

И.А. ИВАНОВ

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
Ключевская улица, д. 40В, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, 670013, Российская Федерация

КАНАЛООБРАЗОВАТЕЛИ В ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Аннотация

Введение. В статье рассмотрены виды каналообразователей, их применение и преимущества, а также пути совершенствования и технологии применения. Показаны различия каналообразователей в совместной работе с бетоном, преимущества каналообразователей, извлекаемых из бетона, по сравнению с неизвлекаемыми, каналообразователей многоразового и одноразового применения, а также их конструкции, изготовленные из горючих материалов и из металлов с памятью формы, винтовые каналообразователи.

Цель. Изучение, на наш взгляд, наиболее перспективных каналообразователей.

Материалы и методы. Проведен патентный поиск последних предложений по данной тематике, проведены начальные исследования и сравнительные анализы применения предлагаемых каналообразователей.

Результаты. Полученные результаты позволили рекомендовать новые технологии применения каналообразователей.

Выводы. Работы по применению новых технологий использования каналообразователей следует про-

должить в более оснащенных лабораториях и рекомендовать их (технологии) к применению.

Ключевые слова: каналообразователи, горючие пластмассы, металлы с памятью формы, винтовые каналообразователи, арматура, новые технологии

Для цитирования: Иванов И.А. Каналообразователи в преднапряженных железобетонных изделиях // *Бетон и железобетон*. 2025. № 1 (626). С. 28–35. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-1\(626\)-28-35](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-1(626)-28-35). EDN: OKUAAO

Вклад автора

Автор берет на себя ответственность за все аспекты работы над статьей.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 24.12.2024

Поступила после рецензирования 19.01.2025

Принята к публикации 23.01.2025

I.A. IVANOV

East Siberia State University of Technology and Management, Klyuchevskaya str., 40V,
Republic of Buryatia, Ulan-Ude, 670013, Russian Federation

CHANNELIZERS IN PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE PRODUCTS

Abstract

Introduction. The article discusses the types of channeling agents, their application and advantages, as well as ways to improve and technology of application. The differences between channeling agents working together with concrete, the advantages of channeling agents extracted from concrete compared to non-recoverable ones, reusable and single-use channeling agents, as well as their structures made of combustible materials and made of shape-memory metals and screw channeling agents are shown.

Aim. The study of the most promising, in our opinion, channelizers.

Materials and methods. A patent search was conducted for the latest proposals on this topic, initial studies and comparative analyses of the application of the proposed channelizers were conducted.

Results. The results obtained made it possible to recommend new technologies for the use of channeling agents.

Conclusions. Work on the application of new technologies for the use of channel formers should be continued in more equipped laboratories and that technologies should be recommended for use.

Keywords: channel formers, flammable plastics, shape memory metals, screw channel formers, rebars, new technologies

For citation: Ivanov I.A. Channelizers in prestressed reinforced concrete products. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2025, no. 1 (626), pp. 28–35. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-1\(626\)-28-35](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-1(626)-28-35). EDN: OKUAAO

Author contribution statement

The author takes responsibility for all aspects of the work on the article.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Received 24.12.2024

Revised 19.01.2025

Accepted 23.01.2025

Впервые каналообразователи появились во время изготовления первых железобетонных изделий с напряженной арматурой при натяжении «на бетон». На месте расположения арматуры укладывали металлическую трубку, заливали бетон, через 2–3 часа ее продергивали или вращали, пока бетон не набирал 50–60 % своей прочности. Далее трубку выдергивали и на это место вставляли арматуру. На одном конце арматуры ставили заглушку, а на другом конце, где у арматуры была нарезана резьба, производили натяжение арматуры, накручивая гайку.

Недостатки такой технологии – если железобетонное изделие было более 10 метров, то трубка провисала (середина) и достать ее не всегда представлялось возможным. Такую технологию ограничили 10 метрами железобетонного изделия. К недостаткам можно отнести и трудности с определением силы натяжения, инъектирование полости между арматурой и бетоном (ручной труд), плохая связь арматуры с бетоном, так как инъектированный бетон тоже дает усадку и не дает гарантии продергивания арматуры. Следует отметить и тот факт, что натяжение арматуры «на бетон» дороже, чем натяжение «на упоры», а качество ниже.

