

УДК 693.2

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОПРОПУСКАЮЩЕГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

*Т. В. Ещенко, А. В. Щербань*

Каменский технологический институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова  
(г. Каменск-Шахтинский, Российская Федерация)

Целью данного исследования является получение образцов бетона путем армирования оптических волокон и сравнение его с обычным бетоном. Бетонные образцы подвергались разным испытаниям (на прочность при сжатии, на светопропускание). Результаты прочности на сжатие, полученные для полупрозрачных бетонных образцов, были приблизительно такими же, как и для обычных бетонных образцов. Таким образом, прозрачность бетонных конструкций может быть введена со вставкой оптических волокон без ущерба для прочности, что позволяет добиться новых достижений в современной архитектуре.

**Ключевые слова:** современный материал, водонепроницаемый и морозостойкий материал, декоративная отделка, светопроводящее оптоволокно, эффект неравномерности распределения, уникальный узор, метод вибролитья.

## EXPERIMENTAL STUDY OF LIGHT-TRANSMITTING CONCRETE USING OPTICAL FIBER

*T. V. Eshchenko, A. V. Scherban*

Kamensk Technological Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),  
(Kamensk-Shakhtinskiy, Russian Federation)

The purpose of this study is to obtain concrete samples by reinforcing optical fibers and compare it with conventional concrete. Concrete samples were subjected to various tests — a test for compressive strength, a test for light transmission. The compressive strength results obtained for translucent concrete samples were approximately the same as for conventional concrete samples. Thus, the transparency of concrete structures can be introduced with the insertion of optical fibers without compromising the strength, which allows for new advances in modern architecture.

**Keywords:** modern material, waterproof and frost-resistant material, decorative finish, light-conducting optical fiber, uneven distribution effect, unique pattern, vibratory casting method.

**Введение.** Обычный бетон состоит из цемента, воды и заполнителей (мелких или грубых), имеет серый оттенок и высокую плотность, что препятствует прохождению через него света. Воображение, позволяющее свету проникать через бетон для лучшего взаимодействия между строением и окружающей средой и уменьшающее затраты энергии в современной инфраструктуре, привело к изобретению особого бетона, называемого полупрозрачным бетоном [1].

Литракон, широко известный как светопропускающий бетон, разработанный в 2001 году, был первым в своем роде. В 2010 году впервые светопрозрачный бетон был применён при строительстве здания.

Цель данного экспериментального исследования — получить полупрозрачный бетон, сравнить его прочностные характеристики с обычным бетоном и изучить его эффективность в пропускании света, чтобы разработать строительный материал, который будет энергоэффективным и эстетически приятным.

Принцип действия эксперимента: оптическое волокно работает по принципу полного внутреннего отражения. Нити волокна действуют как полый цилиндрический волновод, который позволяет пропускать свет вдоль своей оси.

Составные части оптических волокон:

- ядро — тонкий стеклянный цилиндр в самом внутреннем слое волокна, через который проходит свет;
- оболочка — внешний слой, окружающий сердечник. Он имеет более низкий показатель преломления, чем ядро. Таким образом, свет проходит через ядро, но не может выйти из него и отразиться на границе;
- покрытие — пластиковое покрытие, которое защищает волокна от повреждений и влаги.

Пропорции бетонной смеси. Размеры образца составляют 70,6x70,6x70,6 мм. Для эффективного сравнения были отлиты шесть обычных и шесть светопрозрачных бетонов. Из них три прошли семидневное сжатие на прочность, а остальные три были сохранены для 28-дневного испытания на прочность и сжатие (табл. 1).

Таблица 1

Спецификация материала

№	Материалы	Технические характеристики	Количество (в кг/м <sup>3</sup> )
1	Цемент : песок : вода	-	1:2,5:0,45
2	Обычный портленд цемент	43 сорт	495
3	Высокая плотность кремнезема	Высокая плотность	55
4	Пластиковые оптические волокна	ПММА (полиметилметакрилат), диаметр сердечника — 2 мм	4%
5	Песок	Прохождение песка через сито 2 мм (сушка в духовке)	1375
6	Вода	Водопроводная вода	247,5
7	Суперпластификатор	Глениум 11	7

Изготовление пресс-форм и образцов. Была изготовлена специальная пресс-форма, состоящая из четырех кусков фанеры и фанерной опорной пластины. Из этих четырех в двух противоположных гранях фанеры были просверлены отверстия с равномерным расстоянием в 1 см, чтобы удерживать оптические волокна на месте (рис. 1).

