

М.С. Горохов
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ФИБРОБЕТОНА

Фибробетон рассматривается как перспективный материал для судов из железобетона, поэтому его качества как судостроительного материала представляют значительный интерес.

С целью уточнения методики расчета ширины раскрытия трещин в сталефибробетонных судовых корпусных конструкциях с комбинированным армированием были проведены испытания опытных образцов-плит, моделирующие характер работы наружной обшивки железобетонного корпуса судна [1]. Экспериментальное исследование процесса трещинообразования в фибробетоне проводилось при четырех типах фибры – стальной анкерной длиной 60 и 30 мм, базальтовой и синтетической. По результатам испытаний была построена зависимость ширины раскрытия трещин от действующего изгибающего момента для всех типов опытных образцов. Осредненные значения ширины раскрытия трещин для каждого типа фибры и действующие изгибающие моменты представлены на рисунке 1.

Анализ полученных зависимостей позволил сделать вывод о том, что наилучшую стойкость к образованию трещин и наименьшую ширину их раскрытия имеют образцы, армированные стальной анкерной фиброй длиной 60 мм. Данная фибра, как наилучшая с точки зрения трещиностойкости и технологичности рекомендуется к применению. Для решения задач практического использования сталефибробетона необходима методика расчета его трещиностойкости при различных вариантах действия нагрузки и конструктивных особенностях.

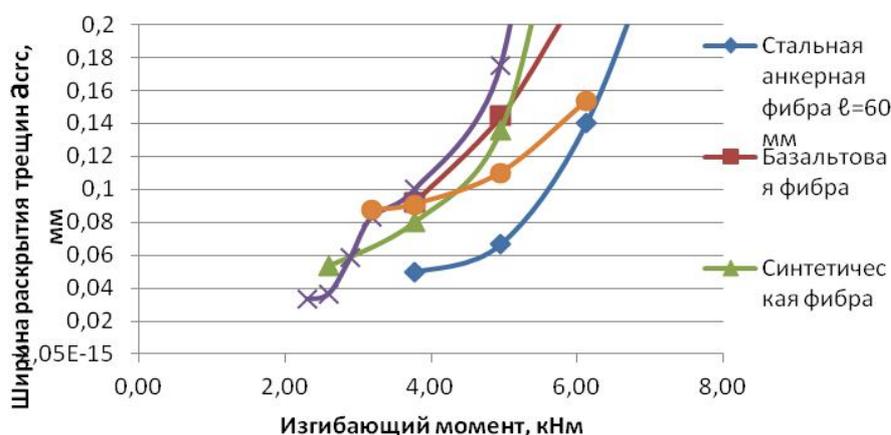


Рис. 1. Экспериментальная зависимость ширины раскрытия трещин от изгибающего момента для различных типов фибры

В настоящее время известна методика НИИЖБ, приведенная в СП 52-104-2006* [2] для расчета ширины раскрытия трещин в фибробетоне с различными типами фибры. В соответствии с ней, ширина раскрытия трещины определяется по формуле:

$$a_{\text{крс}} = \delta \varphi_1 \eta_{\text{fl}} \eta_{\text{red}} (\sigma_f / E_f) 20 (3,5 - 100 \mu_{\text{red}}) \sqrt[3]{d_{\text{red}}} \quad (1)$$

В основе методики [2] лежат положения СНиП 2.03.01-84 [4] и СНиП 2.03.03-85 [5], основанные на эмпирических данных, и исследованиях Ф.Н. Рабиновича проведенных в ЦНИИПромзданий.

На рис. 2 приведен график зависимости ширины раскрытия трещин от действующих напряжений, полученные расчетом и экспериментальная кривая. Кроме того, учитывая, что коэффициент влияния фибрового армирования, μ_{fl} может быть определен по методике СП 52-104-2006* [2] и по методике, предложенной Ф.Н Рабиновичем [3].