Вопрос связи арматуры с бетоном является одним из важных факторов качества железобетонных изделий. Пробовали закручивать плоскую ленту в виде спирали, арматуру помещали в кислоту до образования каверн (углублений), делали утолщения на арматуре в виде колец, серповидные утолщения в виде резьбы, многозаходной резьбы и т. д. В одном из таких предложений (полезная модель № 84039) формула изобретения звучит так: «Каналообразователь преднапряженной строительной конструкции, включающий пучок арматуры, содер-

жащий высокопрочные проволоки, расположенные вокруг сердечника, отличающийся тем, что сердечник выполнен в виде жгута из углепластиковых волокон, обладающих прочностью 30000 кг/см², при этом пряди арматуры или отдельные проволоки плотно уложены на жгут» [1].

Когда бетон схватился, сердечник (рис. 1, обозначение 3) извлекают (выдергивают) из окружающих его проволок, их натягивают, а каналообразователь инъектируют. Здесь есть связь арматуры с бетоном, хоть и некачественная. Повысить ее качество можно, если инъектирование производить безудачным или расширяющимся бетоном.

Наиболее применяемая конструкция каналообразователя – это гофрированная трубка, чаще всего изготовленная из металла (рис. 2).

Преимущества. При инъектировании, когда бетон схватывается и уменьшается в объеме (2–3 мм на метр), он образует зазор между инъектированным бетоном и гофрированным каналообразователем, но ввиду того, что гофра имеет зубчатый профиль, он не выходит из них, тем самым создавая связь арматуры с бетоном (арматура не продергивается).

Недостатком такой технологии является то, что гофра в 90 % случаев изготавливается из металла, а ведь основным преимуществом преднапряженного железобетона является пониженный расход металла, а здесь гофра составляет (примерно) 20 % от объема металла в арматуре. И если этот металл объединить с металлом арматуры, то прочность ее увеличится и не надо будет натягивать арматуру. Такой каналообразователь имеет и другой недостаток – коррозия внутри железобетонного изделия, так как он изготовлен из слаболегированного металла. Пробуют применять каналообразователи из пластмасс, но результат хуже.

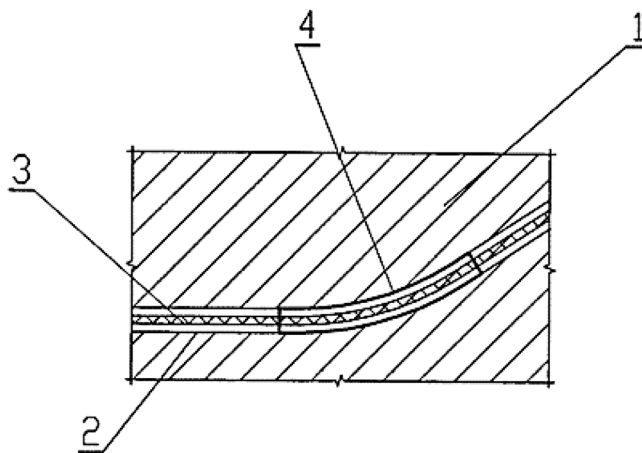


Рис. 1. Бетон (1), каналообразователь из пучка высокопрочной арматуры (2), расположенного вокруг сердечника (3), который выполнен в виде жгута из углепластиковых волокон, обладающих прочностью более 30 000 кг/см².

