

MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Construcții, Geodezie și Cadastru

Departamentul Inginerie Civilă și Geodezie

Admis la susținere:

Șef departament ICG, conf. univ., dr.

\_\_\_\_\_ A. Taranenco

“ ” \_\_\_\_\_ 2023

# Studiul privind eficiența utilizării betonului armat cu fibre la realizarea elementelor încovoiate

Teză de master

Student: \_\_\_\_\_ Bogdan Maxim, IS-2101M

Conducător: \_\_\_\_\_ Țibichi Viorica, conf. univ., dr.

Chișinău, 2023

## **Резюме**

Богдан Максим. Эффективное использование фибробетона в изгибающих элементах. В данной работе изучалось эффективно ли использовать фибробетон в изгибающих элементах. Выполнился расчёт по самой нагруженной балки из девятиэтажного здания, все значения сил были взяты с программы SCAD OFFICE. Для понятия эффективности использования фибробетона в изгибаемых элементах, было сделано сравнение между железобетонной балки и балки сделанной из фибробетона, а также была проведена параллель между классами и сечениями.

Диссертация состоит из вступления, 3 глав, вывода, библиографии и приложения. Работа состоит из 51 страниц, 16 рисунков, 8 таблиц. Библиография состоит из 6 источников. Приложение диссертации состоит из 16 страниц, из которых 2 рисунка и 5 таблиц. В приложении указаны результаты, полученные с приложения SCAD OFFICE для расчёта балки.

**Ключевые слова:** Фибробетон, изгибаемый элемент, предельное состояние.

## **REZUMAT**

Bogdan Maxim. Studiul privind eficiența utilizării betonului armat cu fibre la realizarea elementelor încovoiate. În această lucrare, s-a studiat eficiența utilizării betonului armat cu fibre în elementele solicitate la încovoiere. S-a efectuat calculul celei mai solicitate grinzi din cadrul clădirii cu 9 etaje, eforturile căreia au fost obținute în programul SCAD OFFICE. Pentru a estima eficiența utilizării betonului armat cu fibre în construcții, s-a făcut comparația comportării grinzii din beton armat și a celei beton armat cu fibre, pentru diferite clase ale betonului, diferite dimensiuni ale secțiunii acesteia. Calculul s-a efectuat la starea limită ultimă și la starea limită de serviciu.

Teza este compusă din introducere, 3 capitole, concluzii, bibliografie și o anexă. Lucrarea conține 51 pagini (fără anexă), 16 figuri și 8 tabele. Bibliografia constă din 6 surse de referință. Anexa tezei de master cuprinde 16 pagini, 2 figuri și 5 tabel. În cadrul anexei sunt reprezentate rezultatele calculelor numerice, care se referă la studiile de caz.

**Cuvinte-cheie:** Beton armat cu fibre, elemente încovoiate, stare limită.

## **Summary**

Bogdan Maxim. Effective use of fiber-reinforced concrete in bending elements. In this work, it was studied whether it is effective to use fiber-reinforced concrete in bending elements. The calculation was performed for the most loaded beam from a nine-story building, all force values were taken from the SCAD OFFICE program. In order to understand the effectiveness of the use of fiber reinforced concrete in bending elements, a comparison was made between a reinforced concrete beam and a beam made of fiber reinforced concrete, and a parallel was drawn between classes and sections.

The dissertation consists of an introduction, 3 chapters, conclusion, bibliography and appendix. The work consists of 51 pages, 16 figures, 8 tables. The bibliography consists of 6 sources. The application of the dissertation consists of 16 pages, of which 2 figures and 5 tables. The appendix shows the results obtained from the SCAD OFFICE application for beam analysis.

