



## СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТАЛЕФИБРОБЕТОНА ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НОРМАЛЬНОМ ОТРЫВЕ

Е. А. Садовская<sup>1</sup>, С. Н. Леонович<sup>2</sup>, Е. Н. Полонина<sup>3</sup>, Н. А. Будревич<sup>4</sup>

*Белорусский национальный технический университет,*

*65, пр-т Независимости, г. Минск, Республика Беларусь, 220013.*

*E-mail: <sup>1</sup>elena\_koleda@bk.ru, <sup>2</sup>leonovichsn@tut.by, <sup>3</sup>grushevskay\_en@tut.by, <sup>4</sup>nellibudrevich@yandex.by*

*Получена 28 апреля 2021; принята 14 мая 2021.*

**Аннотация.** Для распространения трещин в высокопрочном бетоне нет особых препятствий. Однако в дисперсно-армированных бетонах препятствия в виде волокон затрудняют распространение трещины. Понятно, что под действием нагрузки развитие трещины неизбежно, но на преодоление каждой преграды в виде фибры затрачивается дополнительная энергия, поэтому процесс раскрытия трещин может постепенно затухать. Таким образом, волокна в бетоне являются ингибитором распространения трещин. Трещиностойкость – локальное физико-механическое свойство твердого тела, характеризующее способность оказывать сопротивление распространению в нём трещины. Фибробетон является тем строительным материалом, для которого отличительной особенностью является повышение характеристики трещиностойкости. Определение коэффициента интенсивности напряжений позволяет правильно оценить стойкость материала при образовании и развитии трещин. Коэффициент интенсивности напряжений является одним из наиболее важных показателей трещиностойкости такого материала, как фибробетон. По этой причине способы и методы определения данного показателя должны наиболее полно раскрывать все особенности работы под нагрузкой и качество фибробетона. Для определения коэффициента интенсивности напряжений в лабораторных условиях можно воспользоваться методикой С. Н. Леоновича, О. В. Попова, К. А. Пирадова. Сущность метода заключается в определении максимальных нагрузок, разрушающих контрольные образцы при сжатии и вычислении критических значений интенсивности напряжений. Для авторов стояла задача в нахождении способа определения коэффициента интенсивности напряжений в уже существующих фибробетонных конструкциях. В данной статье изложен способ определения критического коэффициента интенсивности напряжений сталефибробетона в конструкции при нормальном отрыве. На поверхности конструкции выполняют зону концентрации напряжений, которую нагружают через анкер, установленный в выбуренный в фибробетонном массиве шпур, до вырыва микрообъёма. По полученным данным определяют критический коэффициент интенсивности напряжений. Помимо вырывного усилия, производят геометрические замеры усеченного конуса разрушения сталефибробетона конструкции. По установленной зависимости между ними определяют критический коэффициент интенсивности напряжений  $K_{IC}$  сталефибробетона при нормальном отрыве.

**Ключевые слова:** сталефибробетон, критический коэффициент интенсивности напряжений, трещиностойкость, вязкость разрушения, прямой отрыв..

## СПОСІБ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ ІНТЕНСИВНОСТІ НАПРУЖЕНЬ ПРИ НОРМАЛЬНОМУ ВІДРИВІ

О. О. Садовська<sup>1</sup>, С. М. Леонович<sup>2</sup>, О. М. Полоніна<sup>3</sup>, Н. А. Будревич<sup>4</sup>

*Білоруський національний технічний університет,*

*65, пр-т Незалежності, м. Мінськ, Республіка Білорусь, 220013.*

*E-mail: <sup>1</sup>elena\_koleda@bk.ru, <sup>2</sup>leonovichsn@tut.by, <sup>3</sup>grushevskay\_en@tut.by, <sup>4</sup>nellibudrevich@yandex.by*