При этом пряди арматуры или отдельные проволоки плотно уложены на жгут (3)

Fig. 1. Concrete (1), channeling agent from a bundle of high-strength reinforcement (2) located around the core (3), which is made in the form of a bundle of carbon fibers with a strength of more than 30 000 kg/cm². In this case, the strands of reinforcement or individual wires are tightly stacked on the bundle (3)



Рис. 2. Гофрированные каналобразователи
Fig. 2. Corrugated channelizers

Основное направление для связи арматуры с бетоном – это удаление каналобразователя из бетона после набора 75 % прочности изделия. Тогда решится проблема связи арматуры с бетоном наряду с применением для инъекции расширяющегося или безусадочного бетона, инъектирования под давлением, увлажнения поверхности изделия мокрым брезентом, полива по мере высыхания, с применением специальных пластификаторов, приготовления инъектированного раствора способом, снижающим попадание воздуха в раствор.

Задача извлечения каналобразователя из бетона стоит по сей день, но тенденция уже наметилась – все

больше заявок на патенты в исследовательских работах по такой технологии, статей в журналах и докладов на конференциях.

Вот несколько предложений по этой тематике – патент № 2814864 [2].

По каналобразователю при помощи насосной станции подается раствор, растворяющий материал, из которого состоит каналобразователь (рис. 3). Например, полиакрилат растворяется в дихлорэтане, полиамид – в серной кислоте и феноле, полиуретан – в холодной уксусной кислоте.

Каналобразователь закрывается с левой стороны (согласно чертежу) пробкой, а с правой сто-

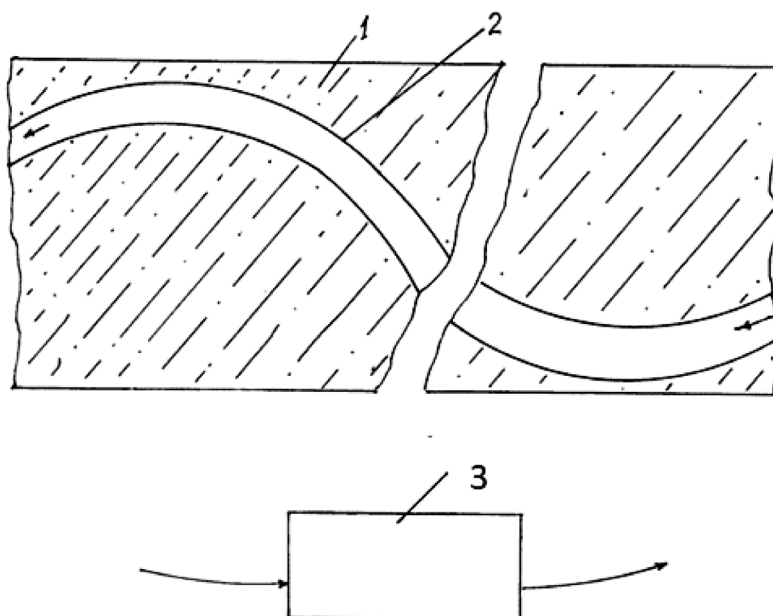


Рис. 3. Удаление каналобразователя путем прокачки по нему растворяющей жидкости:
1 – бетон; 2 – каналобразователь; 3 – насосная станция

Fig. 3. Removal of channeling agent by pumping a solvent liquid through it:
1 – concrete; 2 – channeling agent; 3 – pumping station

роны – пробкой, в которую вмонтирован клапан с возможностью впуска и выпуска воздуха из каналообразователя (рис. 4).

Когда бетон еще в жидком состоянии, то через клапан наполняем каналообразователь на некоторую величину, чтобы его диаметр увеличился. Эта величина, при которой материал каналообразователя из увеличенного диаметра мог свободно принять исходные размеры и оторваться от стенок бетона. Если этой силы не хватает, то выкачиваем воздух, после чего и каналообразователь схлопывается и легко извлекается из бетона.

Вот еще одно из предложений, которое, по нашему мнению, заслуживает, чтобы его внимательно рассмотрели, – заявка № 2023121849 [3].

Первый вариант. Каналообразователь изготовлен из полиэтилена высокого давления низкой плотности, который горит без копоти, для устойчивого горения в пластмассу можно, например, добавить полипропилен и магний, тогда будет устойчивое и быстротекущее горение. Поджигаем горючую ленту

и с другой стороны подаем воздух для поддержания горения и охлаждения стенок в бетоне, тем самым регулируя скорость горения (рис. 5).