**Key words:** Fiber-reinforced concrete, bending element, limit state.

## Содержание

Изучение фибробетона как вид материала .....	7
1.1.    Общая информация.....	8
1.2.    Характеристика по классам фибробетона.....	9
1.3.    Огнестойкость фибробетона.....	11
1.4.    Виды фибробетона.....	12
1.5.    Техника безопасности при выполнении фибробетонных работ. ....	15
2. Теория расчёт для фибробетона. ....	21
2.1.    Расчёт по количеству волокон в бетоне .....	21
2.2.    Расчёт по надёжности.....	21
2.3.    Минимальный процент армирования .....	26
2.4.    Расчёт по несущей способности.....	27
2.5.    Конструкции из фибробетона со стальной арматурой.....	28
3. Подбор эффективного фибробетона.....	29
3.1.    Расчёт балки по предельному состоянию первой группы.....	29
3.2.    Расчёт балки по предельному состоянию второй группы .....	39
3.3.    Расчёт стоимости материалов.....	40
Вывод.....	42
BIBLIOGRAFIE .....	43
ANEXĂ .....	44

## **Изучение фибробетона как вид материала**

Из-за роста населения, исходя из этого, люди начинают застраивать просторные территории нашей земли, но рано или поздно эти территории заканчиваются и в таком случае мы должны экономить нашу застраиваемую зону. Для данной экономии были придуманы многоэтажные здания. Со временем эти многоэтажные здания превращались в огромные комплексы с подземной парковкой с магазинами на первом этаже, появлялась своя инфраструктура. Но чтоб это всё построить требовалось тратить очень много времени более 2–3 лет, а также огромный физический труд и большие финансовые затраты.

Исходя из больших построек возникают большие нагрузки, которые передают свою нагрузку ниже на последующие этажи, тем самым увеличивая нагрузку в несколько раз, и за счёт этого приходится возводить массивные фундаменты, которые будут способны принимать на себя большие нагрузки. Чтoб избежать больших нагрузок люди начали изобретать разные виды материалов чтоб облегчить свою конструкцию. Инженеры решили улучшить бетон при помощи фибры. Фибра существует разных типов: базальтовая, металлическая, полипропиленовая фибра и т. д. Бетон плохо работает на растяжение и пластичность, но при помощи фибры, бетон в 3 раза улучшает свои характеристики, тем самым улучая свои свойства. Это позволяет в конструкцию ставить меньше арматуры, позволяет выбрать другой класс бетона намного меньше, чем было, сократить сечения элемента, тем самым увеличить внутреннюю площадь помещения, исходя из всего этого облегчается конструкция и удешевляется постройка.

В наше время деньги играют важную роль в строительстве, ведь каждый застройщик думает, как бы сэкономить и построить надёжную конструкцию. Для этого и придумали фибру как добавку в бетон. На рынке фибра является не самым дешёвым материалом, но если исходить с того, что экономится арматура, используется меньше бетона за счёт сокращения сечения и использование более низкого класса бетона, то использования фибры кажется более перспективным.

В данной работа, в первой главе предоставляется информация о Фибробетоне, сравниваются все виды фибры и выделяется наилучший материал для строительства используя фибробетон.

Во второй главе производится расчётный анализ для фибробетона, который определяет эффективность использования фибробетона вместо уже используемого железобетона.

В третьей главе предоставляется расчёт по предельному состоянию первой и второй группе, производится рыночный анализ, и определяется наиболее выгодный материал для строительства зданий и сооружений для изгибающих элементов.

### **1.1.Общая информация**

Фибробетон – это комбинированный материал, который производится из матрицы бетона или раствора с добавлением волокон из фибры.

Фибробетон может использоваться как без обычной арматуры, так и с обычной арматурой. Применение фибробетона в несущих конструкциях без арматуры допускается при обеспечении безопасности людей.

Фибробетон применяется в таких элементах как: колонны, арки, стены, ленточный фундамент, тоннели и т. д.

Принцип действия фибробетона очень простой и аналогичен с простым бетоном, но имеет свои плюсы. Известно, что бетон обладает низкой прочностью на растяжение и на пластичность. При комбинировании арматуры с фиброй можно добиться идеального результата, за счёт того, что отрицательные свойства бетона уйдут за счёт фибры. Расположение арматуры в бетоне очень однообразна т. к. арматура устанавливается только в определённом направлении. А вот расположении фибры в бетоне является более хаотичным чем арматура. Главные свойства фибры являются в высокой прочности на растяжение и высокий модуль упругости в связи с бетоном. В таблице 1.1 предоставлена информация с характеристиками бетона и фибробетона:

Таблица. 1.1 Характеристика бетона и фибробетона.