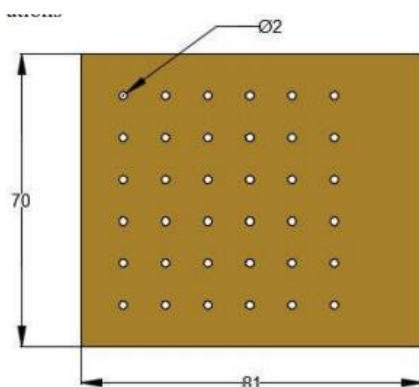


Рис. 1. Пресс-форма

Один просверленный кусок фанеры был прибит гвоздями к необработанному куску, чтобы получить L-образное соединение, которое далее фиксировалось с помощью базового куска. Другой L-образный шарнир крепился к первому для придания желаемой формы.

Таким образом, пресс-форма смогла предотвратить утечку суспензии во время литья и разрыв бетона во время вскрытия. Две просверленные фанерные грани были расположены друг против друга, чтобы уложить оптические волокна в одном направлении. Внутренние поверхности были снабжены выпускными листами, которые препятствуют склеиванию раствора с поверхностью фанеры и, следовательно, обеспечивают зачистку без разрушения бетона [2].

Оптические волокна разрезали на куски достаточной длины (определенная часть выходила из формы) и помещали по отдельности через отверстия в двух фанерных сторонах, обращенных друг к другу противоположно. Весовое дозирование было принято для измерения пропорций материалов (в соответствии с конструкцией смеси). Поскольку смесь, которую нужно было приготовить, была в небольшом количестве, практиковалось тщательное ручное смешивание.

Укладка бетона. Для обычного бетона стальная форма была тщательно очищена и смазана маслом. Затем смесь помещали внутрь форм в три слоя. Трамбовка была сделана в три слоя, чтобы упаковать бетон и эффективно отогнать захваченный воздух. После завершения укладки кубик перемешивали на столе вибратором в течение двух минут.

Для полупрозрачного бетона фанерную форму полировали наждачной бумагой и снабжали выпускными листами. Подготовленную смесь и слой волокон укладывали впоследствии. Во время укладки делалось мягкое удилище, за которым следовали рывки. Затем кубик перемешивали на столе вибратором в течение двух минут [3].

Перед снятием формы образцу дали затвердеть в течение 48 часов под влажным покрытием джутового мешка. Позже пресс-форма была удалена, и было сделано погружение. Образец выдерживался для отверждения в резервуаре для воды до даты испытания [4].

Испытание на прочность при сжатии. Как обычные, так и светопрозрачные бетонные образцы, отлитые с одинаковой конструкцией смеси, подвергались испытаниям на прочность при сжатии на 7-е и 28-е сутки. Периоды отсчитываются от завершения вибрации. Конечная прочность на сжатие обоих бетонов должна составлять в среднем три отдельных куба за каждый период соответственно [5].

Процедура:

- опорные поверхности погрузочной машины были протерты и очищены;
- затем куб помещали в машину таким образом, чтобы ось куба была тщательно выровнена с осью загрузочного устройства;
- затем нагрузка непрерывно увеличивалась до тех пор, пока образец не выходил из строя и не регистрировалась нагрузка, соответствующая точке отказа;
- было отмечено появление трещин на поверхности, образец вышел из строя из-за дробления бетона при приложении продольной силы [6].

Испытание на светопропускаемость (табл. 2). Для этого теста использовался люксметр. Люксметр — это устройство, которое измеряет интенсивность света, падающего на его датчик. Его показания отличаются от измерений фактической световой энергии, которая производится источником света. Он работает с помощью фотоэлемента для захвата света, который затем преобразуется в электрический ток и дает значение люкса. Он используется в фото- и видеосъемке, измерении яркости помещения.

Процедура: при испытании для получения точного результата пропускаемости использовалась трубка — приспособление, сделанное из картона, для того, чтобы свет шел от источника к датчику люксметра.

Таблица 2

## Спецификация установки испытания на пропускаемость

№	Часть (поперечное сечение)	Размер (внутренний)
1	Широкий (прямоугольный)	7,5x7,5 см
2	Сходящийся (круговой)	Диаметр 5 см

100-ваттная лампочка была включена и помещена в широкий конец устройства, в то время как датчик люксметра был помещен в сходящийся конец. Измерили освещенность. Затем в трубку между колбой и датчиком поместили полупрозрачный бетонный образец. Было отмечено новое значение освещенности и проведено сравнение с предыдущим для расчета процентной пропускаемости образца. Та же процедура была повторена для трех образцов, чтобы получить значение средней пропускаемости.

