

УДК 539.384.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН  
ХРИЗОТИЛА НА УСАДОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В БЕТОННЫХ  
ИЗДЕЛИЯХ**

***Саденко Денис Сергеевич,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г.Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».*

***Шеин Александр Иванович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г.Пенза,*

*доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механика».*

***Ладин Роман Акбарович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г.Пенза,*

*аспирант.*

**Аннотация**

Рассматривается влияние минеральной фибры на деформативные характеристики бетонных изделий. Выявлено, что волокна хризотила, введенные в бетон, снижают усадку на 15%, увеличивая его трещиностойкость.

**Ключевые слова:** бетон, усадка, хризотилловые волокна.

**STUDY OF THE INFLUENCE OF REINFORCING FIBERS OF  
CHRYSOTILE ON SHRINKAGE STRAIN IN CONCRETE PRODUCTS**

***Sadenko Denis Sergeyevich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.*

***Shein Alexander Ivanovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Doctor of Sciences, Professor, Head of the department "Mechanics".*

***Ladin Roman Akbarovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*post-graduate student.*

## **Abstract**

Examines the impact of mineral fibers on the deformation characteristics of concrete products. It is revealed that the chrysotile fibers introduced into the concrete, reduce shrinkage by 15%, increasing its resistance to cracking.

**Keywords:** concrete, shrinkage, chrysotile fibers.

Объем и динамика производства бетона за последние годы постоянно возрастают. Связано это с увеличением монолитного строительства, которое позволяет возводить здания практически любой этажности и формы в кратчайшие сроки. При строительстве многоэтажных зданий требования к бетону возрастают, причем не только к его прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и т.д., но и к такому показателю как трещиностойкость. При использовании высоких марок бетона этот показатель снижается.

Опыт последних лет проведения работ по обследованию железобетонных конструкций на выявление дефектов и повреждений показывает, что использование высоких марок, неправильно выполненные строительно-монтажные работы по укладке и уходу за бетоном приводят к образованию трещин. Данные виды трещин не относятся к силовым, а в большинстве случаев возникших в результате температурных и усадочных деформаций [7].

Одним из способов управления усадочными деформациями и трещинообразованием является армирование бетона волокнами. В настоящее время, для дисперсного армирования бетонов применяют высоко- и низко модульные волокна: металлические (стальные), минеральные (стеклянные, базальтовые, корундовые), полимерные (акрило-нитрильные,

полиамидные, полипропиленовые и др.), стеклянные и высоко- и низко модульные волокна различной длины и поперечного сечения.

Из природных волокон в технологии строительных материалов широко используется асбест-хризотилевое волокно при изготовлении асбестоцементных изделий – шифера, плоских облицовочных листов, напорных и безнапорных труб и т.д. Использование этого волокна позволяет получить тонкостенные изделия с высокой прочностью при сжатии и изгибе. Как правило, содержание асбеста в асбестоцементе не превышает 10-15 %. Асбест-хризотил представляет собой водный гидросиликат магния  $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в виде наноразмерных трубок с внешним диаметром 20 нм, прочность которых на разрыв составляет 600...800 МПа. Достоинство хризотила состоит в том, что он не дает реакции с продуктами гидратации цемента и не превращается в другие соединения. Это доказано многочисленными экспериментами и более чем 100-летней практикой использования асбестоцементных изделий не только в России, но и за рубежом.

Трещиностойкость бетонных изделий с добавкой хризотила проводилась согласно ГОСТ 29167-91. «Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении», СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры». Также были определены деформативные характеристики согласно ГОСТ 24452-80 «Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона». В качестве оборудования использовались гидравлический пресс и установка «АСИС-1» производства НПП «ГЕОТЕК» (рисунок 1,а) с оснасткой для испытания на изгиб, по схеме, представленной на рисунке 1,б. Деформации усадки определялись по стандартной методике ГОСТ 24544–81 с применением индикаторной стойки.

Для выявления характеристик, нормированных ГОСТом, необходимо было определить не только значения модуля упругости бетонов при осевом сжатии, но и при осевом растяжении, а также зависимости прогиба балок от действующей силы.