Второй вариант. Следует отметить, что каналообразователь изготовлен из полиэтилентереофлата, особенностью которого является начало деформации при температуре более 75 °С, при которой он уменьшается в диаметре и становится неправильной формы (свободной).

Способом освобождения каналообразователя, изготовленного из полиэтилентереофлата, является поджог узкой полосы, состоящей из горючих материалов. Полоса во время горения прожигает каналообразователь, и сила сжатия его (каналообразователя) бетоном исчезает, а сам каналообразователь от температуры горения деформируется, отстает от стенок бетона и легко извлекается из него.

Еще одно предложение по данной теме – каналообразователь, изготовленный из металла с памятью формы (заявка № 2024104782 [4]).

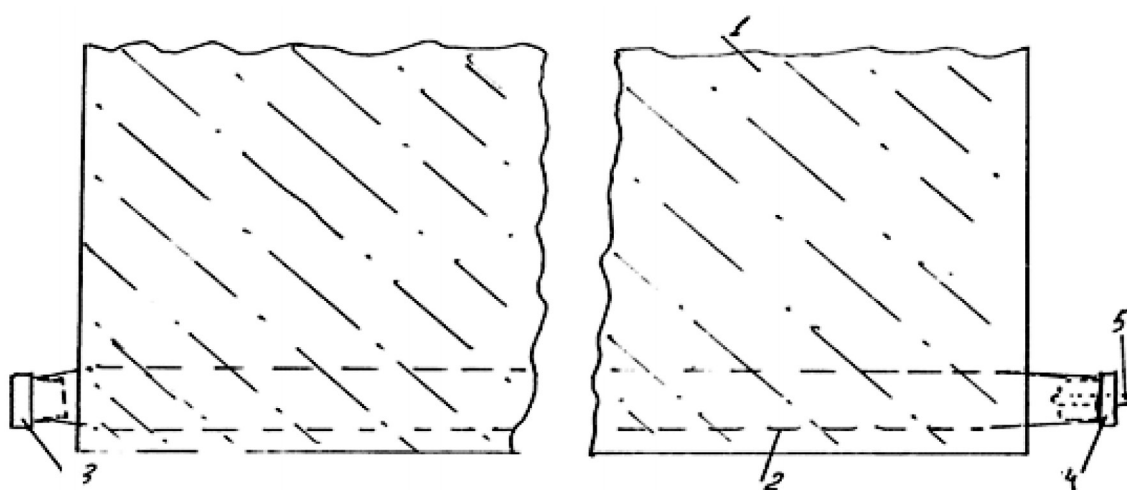


Рис. 4. 1 – бетон; 2 – каналообразователь; 3 – пробка; 4 – пробка, сквозь которую проходит ниппель; 5 – клапан с возможностью впуска и выпуска воздуха из каналообразователя

Fig. 4. 1 – concrete; 2 – channeling agent; 3 – plug; 4 – plug through which the nipple passes; 5 – valve with the possibility of inlet and outlet of air from the channeling agent

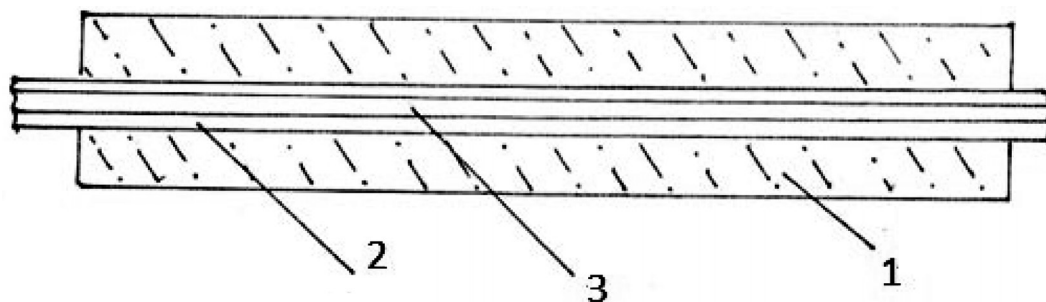


Рис. 5. 1 – бетон; 2 – каналообразователь; 3 – лента, состоящая из горючих материалов