Результаты. Испытание на прочность при сжатии. Результаты испытаний на прочность при сжатии на 7-й и 28-й день приведены в табл. 3.

Таблица 3

## Результат прочности на сжатие

№	Период (в днях)	Прочность на сжатие (в МПа)		Средняя прочность на сжатие (в МПа)	
		обычный бетон	полупрозрачный бетон	обычный бетон	полупрозрачный бетон
1		28	24		
2	7 день	23	21	25	22
3		24	22		
4		42	38		
5	28 день	39	35	40	36
6		39	36		

Испытание на светопропускаемость. Оказалось, что пропускаемость лампы, удерживаемой на определенном расстоянии, составляет 5030 люкс. Затем значения пропускаемости были получены путем размещения светопрозрачных образцов бетона (табл. 4).

Таблица 4

## Результат испытания на пропускаемость

№	Пропускаемость (в люксах)	Процент пропускаемости	Средняя допустимость (в %)
1	191	3.8	
2	216	4.3	<b>4.06</b>
3	206	4.1	

Установлено, что средняя пропускаемость для отлитых светопрозрачных бетонных образцов составляет 4%.

**Заключение.** С развитием технологий наша инфраструктура должна измениться. Для устойчивого развития мы должны сделать акцент на использовании возобновляемых источников энергии для удовлетворения растущего спроса на энергию. Эту проблему можно решить с помощью светопрозрачного бетона — нового архитектурного материала. Он имеет потенциал для решения очень многих проблем, если его можно будет использовать в больших масштабах и если существующая техника формирования светопрозрачного бетона будет усовершенствована.

### Библиографический список

1. Новые виды бетонов в монолитном домостроении / Т. В. Ещенко, Д. В. Лаптев, В. В. Канев, Е. В. Андреев // Интеграция науки и практики как механизм развития отечественных наукоемких технологий производства : сборник научных статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции. — Каменск-Шахтинский, 2018. — С. 266–272.
2. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сб. ст. ; под ред. М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкова, Е. А. Ахмедовой. — Самара, 2017. — 486 с.
3. Баженов, Ю. М. Технология бетона : уч. пособие для вузов / Ю. М. Баженов. — Москва : Высшая школа, 1987. — 415 с.
4. Звездов, А. И. Технология бетона и железобетона в вопросах и ответах / А. И. Звездов, Л. А. Малинина, И. Ф. Руденко. — Москва : Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона, 2005. — 446 с.
5. Бетоны. Материалы. Технологии. Оборудование. — Изд. 2-е. — Москва : Стройинформ ; Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. — 384 с.
6. Пирадов, А. Б. Конструктивные свойства бетона и железобетона / А. Б. Пирадов. — Москва : Стройиздат, 1973. — 135 с.

*Об авторах:*

**Ещенко Татьяна Викторовна**, старший преподаватель кафедры естественно-научных дисциплин, информационных технологий и управления Каменского технологического института (филиала) ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова (347801, РФ, г. Каменск-Шахтинский, ул. Сапрыгина, 6), [tatyana\\_eshchenko@bk.ru](mailto:tatyana_eshchenko@bk.ru)

**Щербань Алексей Вадимович**, студент кафедры естественно-научных дисциплин, информационных технологий и управления Каменского технологического института (филиала) ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова (347801, РФ, г. Каменск-Шахтинский, ул. Сапрыгина, 6), [scherban.aleksei@yandex.ru](mailto:scherban.aleksei@yandex.ru)

*Authors:*

**Eshchenko, Tatyana V.**, Senior Lecturer, Department of Natural Sciences, Information Technologies and Management, Kamensk Technological Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (6, Saprygina str., Kamensk-Shakhtinsky, 347801, RF), [tatyana\\_eshchenko@bk.ru](mailto:tatyana_eshchenko@bk.ru)

**Shcherban, Aleksey V.**, Student, Department of Natural Sciences, Information Technologies and Management, Kamensk Technological Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (6, Saprygina str., Kamensk-Shakhtinsky, 347801, RF), [scherban.aleksei@yandex.ru](mailto:scherban.aleksei@yandex.ru)