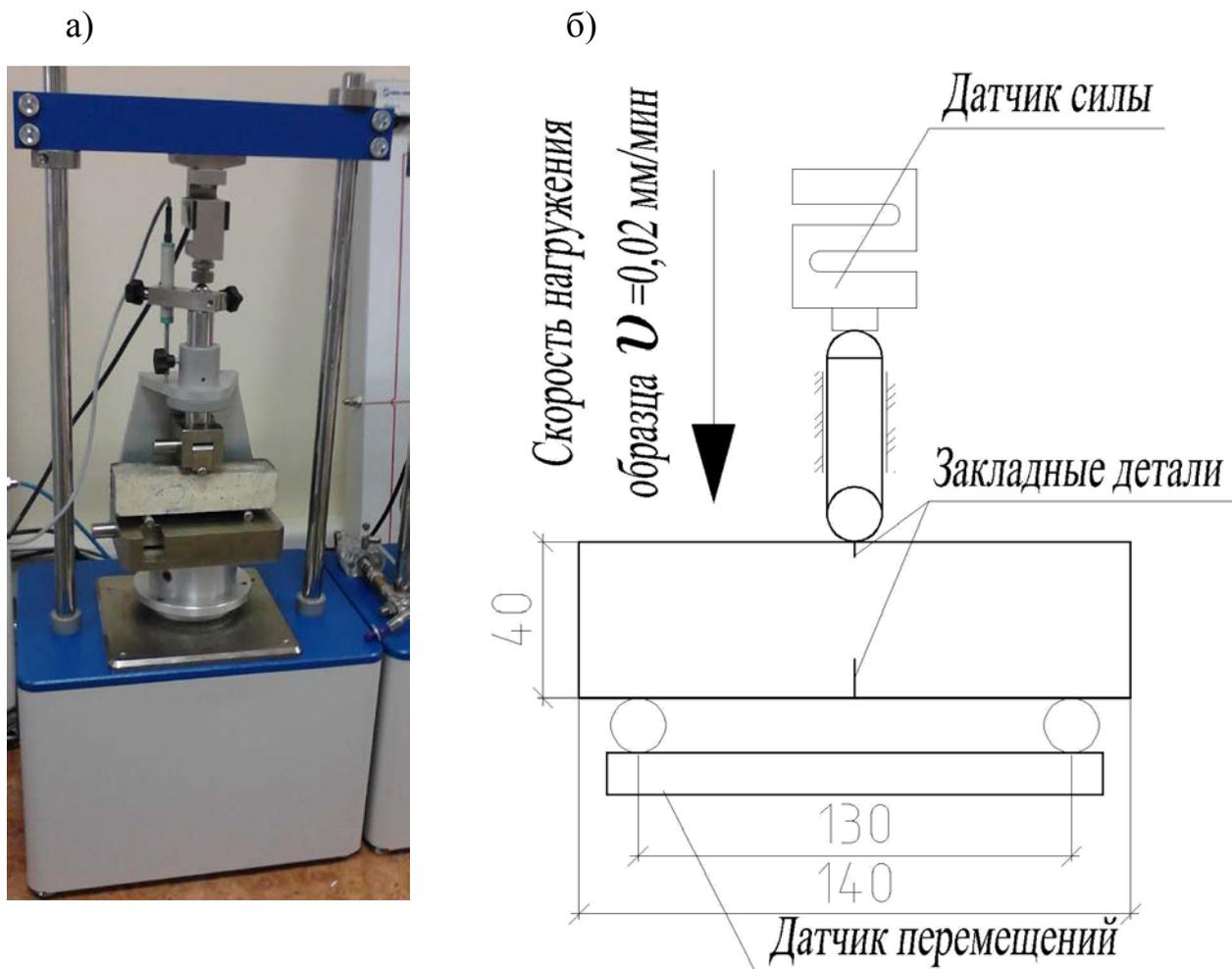


Рисунок 1 – а) Установка для определения трещиностойкости «АСИС-1»  
 б) Схема испытания образца на приборе «АСИС-1»

Для определения влияния наполнителей и модифицирующих добавок на деформативные свойства были сделаны образцы размером  $10 \times 10 \times 40$  см в количестве 6 штук. Содержания армирующего материала составило 1,5% от массы цемента. Также были сделаны контрольные составы без добавки хризотила. Формование образцов выполнялось в одинаковых условиях. Твердение образцов проходило при ТВО. По результатам испытаний и последующей обработке результатов были получены основные характеристики (таблица 1), на основе которых были построены графики зависимостей прогиба от силы нагружения (рисунок 2), модуля деформаций от величины прогиба (рисунок 3), влияния силы нагружения на модуль деформации (рисунок 4).