Fig. 5. 1 – concrete; 2 – channeling agent; 3 – tape consisting of combustible materials

Предложенное изобретение работает следующим образом (рис. 6). Из металла с памятью формы изготавливается трубка (каналообразователь) по диаметру меньшему, чем будущее отверстие в бетоне, затем трубку (каналообразователь) нагревают, резко охлаждают и деформируют (развальцовывают) до проектного диаметра отверстия в бетоне, укладывают в форму (на чертеже не показано), заливают бетон, по достижении прочности бетона 75 % от проектного трубку (каналообразователь) нагревают (ток), каналообразователь (трубка) уменьшается в диаметре, между трубкой и бетоном образуется зазор, после чего каналообразователь (трубка) легко извлекается из бетона.

Преимущества данного предложения состоят в том, что каналообразователь из металла с памятью формы может использоваться многократно, легко извлекается из бетона, стенки отверстия в бетоне гладкие, что позволяет легко продевать канат или моноарматуру, технология проста в производстве и не требует высокообразованного персонала.

Рассмотрим еще одно предложение по данной теме – каналообразователь, изготовленный из стержня с резьбой, который устанавливают в предусмотренное проектом место, после достижения 75 % проектной прочности стержень путем выворачивания удаляют, в образовавшееся пространство (канал) вставляют арматуру, которую натягивают, после ее фиксации образовавшееся пространство между арматурой и бетоном заполняют водоцементным раствором.

Предлагаемая конструкция каналообразователя работает следующим образом (рис. 7): стержень с резьбой укладывают в предусмотренное проектом место и заливают бетоном. Чтобы стержень с резьбой не схватывался с бетоном, следует его проворачивать 3–4 раза в первые сутки на пол оборота. После схватывания бетона (72 часа) стержень с резьбой извлекают из бетона путем выворачивания. В бетоне образуется сквозной канал со следами стержня с резьбой (рис. 8). В образовавшееся пространство (канал) вставляют арматуру (рис. 9), ее натягивают, фиксируют, пространство между бетоном и арматурой заполняют водоцементной смесью.

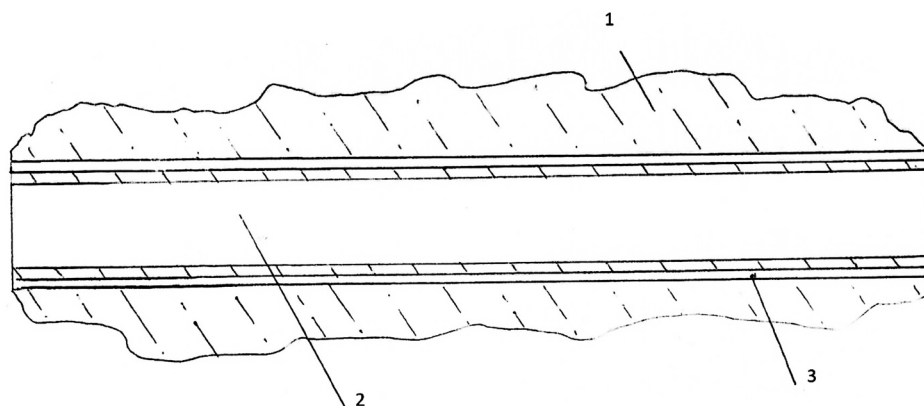


Рис. 6. Каналообразователь из металла с памятью формы: 1 – бетон; 2 – каналообразователь из металла с памятью формы; 3 – зазор между каналообразователем и бетоном после сжатия каналообразователя

Fig. 6. Channeling agent made of metal with shape memory: 1 – concrete; 2 – channeling agent made of metal with shape memory; 3 – gap between channeling agent and concrete after compression of channeling agent