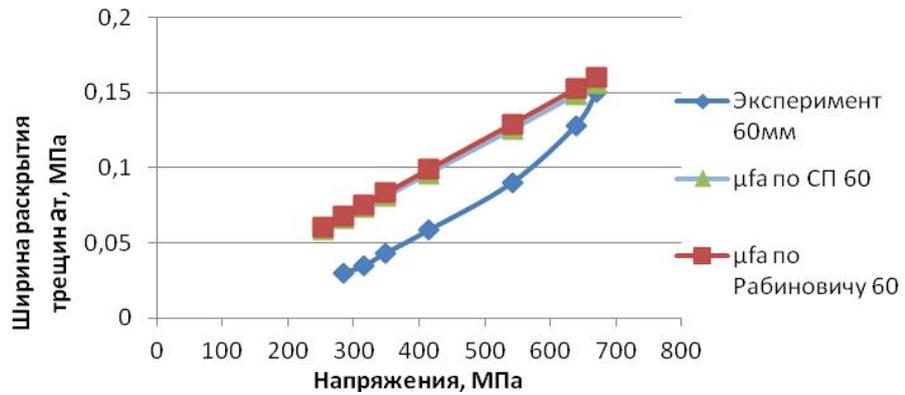


Рис. 2. Экспериментальная и теоретическая зависимости ширины раскрытия трещин от действующих напряжений в крайнем растянутом волокне

Из графика видно, что ширина раскрытия трещин, полученная при расчете μ_{fl} по методике [2], более близка к экспериментальным данным, однако ее разница со значениями, полученными по методике [3], незначительна. Также стоит отметить, что формула расчета μ_{fa} в [3] выглядит более обоснованной с точки зрения характера работы композита, так как учитывает влияние механизма анкеровки фибры в бетонной матрице. Однако дальнейший анализ и расчет выполнялся по методике [2], т.к. предлагаемая в ней формула расчета μ_{fa} удобнее в использовании.

Из приведенного на рисунке 2 графика видно, что при значениях действующих напряжений до 670 МПа, соответствующих изгибающему моменту 6,13 кНм, теоретические значения превосходят действительные почти в 2 раза. Отмеченное расхождение результатов есть следствие несовершенства методики [2] в части учета особенностей механизма раскрытия трещин в судокорпусных конструкциях с комбинированным армированием. Эти конструкции являются тонкостенными по сравнению с железобетонными конструкциями, используемыми в гражданском строительстве, что оказывает существенное влияние на характер распределения фибры и структуру бетона. Кроме того, методика [2] не включает в себя возможность анализа трещиностойкости композита со стальной анкерной фиброй длиной 60 мм. Для уточнения характера изменения значений ширины раскрытия трещин процесс трещинообразования предлагается рассматривать состоящим из трех стадий работы композита (рисунок 3). Такой подход более точно отражает реальную физическую картину трещинообразования в сечении с комбинированным армированием.

Первая стадия работы композита характеризуется появлением первых трещин и началом активного трещинообразования на растянутой бетонной поверхности. Растягивающие усилия в сечении превосходят прочность матричного бетона на растяжение. Начинают развиваться пластические деформации. Фибры надежно заанкерены в бетоне матрицы и потеря сцепления на границе контакта бетона и металла фибр не происходит. Данная стадия работы композита является упруго-пластической. При дальнейшем увеличении нагрузки завершается процесс образования трещин на бетонной поверхности, новые трещины не образуются и композит переходит во вторую стадию работы – пластическую.