*Отримана 28 квітня 2021; прийнята 14 травня 2021.*

**Анотація.** Для поширення тріщин у високоміцному бетоні немає особливих перешкод. Однак в дисперсно-армованих бетонах перешкоди у вигляді волокон ускладнюють поширення тріщини. Зрозуміло, що під дією навантаження розвиток тріщини неминучий, але на подолання кожної перешкоди у вигляді фібри витрачається додаткова енергія, тому процес розкриття тріщин може поступово затухати. Таким чином, волокна в бетоні є інгібітором поширення тріщин. Тріщиностійкість – локальна фізико-механічна властивість твердого тіла, що характеризує здатність чинити опір поширенню в ньому тріщини. Фіробетон є тим будівельним матеріалом, для якого характерною рисою є підвищення характеристики тріщиностійкості. Визначення коефіцієнта інтенсивності напружень дозволяє правильно оцінити стійкість матеріалу при створенні та розвитку тріщин. Коефіцієнт інтенсивності напружень є одним з найбільш важливих показників тріщиностійкості такого матеріалу, як фіробетон. З цієї причини способи і методи визначення даного показника повинні найбільш повно розкривати всі особливості роботи під навантаженням і якість фіробетону. Для визначення коефіцієнта інтенсивності напружень в лабораторних умовах можна скористатися методикою С. М. Леоновича, О. В. Попова, К. А. Пірадова. Суть методу полягає у визначенні максимальних навантажень, що руйнують контрольні зразки при стисненні і обчисленні критичних значень інтенсивності напружень. Для авторів стояло завдання в знаходженні способу визначення коефіцієнта інтенсивності напружень в уже існуючих фіробетонних конструкціях. У даній статті викладено спосіб визначення критичного коефіцієнта інтенсивності напружень сталевіробетону в конструкції при нормальному відриві. На поверхні конструкції виконують зону концентрації напружень, яку навантажують через анкер, встановлений у вибуреному у фіробетонному масиві шпур, до вириву мікрооб'єму. За отриманими даними визначають критичний коефіцієнт інтенсивності напружень. Крім виривному зусилля, виконують геометричні виміри усіченого конуса руйнування сталевіробетону конструкції. За встановленою залежністю між ними визначають критичний коефіцієнт інтенсивності напружень  $K_{IC}$  сталевіробетону при нормальному відриві.

**Ключові слова:** сталевіробетон, критичний коефіцієнт інтенсивності напружень, тріщиностійкість, в'язкість руйнування, прямий відрив.

## METHOD FOR QUALITY CONTROL OF STEEL FIBER CONCRETE BY THE STRESS INTENSITY COEFFICIENT AT NORMAL SEPARATION

Alena Sadovskaya <sup>1</sup>, Sergei Leonovich <sup>2</sup>, Alena Polonina <sup>3</sup>, Nelli Budrevich <sup>4</sup>

*Belarusian National Technical University,  
65, Nezavisimosty Ave., Minsk, Belarus, 220013.*

*E-mail: <sup>1</sup>elena\_koleda@bk.ru, <sup>2</sup>leonovichsn@tut.by, <sup>3</sup>grushevskay\_en@tut.by, <sup>4</sup>nellibudrevich@yandex.by*

*Received 28 April 2021; accepted 14 May 2021.*

**Abstract.** There are no particular obstacles for crack propagation in high-strength concrete. However, in dispersed-reinforced concrete, obstacles in the form of fibers make it difficult for the crack to spread. It is clear that under the action of the load, the development of a crack is inevitable, but additional energy is expended on overcoming each obstacle in the form of a fiber, so the process of cracking can gradually fade. Thus, the fibers in the concrete are crack inhibitors. Crack resistance is a local physicomaterial property of a solid that characterizes the ability to resist the propagation of cracks in it. Fiber concrete is a building material for which a distinctive feature is the improvement of crack resistance characteristics. The determination of the stress intensity factor makes it possible to correctly assess the resistance of the material during the formation and development of cracks. The stress intensity factor is one of the most important indicators of the crack resistance of a material such as fiber-reinforced concrete. For this reason, the methods and methods for determining this indicator should most fully disclose all the features of work under load and the quality of fiber-reinforced concrete. To determine the stress intensity factor in the laboratory, you can use the technique of S. N. Leonovich, O. V. Popov, K. A. Piradov. The essence of the method consists in determining the maximum loads destroying control specimens in compression and calculating the critical values of the stress intensity. For the authors, the task was to find a way to determine the stress intensity factor in already existing fiber-reinforced concrete structures. This article describes a method for determining the critical stress intensity factor of steel fiber concrete in a structure with normal separation. On the surface of the structure, a stress concentration zone is carried out, which is loaded through an anchor installed in a hole drilled in a fiber-reinforced concrete hole before the microvolume is pulled out. According to the obtained data, the critical stress intensity coefficient is determined. In addition to the breaking force, geometric measurements of the truncated cone of destruction of the steel-fiber