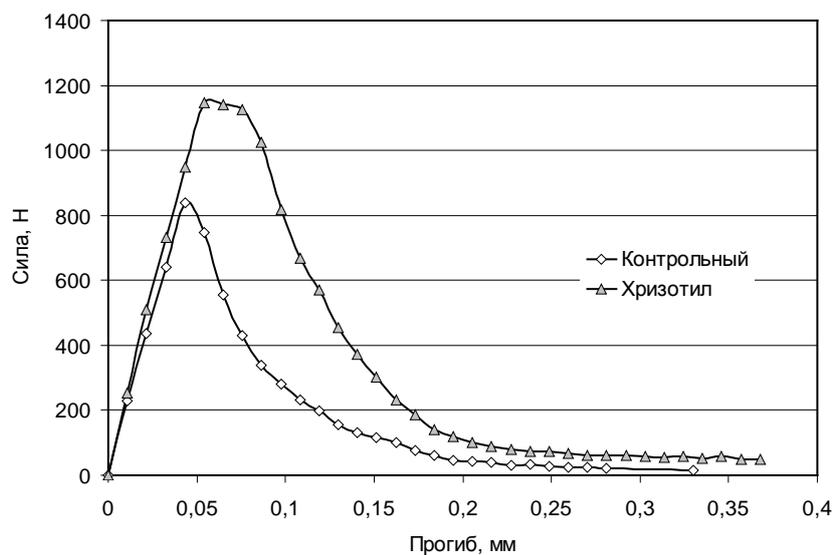


Рисунок 2 – Зависимость прогиба от силы нагружения для контрольного и разработанного состава

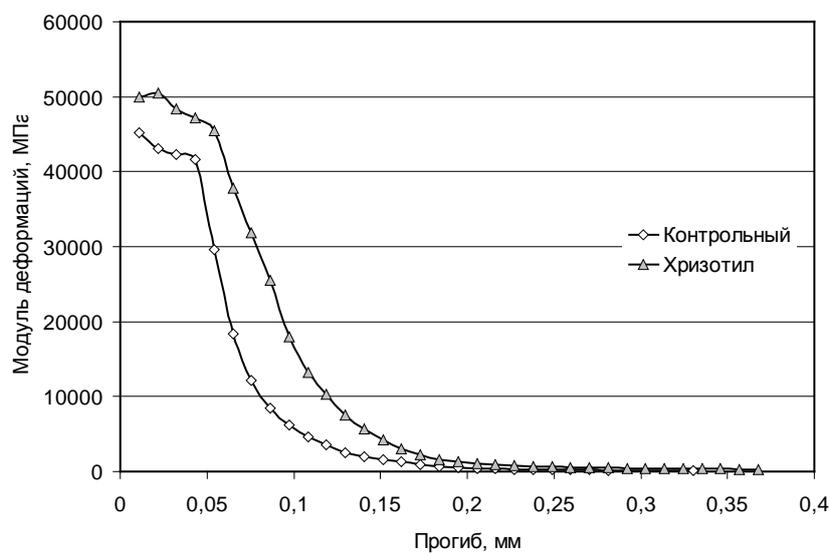


Рисунок 3 – Зависимость модуля деформаций от величины прогиба при нагружении контрольного и разработанного состава

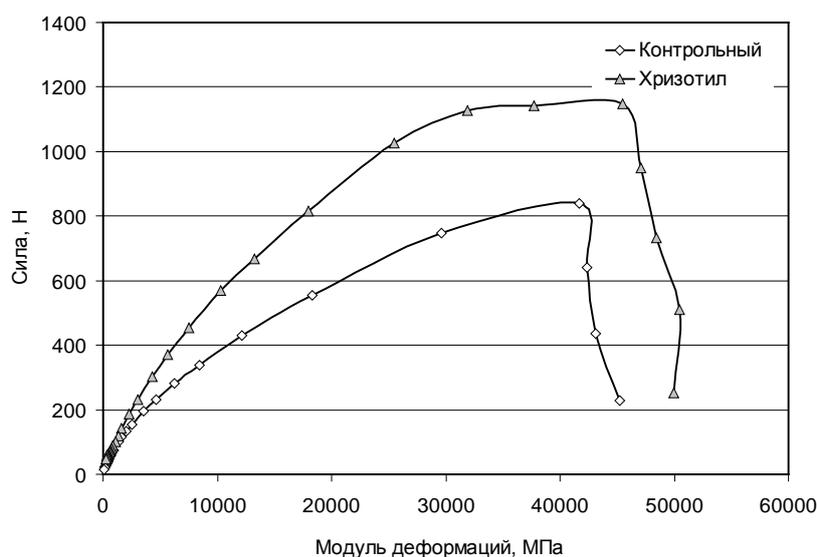


Рисунок 4 – Влияние силы нагружения на модуль деформации бетона контрольного и разработанного состава.