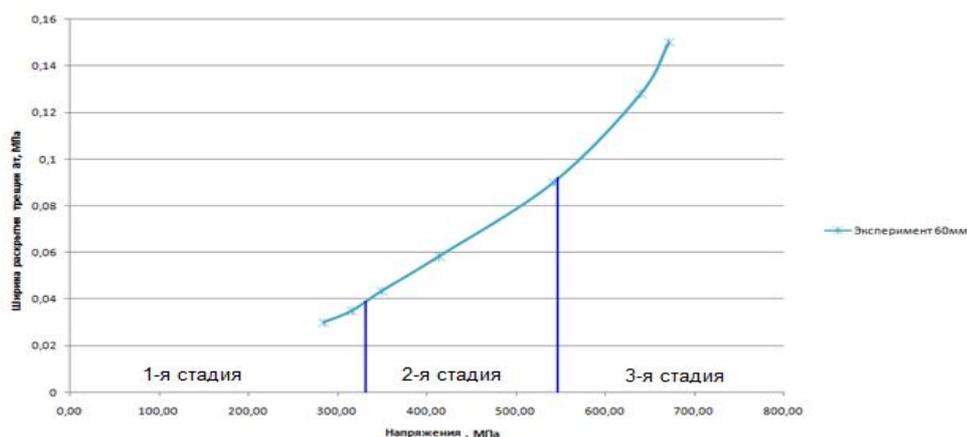


Рис. 3. Стадии работы сталефибробетонного композита

На второй стадии работы происходит активное увеличение ширины раскрытия образовавшихся трещин в композите. Растягивающие усилия активно воспринимаются фибрами, пересекающими впадины трещин. В зоне трещин усилия воспринимаются фибробетонным композитом и арматурными стержнями. Начало второй стадии работы композита характеризуется наступлением момента начала потери сцепления в контактной зоне поверхности фибры и окружающей ее бетонной матрице. Действующие на поверхности фибр касательные напряжения превосходят напряжения сцепления в контактной зоне и начинается процесс выдергивания фибры из бетона. В нашем случае вторая стадия работы композита наступает при нормальных растягивающих напряжениях $\sigma_f = 330$ МПа.

Третья стадия работы композита характеризуется достижением предельного состояния прочности сталефибробетонного сечения на растяжение при изгибе. Дальнейшее развитие трещин происходит вследствие выдергивания и частичного разрыва фибры последовательно по высоте сечения. При дальнейшем увеличении внешней нагрузки происходит образование сквозных трещин и наступает разрушение конструкции. Данная стадия характеризуется пластическим характером работы композита.

На представленной выше диаграмме экспериментальных значений ширины раскрытия трещин третья стадия работы композита наступает при напряжениях в крайних растянутых волокнах сечения порядка 540 МПа, при которых происходит изменение кривизны кривой на графике и существенное ускорение развития трещин, вплоть до разрушения конструкции. Данная точка изменения характера роста диаграммы характеризуется процессом интенсивного выдергивания фибры из тела бетона-матрицы. Происходит это из-за того, что анкеровка фибры в бетоне-матрице класса В30 недостаточна и сопротивление растяжению сталефибробетона будет исчерпываться из-за выдергивания условно всех фибр из бетона. В реальных же условиях механизм выдергивания фибры из бетонной матрицы довольно сложный и строго описать характер взаимодействия заанкеренной фибры в матрице в настоящее время довольно проблематично из-за отсутствия серьезных исследований этого процесса, что является следствием технических трудностей проведения эксперимента. Известно, что выдергивание фибры из матрицы сопровождается смятием бетона, окружающего анкерный крючок фибры, и одновременным распрямлением загибов данного крючка.

Исходя из приведенного выше анализа стадий работы композита с точки зрения трещинообразования, во-первых, следует учесть особенность работы фибры в судовых конструкциях (плитах). Высота их поперечного сечения небольшая, что создает предпосылки для более благоприятной ориентации фибр в плоскости плиты и повышает насыщенность сечения композита стержневой арматурой. Это в конечном итоге

приводит к уменьшению коэффициента $\eta_{п}$, учитывающего влияние фибрового армирования. Значения параметра m , входящего в расчетную формулу коэффициента $\eta_{п}$, исходя из анализа полученных экспериментальных данных и стадии работы композита, предлагается определять по следующим выражениям:

$$\text{если } 0 < \sigma_f \leq 330 \text{ МПа, } m = \left[\frac{d_{f,red}^2 (\mu_{fa} + \mu_s)}{\mu_{fa}^2 A} + 0,8 \right]^{-1};$$

$$\text{если } 330 < \sigma_f \leq 540 \text{ МПа, } m = \left[\frac{20d_{f,red}^2 (\mu_{fa} + 2\mu_s)}{\mu_{fa}^2 A} + 1 \right]^{-1};$$

$$\text{если } 540 < \sigma_f \text{ МПа, } m = \left[\frac{20d_{f,red}^2 (\mu_{fa} + 2\mu_s)}{\mu_{fa}^2 A} + 1 \right]^{-1}.$$

Кроме того, учитывая отмеченные выше особенности работы анкерной стальной фибры в судовых конструкциях на разных стадиях трещинообразования, что влияет на напряжения в крайнем растянутом волокне изгибаемой композитной плиты, предлагается корректировать его величину введением следующих коэффициентов:

$$\text{если } 0 < \sigma_f \leq 330 \text{ МПа, } K_{\sigma} = (0,0014\sigma_f + 0,22);$$

$$\text{если } 330 < \sigma_f \leq 540 \text{ МПа, } K_{\sigma} = (0,0015\sigma_f + 0,22)$$

$$\text{если } 540 < \sigma_f \text{ МПа, } K_{\sigma} = (0,0022\sigma_f - 0,15)$$

Для проверки сходимости значений, полученных по предлагаемой методике, отличающейся от [2] введением коэффициента K_{σ} и способом расчета параметра m , с экспериментальными данными, выполнен расчет ширины раскрытия трещин для опытных образцов-плит. Результаты расчета представлены на рисунке 4.