concrete structure are made. According to the established relationship between them, the critical stress intensity coefficient  $K_{IC}$  of steel fiber concrete is determined at normal separation

**Keywords:** steel fiber concrete, critical intensity coefficient, crack resistance, fracture toughness, direct separation.

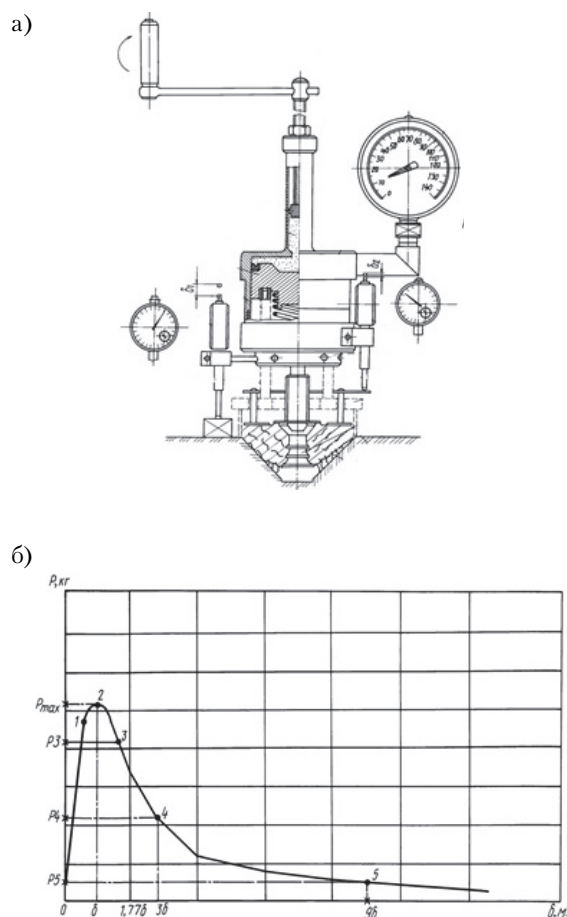
## Введение

Образование и распространение трещин в теле железобетонных конструкций оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства здания или сооружения в целом. Для правильной оценки стойкости материала конструкции с образовавшимися в ней трещинами возникает необходимость установления такого параметра, как трещиностойкость, а именно критического коэффициента интенсивности напряжений (ККИН), который определяется экспериментально и является константой для материала. Особенно этот вопрос актуален при возведении и эксплуатации зданий и сооружений с применением конструкций из фибробетона. Основной отличительной особенностью фибробетона от бетона, армированного стержневой арматурой, являются повышенные характеристики трещиностойкости и возможность «работы» фибробетона при значительном раскрытии трещин [1–3].

Существует ряд способов определения трещиностойкости бетона и фибробетона на образцах в лабораторных условиях. Однако наибольший интерес вызывает возможность определения вязкости разрушения материала в постречных условиях, используя неразрушающие способы контроля. Так, в литературе приведены некоторые возможные варианты получения параметров трещиностойкости фибробетона.

Известен способ контроля качества сталефибробетона [4], заключающийся в установке анкера в конструкцию и создании в нем вырывного усилия. В процессе вырывания микрообъема сталефибробетона определяют величину его линейных перемещений относительно конструкции. Получают график зависимости линейных перемещений микрообъема относительно конструкции от величины усилия, прикладываемого к анкеру. По полученному графику определяют

прочность сталефибробетона. Используя кривую «нагрузка–перемещение» для вырываемого микрообъема, оценивают также качество сталефибробетона, работающего с трещинами, применяя специальные параметры (коэффициенты) качества (рис. 1).