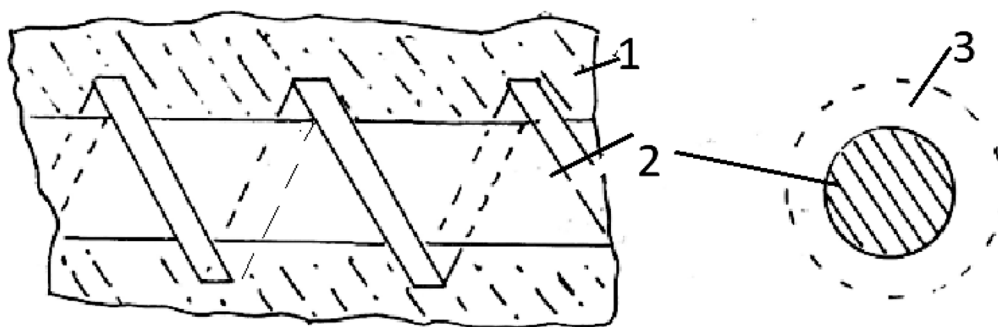


Рис. 7. 1 – Бетон; 2 – стержень с резьбой (3)

Fig. 7. 1 – Concrete; 2 – threaded rod (3)

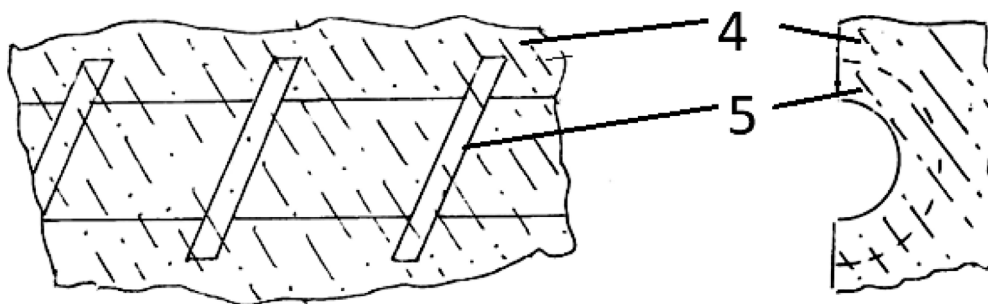


Рис. 8. Разрез: 4 – бетон; 5 – следы после удаления стержня с резьбой
Fig. 8. Section: 4 – concrete; 5 – traces after removal of the threaded rod