Материал	Плотность	Модуль упругости	Прочность на растяжение	Растяжение при разрыве	Устойчивость к действию щелочи	Температура плавления
	г/см <sup>3</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	%		°С
Бетон	2,2-2,4	30000-40000	1-4	0,02		
Цементный камень	2,0-2,2	10000-25000	3-6	0,01-0,05		
Полипропилен	0,9	3000-1500	300-700	5-15	отличное	150
Полиакрилонит рил	1,2	15000-20000	600-900	6-9	отличное	400

Вследствие смешивания фиброволокон с хрупкими компонентами бетонной смеси, которые обладают низким растяжением при разрыве, повышается пластичность состава.

## 1.2. Характеристика по классам фибробетона

Фиброволокна используются в тяжёлых бетонах, таких как FaB или в торкрет-бетонах FaSpb.

Исходя из норматива [2], который предоставляет характеристики по классу прочности и степень водонепроницаемости. Существуют ещё дополнительные требования к производству фибробетона, которые описаны ниже:

Помимо основных нормативных характеристик [2] (класс прочности, степень водонепроницаемости), среди дополнительных требований к производству фибробетона выделяют:

- Степень прочности при сжатии согласно [2]
- Степень водонепроницаемости согласно [2]
- Класс фибробетона по надёжности T или по несущей способности G
- Класс по прочности на растяжении при изгибе Vz
- Класс фибробетона по пожарной безопасности BFG и трещиностойкости FS
- По наименованию синтетических макрофибр FaB-макро для классов T и G

Примеры обозначения фибробетона

C25/30 B2 FaB T 3/G3 GK22 F52

C25/30 B2 Fab Bz 4.5/Fs GK32 F52

C25/30 B7 FaB-Макро T2/Bz 4.5/G2 GK32 F45

### 1.2.1 Образование первой трещины. [6]

BZ – это класс фибры по прочности на растяжении при изгибе. Исходя из выполненных расчётов по трещинообразованию мы получаем значение, и если данное значение не проходит условие, то в балке на растяжении при изгибе появляются трещины, это означает то, что мы должны использовать класс фибры BZ для предотвращения появления трещин. В таблице 1.2 указываются предельные значения прочности на растяжении при изгибе, которые относятся к определённому классу фибробетона.

Таблица. 1.2 Предельные значения прочности.

Класс по прочности на растяжение при изгибе	Нормативные значения характеристики прочности на растяжение при изгибе [Н/мм <sup>2</sup> ], $f_{fk,fl}$
BZ 3,0	2,2
BZ 4,5	3,2
BZ 6,0	4,2

### 1.2.2. Прочность фибробетона на растяжение при изгибе после образования первой трещины. [6]

Существуют такие классы по фибробетону как G и T, эти классы используются при расчёте по несущей способности и надёжности. Существует эквивалент прочности на растяжении при изгибе и обозначается как  $f_{eqks}$ . А также существует коэффициент по минимальному дозированию фибры  $f_{eqku}$ .

Если для фибробетона эквивалент прочности определяется расчетом по несущей способности – то класс фибробетона обозначается G

Для фибробетона существует таблица по классу T для минимального значения по прочности на растяжении при изгибе с коэффициентом надёжности по нагрузке  $f_{eqku}$ .



Таблица. 1.3 Минимальные значения по прочности.

Класс фибробетона	Минимальные значения характеристики эквивалента прочности на растяжение при изгибе $f_{eqku}$ , [Н/мм <sup>2</sup> ]
Специальный класс T	>1,9 для значения $f_{eqku}$
T6	1,7
T5	1,4
T4	1,2
T3	0,9
T2	0,7
T1	0,4

Для фибробетона существует таблица по классу G для минимального значения по прочности на растяжении при изгибе с коэффициентом надежности по нагрузке  $f_{eqku}$ .