**Рисунок 1.** Способ контроля качества сталефибробетона: а) установки испытательного гидропресса на испытываемой сталефибробетонной конструкции; б) график «нагрузка–перемещение» для вырываемого микрообъема.

Недостатками рассматриваемого метода является следующее: установка фигурного анкера в опалубку; значительное усложнение методики испытаний при измерении вертикальных линейных перемещений анкера и вырываемого микрообъема сталефибробетона; существенная условность, неопределенность полученных результатов, сложность пересчета, большой объем параллельных испытаний образцов.

Известен способ определения критического коэффициента интенсивности напряжения в изделии [5], сущность которого заключается в следующем: в изделии прямоугольного сечения выполняют зону концентрации напряжений, которую нагружают до разрушения и по полученным данным определяют критический коэффициент интенсивности напряжений. Зону концентрации напряжения в изделии выполняют в виде углового сегмента в месте пересечения его перпендикулярных граней. Образованную зону нагружают по поверхности углового сегмента до его отлома, после чего замеряют разрушающую нагрузку и параметры отломленного углового сегмента, а критический коэффициент интенсивности напряжения в изделии определяют по формуле (рис. 2).

Недостатками данного метода являются: невозможность определения прочности бетонов классом более В60; невозможность установки на неровную поверхность (неровности более 5 мм); невозможность установки на плоский участок

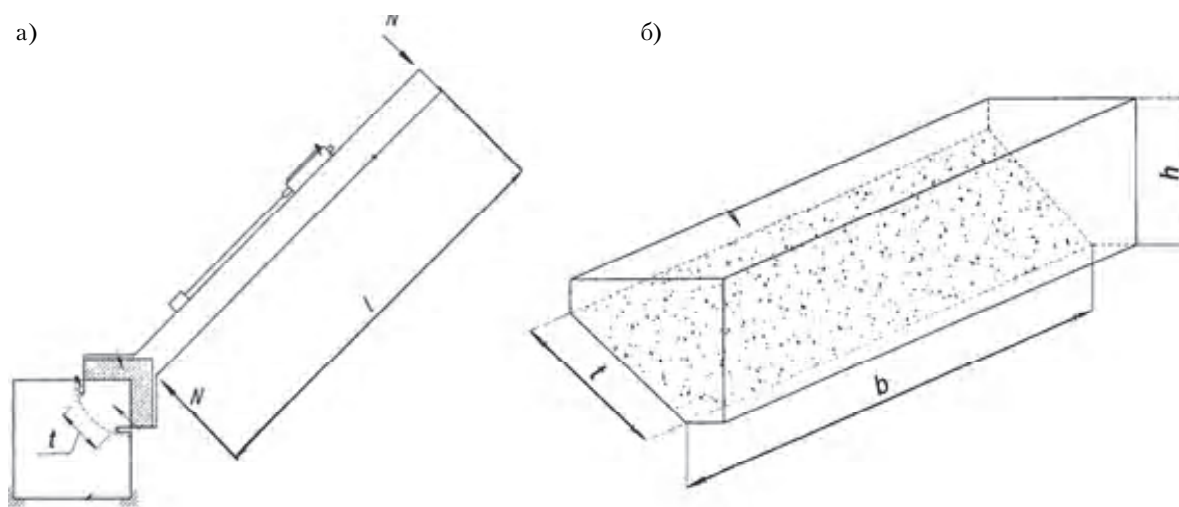
конструкции (только конструкции прямоугольного сечения).

### Цель работы

Была поставлена задача в разработке способа определения критического коэффициента интенсивности напряжений сталефибробетона эксплуатируемой конструкции при нормальном отрыве, что позволит в свою очередь осуществить контроль качества фибробетона непосредственно в конструкции по таким параметрам, как трещиностойкость, морозостойкость и долговечность материала, которые можно спрогнозировать в зависимости от коэффициента интенсивности напряжений [6].