Таблица 1 – Параметры трещиностойкости по ГОСТ 29167-91

№ п/п	Характеристика	Контроль-ный	Состав с хризотилом
1	Нагрузка на образец при начале образования магистральной трещины ( $P$ ), Н	840	1147
2	Величина прогиба ( $f$ ), м	$4,32 \times 10^{-5}$	$5,41 \times 10^{-5}$
3	Момент инерции ( $I_k$ ), $\text{кг} \times \text{м}^2$	$2,13 \times 10^{-7}$	$2,13 \times 10^{-7}$
4	Модуль упругости ( $E_b$ ), МПа	$41,66 \times 10^3$	$45,51 \times 10^3$
5	Энергозатраты на процессы развития и слияния микротрещин до формирования магистральной трещины статического разрушения ( $Wm$ ), МДж	0,00062	0,0023
6	Энергозатраты на упругое деформирование до начала движения магистральной трещины статического разрушения ( $We$ ), Н×мм	0,018	0,030
7	Энергозатраты на локальное статическое деформирование в зоне магистральной трещины ( $Wi$ ), Н×мм	0,035	0,078

Продолжение таблицы 1

8	Расчетные энергозатраты на упругое деформирование сплошного образца ( $W_{ui}^c$ ), МДж	0,013	0,022
9	Полные упругие энергозатраты на статическое деформирование до деления на части ( $W_{CE}$ ), МДж	0,035	0,059
10	Расчетное значение перемещений сплошного образца соответствующее моменту начала движения магистральной трещины ( $V_{ai}^c$ ), м	$3,136 \times 10^{-5}$	$3,92 \times 10^{-5}$
11	Удельные энергозатраты на статическое разрушение до момента начала движения магистральной трещины ( $G_i$ ), МДж/м <sup>2</sup>	17,92	31,37
12	Удельные эффективные энергозатраты на статическое разрушение ( $G_F$ ), МДж/м <sup>2</sup>	50,8	104,2
13	Полные удельные упругие энергозатраты на статическое деформирование до деления на части ( $G_{CE}$ ), МДж/м <sup>2</sup>	33,7	56,9
14	Статический J-интеграл ( $J_i$ ), МДж/м <sup>2</sup>	5,25	9,75
15	Статический критический коэффициент интенсивности напряжений ( $K_i$ ), МПа $\times$ м <sup>0,5</sup>	0,86	1,19
16	Критический коэффициент интенсивности напряжений при максимальной нагрузке ( $K_C$ ), МПа $\times$ м <sup>0,5</sup>	1,18	1,61
17	Критерий хрупкости ( $\chi_F^c$ ), м	48,8	57,1
19	Прочность на растяжение при изгибе ( $R_{Bff}$ ), МПа	7,6	9,1
20	Усадка, мм/м	0,325	0,279

Полученные характеристики показывают, что волокна хризотила улучшают деформативные свойства, снижают усадку с 0,325 мм/м до 0,279 мм/м (т.е. на 15%) относительно контрольных образцов.

Данные исследования подтверждают эффективность использования армирующего материала – хризотила. Введение данного компонента в бетонные изделия увеличивает трещиностойкость бетона и повышает его деформативные характеристики, что в конечном итоге позволит избавиться от возможных дефектов, возникающих в результате усадки.

#### **Библиографический список:**

1. Пухаренко Ю. В., Голубев В. Ю. О вязкости разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 3 (16). С. 80-83.

2. Каримов И. Механика трещинообразования при разрушении бетона (литературный обзор) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.masterbetonov.ru/content/view/528/239/>

3. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей: учеб. пособие для строит. вузов. М.: Высш. шк., 1991. 288 с.

4. Пашенко А.А. Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами. Наука – строительному производству. М.: Стройиздат, 1988. 382 с.

5. ГОСТ 29167-91. Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. М.: Изд-во стандартов, 1991. 14 с.

6. Автоматизированный испытательный комплекс АСИС // ООО «НПП «Геотек»: [сайт]. URL: <http://npp-geotek.ru/catalog/products/131/>

7. Гучкин И.С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций. М.: АСВ, 2001. 173 с.