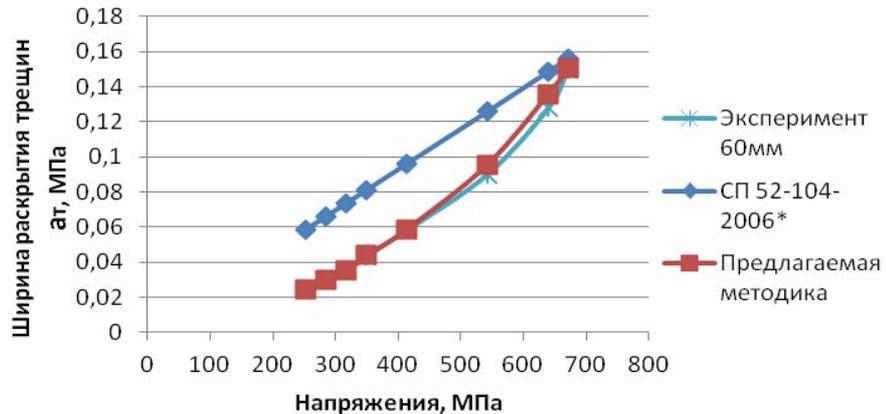


Рис. 4. Ширина раскрытия трещин в плите опытного образца

Как видно из рисунка 4 разработанная методика расчета ширины раскрытия трещин имеет достаточно хорошую сходимость с экспериментальными данными и более точно учитывает характер работы сталефибробетонной корпусной конструкции армированной стальной анкерной фиброй длиной 60 мм типа «HENDIX» при восприятии изгибающего момента.

Список литературы:

- [1] Горохов М.С. Влияние параметров дисперсного армирования на трещиностойкость судовых конструкций из фибробетона // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова.– 2014. Вып.1.– С. 68–73.
- [2] СП 52-104-2006* Сталефибробетонные конструкции. М.: НИИЖБ и ОАО «НИЦ «Строительство», 2010. 68 С.
- [3] Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории проектирования, технологии, конструкции. М.: Издательство АСВ, 2004. С.560
- [4] СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1989. 80 С.
- [5] СНиП 2.03.03-85* Армоцементные конструкции. М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1986. 51 С.

С.В. Давыдова
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ КАФЕДРЫ

Целью любого образовательного учреждения является: качественное обеспечение учебного процесса, облегчение получения актуальной информации о своем учреждении, увеличение учащихся заинтересованных именно этим образовательным учреждением, упрощения связи, доступа к ресурсам.

Одним из вариантов исполнения поставленных целей является сайт в Интернет сети. Интернет-сайт кафедры обеспечивает обработку данных для ведения электронной документации. Под обработкой понимается ввод, изменение, хранение информации, а также формирование отчетов и запросов по данным, для формирования у посетителей сайта представления о практической работе кафедры.

С этой целью был разработан веб-сайт для кафедры «Проектирование и технология постройки судов» Волжской Государственной Академии Водного Транспорта (ВГАВТ). Основные задачи сайта:

- круглосуточное предоставление актуальной информации посетителям сайта, студентам, абитуриентам и сотрудникам кафедры;
- сокращение расходов на другие виды рекламы;
- обеспечение бесплатной и высокоинформативной обратной связью.
- хранение конфиденциальной информации для сотрудников кафедры.

Можно сказать, что сайт дает возможность кафедре поддерживать старые и устанавливать новые связи со студентами и абитуриентами; информация на сайте является очень эффективной рекламой и может предоставить обширную информацию о деятельности кафедры, о ее возможностях и процессе обучения. Сайт работает круглосуточно и требует минимальных затрат на свое содержание; развитый сайт дает возможность сотрудникам иметь еще один канал связи со студентами, а так же их родителями; создание сайта повысит уровень качества образования и потенциальную аудиторию студентов.

У пользователей сайта, в том числе и студентов, должна быть возможность просмотра: интересующего их расписания, информации о преподавателях и предметах, которые будут у них идти, методической литературы и проектов судов, событий и новостей кафедры. Так же студенты кафедры смогут найти информацию о успеваемости. Для сотрудников кафедры обеспечен отдельный доступ на сайт через логин и пароль.