Таблица. 1.4 Минимальные значения по прочности.

Класс фибробетона	Минимальные значения характеристики эквивалента прочности на растяжение при изгибе $f_{eqks}$ , [Н/мм <sup>2</sup> ]
Специальный класс G	>2,2 для значения $f_{eqks}$
G6	1,9
G5	1,6
G4	1,4
G3	1,1
G2	0,9
G1	0,5

### 1.2.3 Фибробетон из синтетического волокна.[6]

При проведении испытаний с обычным бетоном и синтетическим, было выявлено, что у обычного бетона появляются трещины чаще и намного длиннее, нежели если в бетон добавлять синтетические волокна. Как указано в таблице 1.5 видно что если добавить в бетон синтетические волокна, то появление и длину трещин можно сократить до 80%.

Таблица. 1.5 сравнение фибробетона.

FS класс	Длина трещины в %	
	Обычный бетон	фибробетон
FS	100%	20%

## 1.3.Огнестойкость фибробетона

Требования по огнестойкости для фибробетона являются аналогичной что и для обычного бетона. За исключением объектов специального назначения, к примеру облицовка транспортных тоннелей, тут уже действуют особые требования к

огнестойкости фибробетона.

При взаимодействии огня с бетоном у конструктивных элементов возникает процесс испарения и обезвоживания, за счёт того, что возникает пар под давлением. Если бетонная матрица однородная и плотная, то это может привести к взрывным раскалываниям. Но если добавить волокна в бетон, то уже матрица бетона становится неоднородной и значительно сократится раскол бетона.

Правила к повышенной пожарной безопасности заключаются в том, чтобы эффективно предотвращать идущие трещинообразования в бетоне. Для того, чтоб следовать таким правилом, было принято решения добавить в бетон фибру и тем самым сократить скорость проникновения температурного фронта и защитить глубокие слои бетона. Образование трещин в бетоне замедлится в том случае если использовать полипропиленовые волокна.

При использовании синтетического волокна можно эффективно сократить развитие раннего трещинообразования в бетоне и тем самым повысить прочность на растяжении, прочность при сжатии, прочность на разрыв, ударную и усталостную прочность, морозостойкость, водонепроницаемость.

## **1.4. Виды фибробетона**

### **1.4.1 Стальная фибра**

В строительстве самая распространённая фибра это стальная, за счёт того, что данную фибру можно изготовить самостоятельно прямо на участке из нарезанной проволоки. Также существует, и промышленная стальная фибра и она обладает следующими характеристиками:

- длина волокна от 3 до 5 см;
- толщина — от 0,5 до 1,2 мм.

Стальная фибра производится из разных материалов, но самая лучшая делается из нержавеющей стали. Данный материал увеличивает в 2 раза прочность любого элемента на изгиб.

Стальная фибра обладает одним минусом, стальная фибра и бетон плохо взаимодействуют между собой, между ними отсутствует адгезия, чрезмерное добавление металлофибры снижает марку прочности. За счёт того, что металлофибра тяжёлая, то сложно перемешивать бетон с металлофиброй.

Для повышения сцепляемости фибры с цементом, железную проволоку гнут, плющат, загибают концы, делают ее поверхность шероховатой. Для контроля прочности

тщательно просчитывают количество добавляемого материала.

За счёт того если знать нагрузку, которая будет действовать на конструкцию, можно воспользоваться усреднёнными количествами добавки фибростали для бетона:

- При слабых нагрузках на 1 кубический метр раствора засыпают до 30 кг материала.
- При нагрузках средней интенсивности – до 40 кг металлических волокон.
- Если предполагаются большие нагрузки – добавляют 75, а иногда и 150 кг на 1 кубометр.

Металлический наполнитель кладут в раствор при перемешивании ингредиентов или уже в готовую смесь за счёт этого время перемешивания раствора увеличивается на 15%.

#### 1.4.2 Базальтовая фибра

Базальтовая фибра делается из базальта и является натуральной добавкой в бетон.