### Математическое моделирование

Поставленную задачу решаем, используя способ определения критического коэффициента интенсивности напряжений сталефибробетона в конструкции при нормальном отрыве, заключающийся в том, что на поверхности конструкции выполняют зону концентрации напряжений, которую нагружают через анкер, установленный в выбуренный в фибробетонном массиве шпур, до вырыва микрообъема и по полученным данным определяют критический коэффициент интенсивности напряжений, при нормальном отрыве непосредственно из конструкции на заданном участке, помимо вырывного усилия, производят



**Рисунок 2.** Способ определения критического коэффициента интенсивности напряжения в изделии: а) схема определения критического коэффициента интенсивности напряжения в изделии; б) аксонометрия углового сегмента после отлома его от изделия.

геометрические замеры усеченного конуса разрушения сталефибробетона конструкции и по установленной зависимости между ними определяют критический коэффициент интенсивности напряжений  $K_{IC}$  сталефибробетона при нормальном отрыве по формуле [7]:

$$K_{IC} = \frac{3 \cdot P \cdot (\cos^2(90 - \alpha) - \sin^2(90 - \alpha))}{2 \cdot \pi \cdot h^2 \left(1 + \frac{r_0}{r_0 + h \cdot \operatorname{tg}(\alpha)}\right)^5} \times \sqrt{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \frac{0,8}{\left(\frac{R}{l}\right)^3} + 0,7 \right), \quad (1)$$

где  $P$  – усилие вырыва, МН;

$\alpha$  – угол между образующей конуса разрушения и стороной шпура;

$$\alpha = \arctg\left(\frac{R}{h}\right);$$

$l$  – длина образующей конуса разрушения.

Разница между максимальным радиусом конуса разрушения и радиусом шпура:

$$R = r_{\max} - r_0,$$

где  $r_{\max}$  – максимальный радиус конуса разрушения;

$r_0$  – радиус шпура;

$h$  – длина шпура.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где изображен усеченный конус разрушения (рис. 3).

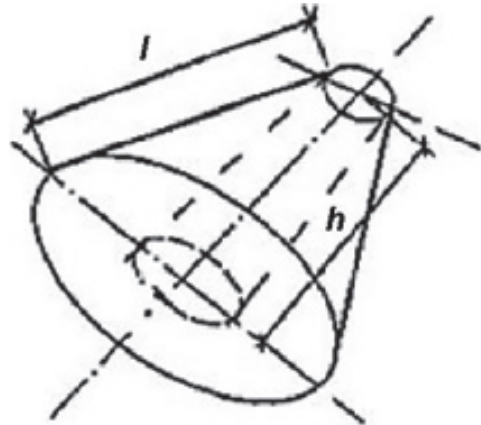
Способ определения критического коэффициента интенсивности напряжений сталефибробетона в конструкции при нормальном отрыве реализуют следующим образом. В выбуренный в сталефибробетонном массиве шпур радиусом  $r_0$  устанавливается специальное анкерное устройство и часть фибробетона выдергивается пресс-насосом, типа ГПНС (гидравлический пресс-насос самоцентрирующийся), в виде усеченного конуса с максимальным радиусом разрушения  $r_{\max}$  и длиной шпура  $h$ .

Разрушение происходит по поверхности конуса, образующая которого совпадает с площадкой главных напряжений.

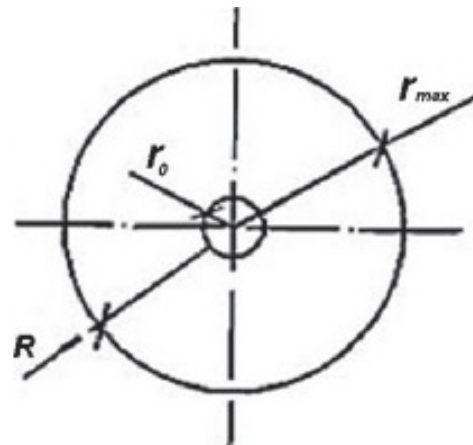
В процессе вырыва микрообъема непосредственно из конструкции на заданном участке помимо величины усилия определяют размеры усеченного конуса разрушения: радиус  $r_0$ , длина

$h$  шпура, длина образующей  $l$  конуса разрушения, и рассчитывают критический коэффициент интенсивности напряжений  $K_{IC}$  сталефибробетона по разработанной формуле (1).

