тео-

рии : Монография / Е. М. Чернышов, Е. И. Дьяченко, А. И. Макеев ; под общей редакцией Е. М. Чернышова. – Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. – 98 с.

3. Выровой, В. Н. Моделирование и оптимизация процессов структурообразования композиционных материалов / В. Н. Выровой, А. Б. Абдыкалыков. – Киев : Об-во "Знание" УССР, 1985. – 16 с.

4. Рабинович, Ф. Н. Дисперсно армированные бетоны– М. : Стройиздат.– 1989. –174 с.

5. Рабинович, Ф. Н. Об уровнях дисперсности армирования бетонов / Ф. Н. Рабинович // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1981.– № 11. – С. 30–36.

6. Панченко, Л. А. Многоуровневое армирование конгломератов / Л. А. Панченко, А. Г. Юрьев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 1. – С. 57–59.

*Панасюк В. В.*

## АНАЛИЗ ТИПОВ СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРНЫХ ИЗДЕЛИЙ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

**Введение.** Анализ данных стоимости энергоносителей за последние годы показывает их динамичный рост, что отражается на себестоимости выпускаемой продукции. Внедрение энергосберегающих технологий при изготовлении железобетонных изделий связаны с расчетом сварных стыковых соединений.

Проанализировав процентное соотношение типов соединений арматуры заводов по производству железобетона, расположенных на территории Республики Беларусь, следует, что большинство арматурных соединений производятся при помощи сварки, что подтверждает актуальность вопроса выбранной темы.

### **Материалы и методы.**

Для проведения испытаний опытных образцов при изучении влияния типов соединения продольной и поперечной арматуры на параметры прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов (в каркасах с нормированной прочностью) были запроектированы и изготовлены железобетонные балки прямоугольного сечения с размерами сечения 140×300 мм, длиной 1750 мм.

**Результаты и обсуждение.** Расход электроэнергии при производстве железобетонных конструкций зависит от нескольких параметров, которые нормируются при контактно точечной сварке: силе тока, времени сварки, силе давления на стержни, качества электрода.

Каждый из типов соединения арматуры находит свое применение в зависимости от специфики объекта (поставленной задачи), проектного решения, требований к соединению, а также от иных факторов, имеет свои достоинства и недостатки.

Типы соединений арматурных стержней подразделяются на две группы:

– Сварные соединения с нормированной прочностью (сварное соединение, воспринимающее и передающее проектную нагрузку стержням арматуры или стержням арматуры и стальному прокату). К примеру, сетки с типами соединений К1 и К2 [1].