Базальтовая фибра имеет только один и главный недостаток:

- Не может растягиваться, но базальтовая фибра позволяет бетону проще переносить деформацию и механические удары. Края такого фибробетона практически не откалываются и поверхность получается ровная и гладкая.

В остальном базальтовая фибра имеет больше положительных сторон, и такими положительными характеристиками являются:

- Устойчивость к коррозии, не воспламеняется, не выделяет токсичные материалы.
- Базальт легкий и обладает хорошей адгезией и таким же, как у бетона, коэффициентом температурного расширения.
- Поверхность соприкосновения базальтового волокна выше, чем у металлического в 25 раз.

Бетон, замешанный с базальтовым волокном, обретает непревзойденные качества:

- Устойчивость к ударам возрастает в 5 раз, а прочность к раскалыванию — в 2 раза.
- В 3 раза уменьшается вероятность образования трещин. А значит, значительно возрастает водонепроницаемость (до 150%) и стойкость к коррозии (до 500%).
- Выносливость на изгиб, стойкость к истиранию повышаются на 300%.

Благодаря этим свойствам базальтовый бетон используют повсеместно:

- для строительства в сейсмически активных зонах, а так же на военных, промышленных объектах;
- в изготовлении прочных фундаментов, перекрытий;

- для создания ландшафтных скульптур, декоративных изделий, бетонирования дорожек, отливки плитки.

Во время замешивания существуют правила, которыми нужно следовать: базальтовую фибру сначала нужно добавить в воду, а потом добавляют эту смесь к цементному раствору. Количество добавки базальтового волокна составляет 1% от количества цемента. Зная эту пропорцию, можно вычислить расход добавки на мешок цемента.

#### 1.4.3 Полимерная фибра

Полимерная фибра выпускается длиной до 24 мм и больше. Полимерные волокна не вступает в химические реакции. Данной фибре безразлична коррозия. При этом искусственные нити легко перемешиваются с бетоном. Они придают бетону прочность и пластичность.

Замешивают полимерную фибру в самом начале, вместе с цементом и песком. Затем уже добавляют воду. Разная длина нитей подходит для разных целей:

- Короткие щетинки кладут в штукатурку из расчета 1 кг на кубометр раствора.
- Волокна средней длины (12 мм) используют в растворы для ячеистого бетона.
- Нити длиной до 40 мм идут в тяжелые бетоны. Расход фибры на 1 м<sup>3</sup> армированного бетона составляет около 2, 7 кг. В неармированные добавляют до 1 кг на кубометр.

#### 1.4.4 Полипропиленовая фибра

Полипропиленовая фибра давно уже используется в строительстве, впервые была использована в США в 70-е годы прошлого столетия. Ее применили при строительстве дорог и результат был хорошим, что её массово начали использовать в строительстве дорог. При использовании фибры в бетонном полотне перестали образовываться трещины.

Волокна полипропилена на вид — это белые полупрозрачные мононити, толщиной в 20 микрон. Также волокна могут быть разной длины (от 3 до 20 мм). Поскольку это самый популярный, недорогой материал, его часто подделывают. А результаты использования подделки сказываются на качестве. Поэтому рекомендуется приобретать материалы известных производителей. Иначе можно просто купить нарезанный на полоски пластиковый мешок.

Какая польза от полипропиленовой фибры:

- Она хорошо связывает компоненты состава.
- При использовании волокон не происходит сильная усадка, не образуются трещины.
- Фибра облегчает ремонт, потому что даже при образовании трещины, волокна соединяют расколотые части вместе. Цементный раствор лучше сцепляется с волокнами и удерживается в трещине.
- Полимер делает поверхность гладкой, ровной, износостойкой, устойчивой к перепадам температуры.

Хорошо применять полипропиленовую фибру для придания поверхности стойкости к истиранию. Она же помогает сделать поверхность более ровной.

### **1.5 Техника безопасности при выполнении фибробетонных работ.**

Строительные материалы, а именно цемент необходимо хранить в закрытых помещениях, принимая меры против распыления в процессе загрузки и выгрузки. У загрузочного отверстия должен быть люк с защитными решётками, которые должны быть закрыты на замок.