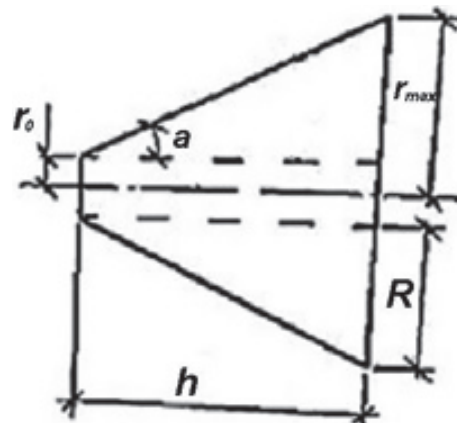
а)



б)



в)



**Рисунок 3.** Усеченный конус разрушения: а) схема усеченного конуса вырыва в аксонометрии; б) схема усеченного конуса вырыва – вид спереди; в) схема усеченного конуса вырыва – вид сбоку.

## Вывод

В процессе испытания способом вырыва микрообъема сталефибробетона используют характерный только для дисперсно армированных материалов эффект [8–12], заключающийся в том, что после образования магистральной трещины, определяющей вырываемый микрообъем, последний не отделяется от тела конструкции, а усилие от анкера в сечениях с трещиной воспринимается фибровой арматурой, т. е. появляется возможность при дальнейшем нагружении оценить работу сталефибробетона после образования трещин. При испытании после образования

трещин происходит нарушение сцепления фибры с бетоном, сопровождающееся перемещением вырываемого микрообъема относительно тела конструкции. Прочность сталефибробетона, являющаяся параметром качества, определяют по величине усилия, а расчет критического коэффициента интенсивности напряжений при нормальном отрыве производится с учетом геометрических параметров шпура и усеченного конуса разрушения. Таким образом, данный способ относится к неразрушающим и может беспрепятственно использоваться в уже существующих конструкциях и изделиях из сталефибробетона для оценки трещиностойкости материала.

## Литература

1. Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при температурных и влажностных воздействиях : монография / С. Н. Леонович, Ю. В. Зайцев, В. В. Доркин, Д. А. Литвиновский. – Москва : Инфра-М, 2018. – 257 с. – Текст : непосредственный.
2. Повышение прочности бетона пластифицирующей добавкой на основе наноструктурированного углерода. – Текст : непосредственный / С. А. Жданок, Е. Н. Полонина, С. Н. Леонович [и др.] // Строительные материалы. – 2018. – № 6. – С. 67–72.
3. Коледа, Е. А. Характеристики трещиностойкости фибробетона как определяющий фактор качества. – Текст : непосредственный / Е. А. Коледа, С. Н. Леонович // Технология строительства и реконструкции : TCR-2015 : сборник докладов Международной научно-технической конференции, Минск, 24–27 ноября 2015. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 282–287.
4. Патент RU 2114412 Российская Федерация, МПК G01N 3/00. Способ контроля качества сталефибробетона : № 93045093/28 : заявл. 23.09.1993 : опубл. 27.06.1998 / Кричевский А. П., Кричевский С. А. – 8 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38109910>. – Текст : электронный.
5. Патент RU 2324916 C1 Российская Федерация, МПК G01N 3/00. Способ определения критического коэффициента интенсивности напряжений в изделии : № 2006137985/28 : заявл. 27.10.2006 : опубл. 20.05.2008 / Варламов А. А., Круциляк Ю. М., Круциляк М. М. – 8 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37654031>. – Текст : электронный.
6. Коледа, Е. А. Влияние дисперсного армирования на плотность и пористость фибробетона / Е. А. Коледа, А. И. Бондарович, С. Н. Леонович. – Текст :