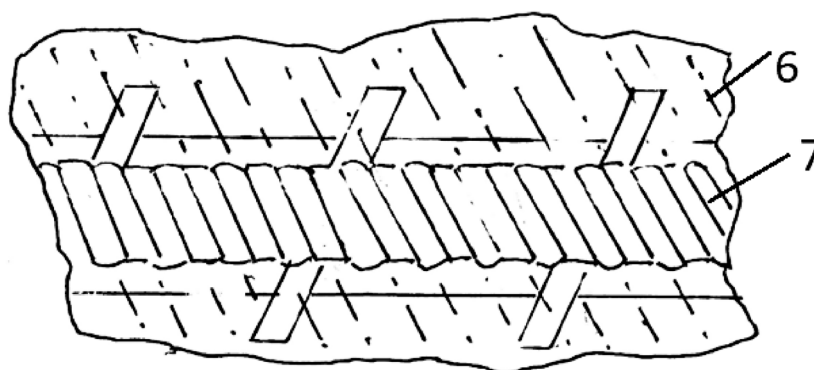


Рис. 9. 6 – бетон; 7 – арматура
Fig. 9. 6 – concrete; 7 – reinforcement

Список литературы

1. Решетников И.В., Решетников В.Г. Каналообразователь преднапряженной строительной конструкции. RU 84039 U1. Оpubл. 27.06.2009.
2. Иванов И.А. Способ удаления каналообразователя из бетона (варианты). RU 2814864 C2. Оpubл. 05.03.2024.
3. Иванов И.А. Способ удаления каналообразователя из бетона. Заявка 2023121849. Оpubл. 23.04.2024.
4. Иванов И.А. Каналообразователь преднапряженной строительной конструкции. Заявка 2024104782. Оpubл. 26.02.2024.
5. Леонгардт Ф. Напряженно армированный железобетон и его практическое применение. Москва: Стройиздат, 1957. 588 с.
6. Леонович С.Н., Передков И.И. Технология устройства облегченных пустотообразователями железобетонных плит перекрытия с предварительным напряжением арматуры в построечных условиях // *Наука и техника*. 2015. № 6. С. 54–65.
7. Хардаев П., Лундэбазар Б., Ищенко А., Балхоева В., Иванов И. Плюсы и минусы каналообразователя в ЖБ-изделии // *Строительство, новые технологии – новое оборудование*. 2021. № 9. С. 36–41.
8. Кохно В.О. Предварительное напряжение арматуры. Методы создания предварительного напряжения в железобетонных конструкциях // *Молодой ученый*. 2022. № 3 (398). С. 18–21.
9. Леонович С.Н., Передков И.И., Сидорова А.И. Технология предварительного напряжения ЖБ конструкций в построечных условиях. Минск: БНТУ, 2018. 279 с.
10. Иванов И.А. Каналообразователь. Заявка 2024117136. Оpubл. 02.06.2024.
11. Кравчук Е.В., Иодчик А.А., Кравчук В.А. Элементы оценки ресурса стальных балок, предварительно напряженных вытяжкой стенки // *Вестник ВСГУТУ*. 2024. № 3 (94). С. 41–53. DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2024_3_41

References

1. Reshetnikov I.V., Reshetnikov V.G. Channel-forming element of prestressed building structure. RU 84039 U1. Publ. date 27.06.2009. (In Russian).
2. Ivanov I.A. Method for removal of former channel from concrete (embodiments). RU 2814864 C2. Publ. date 05.03.2024. (In Russian).

3. Ivanov I.A. Method for removal of channel-forming element from concrete. Application 2023121849. Publ. date 23.04.2024. (In Russian).
4. Ivanov I.A. Channel-forming element of prestressed building structure. Application 2024104782. Publ. date 26.02.2024. (In Russian).
5. Leonhardt F. Prestressed reinforced concrete and its practical application. Moscow: Stroyizdat Publ., 1957, 588 p. (In Russian).
6. Leonovich S.N., Peredkov I.I. Technology for installation of reinforced concrete floor slabs lightened by core drivers with preliminary reinforcement stress. *Science & Technique*. 2015, no. 6, pp. 54–65. (In Russian).
7. Hardaev P., Lundebazar B., Ishchenko A., Balkhoeva V., Ivanov I. Pros and cons of a channel former in a reinforced concrete product. *Construction, new technologies – new equipment*. 2021, no. 9. pp. 36–41. (In Russian).
8. Kokhno V.O. Prestressing of reinforcement. Methods of creating prestress in reinforced concrete structures. *Young Scientist*. 2022, no. 3 (398), pp. 18–21. (In Russian).
9. Leonovich S.N., Peredkov I.I., Sidorova A.I. Prestressing technology of reinforced concrete structures under construction conditions. Minsk: BNTU, 2018, 279 p. (In Russian).
10. Ivanov I.A. Channel-former. Application 2024117136. Publ. date 02.06.2024.
11. Kravchuk E.V., Iodchik A.A., Kravchuk V.A. Elements of resource assessment of steel beams prestressed web. *ESSUTM Bulletin*. 2024, no. 3 (94), pp. 41–53. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2024_3_41

**Информация об авторе /
Information about the author**

Игорь Алексеевич Иванов, д-р техн. наук, доцент, преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ

e-mail: ivanova-2006@mail.ru

Igor A. Ivanov, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, Lecturer at the Department of Industrial and Civil Engineering, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude

e-mail: ivanova-2006@mail.ru