При использовании пара для прогрева инертных материалов, находящихся в закрытых помещениях, следует снабдить помещения вытяжками чтоб пар не просачивался в рабочие помещения.

Запуск людей в помещения, где происходит обогрев материалов паром, разрешается в том случае если подача пара была остановлена и помещение охладилось до 40°C.

Во время передвижения рабочих по строительному объекту с места на место, рабочие должны соответствовать требованию [4], пользоваться лестницами, трапами и переходными мостами.

Во время установки опалубки для заливки фибробетона необходимо предусматривать ширину рабочих настилов, которые являются не менее 0,8м с ограждениями.

Опалубка для перекрытия ограждается по всему периметру. Если есть отверстия в опалубке и в этом нет необходимости, то эти отверстия необходимо закрыть, но если в этом есть необходимость, то их необходимо затянуть проволоочной сеткой.

Чтоб защитить рабочих от падающих предметов с высоты, необходимо по наружной части здания установить сетку, которая будет равна шириной не менее ширины лесов.

Ходьба по уложенной арматуре разрешается только по специальным носителям шириной не менее 0,6м.

Съёмные грузозахватные приспособления, которые предназначены для подачи фибробетонной смеси при помощи грузоподъёмного крана должна быть изготовлена и соответствовать стандартным нормативом.

В местах, где происходит натяжение арматуры, должны быть установлены ограждения высотой не менее 1.8м, а также должна быть сигнализация, которая будет включаться в тот момент когда происходит натяжение арматуры.

Во время нагрева арматуры электротоком, запрещается подходить на расстоянии ближе чем 1м от стержней арматуры.

Во время использования химических добавок для фибробетонной смеси, необходимо использовать защитную одежду (перчатки и очки).

Если поверхность, где ведутся бетонные работы, находится под углом более 20°, то рабочие должны воспользоваться предохранительными поясами.

Эстакада должна быть оборудована отбойными брусками, чтоб обеспечить подачу бетонной смеси автосамосвалами. Нужно учитывать во время установки, чтоб сохранялась дистанция между отбойными брусками и ограждением не 0,6м по ширине. Если эстакада является тупиковой, то необходимо установить поперечные отбойные бруска.

Во время очистки автосамосвалов от остатков фибробетонной смеси работникам запрещается находиться в кузове транспортного средства.

На строительной площадке должны быть обустроены зоны для электроподогрева фибробетона и эти зоны ограждаются защитным забором, устанавливаются знаки и сигнализация, которые удовлетворяют требования по государственной стандартизации.

Работа смесительных машин должна осуществляться при соблюдении следующих требований:

- очистка приемков для загрузочных ковшей должна осуществляться после надежного закрепления ковша в поднятом положении;
- очистка барабанов и корыт смесительных машин допускается только после остановки машины и снятия напряжения.

При выполнении работ по заготовке арматуры необходимо:

- устанавливать защитные ограждения рабочих мест, предназначенных для разматывания бухт (мотков) и выправления арматуры;

- при резке станками стержней арматуры на отрезки длиной менее 0,3 м применять приспособления, предупреждающие их разлет;
- устанавливать защитные ограждения рабочих мест при обработке стержней арматуры, выступающей за габариты верстака, а у двусторонних верстаков, кроме того, разделять верстак посередине продольной металлической предохранительной сеткой высотой не менее 1 м;
- складывать заготовленную арматуру в специально отведенных для этого местах;
- закрывать щитами торцевые части стержней арматуры в местах общих проходов, имеющих ширину менее 1 м.

Арматура и фибра, которая будет использоваться для строительных элементов, должна храниться в сухом месте, а если нужно переместить арматуру и фибру, то необходимо обвернуть.

В случае использования ручной тележки для перевозки фибробетонной смеси, необходимо регулярно очищать катальные ходы от бетона и грязи. По ширине у настила для катального хода должна быть от 1,2м а высота ограждения 1м. Перед тем как начинать работы с ручной тележкой необходимо проверить состояние тары, опалубки и средств подмачивания и если появляются неисправности, то необходимо устранить.