## Reference

1. Leonovich, S. N.; Zaytsev, Yu. V.; Dorkin, V. V.; Litvinovsky, D. A. Strength, crack resistance and durability of structural concrete under temperature and humidity influences : monograph. – Moscow : Infra-M, 2018. – 257 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Zhdanok, S. A.; Polonina, Ye. N.; Leonovich, S. N. [et. al.]. Increasing the strength of concrete with a plasticizing additive based on nanostructured carbon. – Text : direct. In: *Construction Materials*. – 2018. – № 6. – P. 67–72. (in Russian)
3. Koleda, Ye. A.; Leonovich, S. N. Crack resistance characteristics of fiber-reinforced concrete as a determining factor of quality. – Text : direct. – In: *Construction and reconstruction technology : TCR-2015 : Proceedings of the international scientific and technical conference*. – Minsk : BNTU, 2017. – P. 282–287. (in Russian)
4. Patent RU 2114412 Russian Federation, MPK G01N 3/00. Method of quality control of steel fiber reinforced concrete : № 93045093/28 : declaration 23.09.1993 : published 27.06.1998 / Krichevsky A. P.; Krichevsky S. A. – 8 p. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38109910>. – Text : electronic. (in Russian)
5. Patent RU 2324916 C1 Russian Federation, MPK G01N 3/00. Method for determining the critical stress intensity factor in a product : № 2006137985/28 : declaration 27.10.2006 : published 20.05.2008 / Var-lamov A. A.; Krutsilyak Yu. M.; Krutsilyak M. M. – 8 p. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37654031>. – Text : electronic. (in Russian)
6. Koleda, Ye. A.; Bondarovich, A. I.; Leonovich, S. N. The effect of dispersed reinforcement on the density and porosity of fiber concrete. – Text: direct. – In: *Innovative training engineers on the basis of European standards (Eurocodes): proceedings of the International*

- непосредственный // Инновационная подготовка инженерных кадров на основе европейских стандартов (Еврокодов) : материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 30 мая 2017 г. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 97–102.
7. Тимошенко, С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер ; [перевод с английского М. И. Рейтмана, под редакцией Г. С. Шапиро]. – Москва : Наука, 1975. – 576 с. – Текст : непосредственный.
  8. Ramesh, K. Constitutive behavior of confined fibre reinforced concrete under axial compression. – Текст : непосредственный / K. Ramesh, DR. Seshu, M. Prabhakar // *CemConcr Compos.* – 2003. № 25(3). – P. 343–350.
  9. Oluokun, F. A. Splitting tensile strength and compressive strength relationships at early ages. – Текст : непосредственный / F. A. Oluokun, E. G. Burdette, J. H. Deatherage // *ACI Mater.* – 1991. – № 88(2). – P. 115–121.
  10. Use of digital image correlation technique in full-scale testing of prestressed concrete structures. – Текст : непосредственный / B. Gencturk, K. Hossain, A. Kapadia [et. al.] // *Measurement.* – 2014. Volume 47, Issue 1. – P. 505–515.
  11. Skocek, J. Application of optical deformation analysis system on wedge splitting test and its inverse analysis. – Текст : непосредственный / J. Skocek, H. Stang // *Mater Struct.* – 2010. Volume 43. – P. 63–72.
  12. Banthia, N. Concrete reinforced with deformed steel fibres part II: toughness characterization. – Текст : непосредственный / N. Banthia, JF. Trottier // *ACIMater.* – 1995. – Volume 92, Issue 2. – P. 146–154.
  - scientific and technical conference.* – Minsk : BNTU, 2017. – P. 97–102. (in Russian)
  7. Timoshenko, S. P.; Gudyer, Dzh.; [translation from English M. I. Reytmán, edited by G. S. Shapiro]. *Elasticity theory.* – Moscow : Science, 1975. – 576 p. – Text : direct. (in Russian)
  8. Ramesh, K.; Seshu, DR.; Prabhakar, M. Constitutive behavior of confined fibre reinforced concrete under axial compression. – Text : direct. – In: *CemConcr Compos.* – 2003. № 25(3). – P. 343–350. (in English)
  9. Oluokun, F. A.; Burdette, E. G.; Deatherage, J. H. Splitting tensile strength and compressive strength relationships at early ages. – Text : direct. – In: *ACI Mater.* – 1991. – № 88(2). – P. 115–121. (in English)
  10. Gencturk, B.; Hossain, K.; Kapadia, A. [et. al.]. Use of digital image correlation technique in full-scale testing of prestressed concrete structures. – Text : direct. – In: *Measurement.* – 2014. Volume 47, Issue 1. – P. 505–515. (in English)
  11. Skocek, J.; Stang, H. Application of optical deformation analysis system on wedge splitting test and its inverse analysis. – Text : direct. – In: *Mater Struct.* – 2010. Volume 43. – P. 63–72. (in English)
  12. Banthia, N.; Trottier, JF. Concrete reinforced with deformed steel fibres part II: toughness characterization. – Text : direct. – In: *ACIMater.* – 1995. – Volume 92, Issue 2. – P. 146–154. (in English)

**Садовская Елена Александровна** – аспирант Белорусского национального технического университета. Научные интересы: материалы на основе цемента, модифицированные нанодобавками; нанофибробетон.

**Леонович Сергей Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры строительных материалов и технологии строительства, декан строительного факультета Белорусского национального технического университета. Научные интересы: в области прочности, трещиностойкости и долговечности; применения механики разрушения (теории трещин) для оценки долговечности конструкционного бетона при воздействии высоких температур, циклического замораживания–оттаивания, хлоридной агрессии и карбонизации, неразрушающих методов и системы мониторинга зданий и сооружений, методов расчета – прогноза срока службы материалов и конструкций в экстремальных условиях эксплуатации.

**Полонина Елена Николаевна** – аспирант Белорусского национального технического университета. Научные интересы: композиционные материалы на основе цементных вяжущих, модифицированные нанодобавками.

**Будревич Нелли Анатольевна** – магистрант Белорусского национального технического университета. Научные интересы: конструкционный бетон, модифицированный графеном, неразрушающие методы контроля качества бетона.

**Садовська Олена Олександрівна** – аспірант Білоруського національного технічного університету. Наукові інтереси: матеріали на основі цементу, модифіковані нанодобавками, нанофібробетон.



**Леонович Сергій Миколайович** – доктор технічних наук, професор кафедри будівельних матеріалів і технології будівництва, декан будівельного факультету Білоруського національного технічного університету. Наукові інтереси: в області міцності, тріщиностійкості і довговічності, застосування механіки руйнування (теорії тріщин) для оцінки довговічності конструкційного бетону під впливом високих температур, циклічного заморожування–відтавання, хлоридної агресії і карбонізації, неруйнівних методів і системи моніторингу будівель і споруд, методів розрахунку – прогнозу терміну служби матеріалів і конструкцій в екстремальних умовах експлуатації.

**Полоніна Олена Миколаївна** – аспірант Білоруського національного технічного університету. Наукові інтереси: композиційні матеріали на основі цементних в'язучих, модифіковані нанодобавками.

**Будревич Неллі Анатоліївна** – магістрант Білоруського національного технічного університету. Наукові інтереси: конструкційний бетон, модифікований графеном, неруйнівні методи контролю якості бетону.

**Sadovskaya Alena** – Post-graduate student, Belarusian National Technical University. Scientific interests: cement-based materials modified with nano-additives; nanofibrous concrete.

**Leonovich Sergei** – D. Sc. (Eng.), Professor, Building Materials and Construction Technology Department, Dean of Civil Engineering Faculty, Belarusian National Technical University. Scientific interests: in the field of strength, crack resistance and durability; the use of fracture mechanics (theory of cracks) to assess the durability of structural concrete when exposed to high temperatures, cyclic freezing-thawing, chloride aggression and carbonization; non-destructive methods and systems for monitoring buildings and structures; calculation methods – forecasting the life of materials and structures in extreme operating conditions.

**Polonina Alena** – graduate student, Belarusian National Technical University. Scientific interests: composite materials based on cement binders, modified with nano-additives.

**Budrevich Nelli** – Master's student, Belarusian National Technical University. Scientific interests: graphene modified structural concrete; non-destructive concrete quality control methods.