При уплотнении фибробетонной смеси бетонщики обязаны выполнять следующие требования:

- отключать электровибратор при перерывах в работе и при переходе с одного места на другое;
- отключать вибратор на 5-7 мин. для охлаждения через каждые 30-35 минут работы;
- не допускать работу электровибратором с приставных лестниц;
- навешивать электропроводку вибратора, а не прокладывать ее по уложенному бетону;
- закрывать во время дождя или снегопада выключатели и электроразъемы электровибратора;
- при уплотнении бетона вибратором запрещается перетаскивать его за шланговый провод или кабель;
- при уплотнении бетона вибратором запрещается перетаскивать его за шланговый провод или кабель;
- после окончания работы, вибратор очищают и насухо протирают.

При подаче бетона с помощью бетононасоса необходимо:

- осуществлять работы по монтажу, демонтажу и ремонту бетоноводов, а также удалению из них пробок только после снижения давления до атмосферного;
- удалять всех работающих от бетоновода на время продувки на расстояние не менее 10 м;
- укладывать бетоноводы на прокладки для снижения воздействия динамической нагрузки на арматурный каркас и опалубку при подаче бетона.

Удаление пробки в бетоноводе сжатым воздухом допускается при условии:

- наличия защитного щита у выходного отверстия бетоновода;
- нахождения работающих на расстоянии не менее 10 м от выходного отверстия бетоновода;
- осуществления подачи воздуха в бетоновод равномерно, не превышая допустимого давления.

В случае если появилась пробка следует снять давление в бетоноводе, и путём постукивания найти место, где сформировалась пробка, затем необходимо расстыковать бетоновод и удалить данную пробку или заменить засоренное звено.

При установке опалубки в несколько ярусов каждый следующий ярус будет устанавливаться после полного закрепления нижнего яруса. Разборка опалубки будет осуществляться только после того, как фибробетон достигнет заданной прочности. Минимальная прочность бетона при распалубке загруженных конструкций, в том числе от собственной нагрузки, определяется ППР и согласовывается с проектной организацией. Разборку опалубки делают в последовательности, предусмотренной картами трудовых процессов или ППР, под наблюдением мастера. Необходимо принимать меры, которые исключают падения элементов опалубки или обрушение поддерживающих лесов. Демонтированная опалубка очищается от гвоздей и бетона и укладывается в штабель. При передвижении секций катучей опалубки и передвижных лесов необходимо принимать меры, обеспечивающие безопасность работающих. Лицам, не участвующим в этой операции, находиться на секциях опалубки или лесов запрещается.

При выполнении уплотнении фибробетона при помощи электровибраторам, перемещение выполнять исключительно за рукоять, ни в коем случае не трогать за токоведущие кабеля, а во время перерыва в работе электровибратор необходимо выключать.

При выполнении технологических отверстий для пропуска трубопроводов в фибробетонных и железобетонных конструкциях алмазными кольцевыми сверлами, в



местах, где будут падать эти куски бетона необходимо огородить и поставить знак.

Электробезопасности не ниже III.

В зоне электропрогрева необходимо применять изолированные гибкие кабели или провода в защитном шланге.

Не допускается прокладывать провода непосредственно по грунту или по слою опилок, а также провода с нарушенной изоляцией.

Зона электропрогрева фибробетона должна находиться под круглосуточным наблюдением электромонтеров, выполняющих монтаж электросети.

Пребывание работников и выполнение работ на этих участках не допускается, за исключением работ, выполняемых по наряду-допуску в соответствии с межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Открытая (незабетонированная) арматура железобетонных конструкций, связанная с участком, находящимся под электропрогревом, подлежит заземлению (занулению).

После каждого перемещения электрооборудования, применяемого при прогреве бетона, на новое место следует измерять сопротивление изоляции мегаомметром.

Зона, где производится электрообогрев бетона, должна иметь защитное ограждение.

На видном месте помещаются предупредительные плакаты, инструкции по безопасности и охране труда, противопожарные средства.

В ночное время ограждение рабочей зоны должно быть освещено, для чего на нем устанавливаются красные лампочки, автоматически загорающиеся при подаче напряжения в линию обогрева.

Все металлические токоведущие части электрооборудования и арматуру следует надежно заземлить, присоединив к ним нулевой провод питающего кабеля. При использовании защитного контура заземления перед включением напряжения необходимо проверить сопротивление контура, которое должно быть не более 4 Ом.

Около трансформаторов, рубильников и распределительных щитков устанавливают настилы, покрытые резиновыми ковриками.

Запрещается:

- доступ посторонних лиц в зону обогрева, а также пребывание людей на расстоянии ближе 1 м от арматурных стержней, нагреваемых электротоком;
- хождение людей, размещение посторонних предметов на поверхности обогреваемых конструкций;

- подключать в сеть находящиеся на воздухе нагревательные провода, частично или полностью не забетонированные в конструкции;
- подключать под напряжение нагревательные провода с механическими повреждениями изоляции, а также ненадежно выполненными коммутационными соединениями;
- проводить работы по электрообогреву в сырую погоду, во время оттепели, без ограждения зоны электрообогрева;
- работать при обнаруженной неисправности электропроводки;
- прокладывать провода непосредственно по грунту;
- размещать легковоспламеняющиеся материалы вблизи установок для электрообогрева бетонов.

## Вывод

Исходя из выполненного анализа, можно сделать вывод того, что фибра сама по себе очень уникальный материал, разновидности фибры существует очень много, но самый наилучший и подходящий материал для строительства является металлофибра которая является не такой дорогой и подходящей по характеристикам.

Исходя из того, что фибра увеличивает характеристику бетона, то это означает то, что появляется возможность уменьшить класс бетона. Это хорошо заметно по представленным графикам, где используется фибра то появляется возможность использовать средний класс бетона и среднее значение сечения и при всём этом иметь запас в 20%.

Но плюсы на этом не заканчиваются, помимо того, что сократился класс бетона при использовании фибры, то появляется возможность сократить сечение и сделать его меньше, исходя из графиков было сечение 500x500мм а при использовании фибробетона было принято решение сократить до 450x450мм.

Армирование балки при использовании фибры происходит таким способом, что для нижней арматуры рассчитывается площадь необходимого армирования, а верхняя арматура не ставится т. к. роль верхней арматуры будет играть металлофибра. Таким образом уменьшается класс используемого бетона, сечение и количество арматуры.

Рыночная стоимость фибры высокая, но исходя из уменьшения класса бетона, сокращения количества арматуры и сокращения сечения выходит, что использование фибробетона выгодней нежели обычного бетона. Из расчёта получается, что стоимость материалов для балки из обычного бетона составляет 3750 лея, а для фибробетона 2435 лея, это в 54% дешевле нежели использовать только железобетон.

Не стоит забывать, что если сокращается арматура и сечение, то уменьшается и вес, тем самым облегчается конструкция и уменьшается нагрузка на фундамент. В целом использование фибры позволяет экономить в экономическом плане, уменьшения веса конструкции, увеличения площади помещений, уменьшение времени возведения здания.

## BIBLIOGRAFIE

1. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, страниц 191
2. EN 206-1: Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity
3. NCM F.02.02 - 2006: calculul, proiectarea și alcătuirea elementelor de construcții din beton armat și beton precomprimat
4. СНИП 52-01-2003: Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения, разработано авторским коллективом ОАО "НИЦ "Строительство" - НИИЖБ им.А.А.Гвоздева (руководитель работы - д-р техн. Наук Т.А.Мухамедиев; д-р техн. Наук Е.А.Чистяков, канд. Техн. Наук С.А.Зенин, канд. Техн. Наук Р.Ш.Шарипов, О.В.Кудинов)
5. Проектирование сталефибробетонных конструкций, методическое пособие, Москва 2018, страниц 124.
6. Руководство по фибробетону, Австрийская ассоциация бетона и строительных технологий, 08/03/2012, страниц 40