

АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА «ПЛИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫЕ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ»

В.А. ТИТАЕВ^{1,2,✉}, канд. техн. наук
Б.С. СОКОЛОВ¹, канд. техн. наук
И.А. ЧЕРНЫЙ¹

¹ Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Ярославское шоссе, д. 26, г. Москва, 129337, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Изучив материалы исследований, приведенные в рассмотренных статьях, сотрудниками НИИЖБ им. А.А. Гвоздева выполнена работа по актуализации межгосударственного стандарта ГОСТ 22930-87 «Плиты железобетонные предварительно напряженные для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем. Технические условия».

Цель. Информирование специалистов в области мелиоративного строительства о пересмотре положений ГОСТ 22930-87 в части технических условий на изготовление железобетонных предварительно напряженных плит для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем в связи с обновлением нормативной базы по проектированию и изготовлению железобетонных изделий.

Результаты. При пересмотре ГОСТ 22930-87 решены следующие задачи: откорректирована структура и положения стандарта; уточнены требования к правилам обеспечения единства измерений в Российской Федерации. Представлены требования по испытанию плит, указаны контрольные нагрузки при испытании плит на прочность и трещиностойкость. Обоснована потребность отрасли в актуализации межгосударственного стандарта ГОСТ 22930-87. Подробно изложены задачи и ключевые изменения, внесенные в новую редакцию стандарта (ГОСТ 22930-2025). Приведены обновленные требования к бетону (класс прочности, марки по морозостойкости и водонепроницаемости), точности геометрических параметров плит, правилам приемки и методам контроля. Особое внимание уделено необходимости использования заполнителей, соответствующих ГОСТ 8267-93 и ГОСТ 8736-2014, для обеспечения стойкости бетона к щелочно-кремнеземной реакции и гарантии долговечности конструкций.

Выводы. Актуализированный ГОСТ 22930 будет способствовать качественному проектированию и изготовлению надежных и долговечных предварительно напряженных железобетонных плит для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем.

Ключевые слова: железобетон, конструирование, испытание, приемка, метод контроля, плита покрытия канала, предварительное напряжение, оросительный канал, мелиоративная система, щелочно-кремнеземная реакция

Для цитирования: Титаев В.А., Соколов Б.С., Черный И.А. Актуализация межгосударственного стандарта «Плиты железобетонные предварительно напряженные для облицовки оросительных каналов

мелиоративных систем». *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2025;47(4):76–89. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4\(47\)-76-89](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-76-89)

Вклад авторов

Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование

Статья написана по результатам выполнения контрактных обязательств между АО «НИЦ «Строительство» и ФАУ «ФЦС».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 28.08.2025

Поступила после рецензирования 02.10.2025

Принята к публикации 09.10.2025

UPDATE OF THE INTERSTATE STANDARD “PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE SLABS FOR IRRIGATION CANAL LINING OF MELIORATION SYSTEMS”

V.A. TITAEV^{1,2,✉}, Cand. Sci. (Engineering)

B.S. SOKOLOV¹, Cand. Sci. (Engineering)

I.A. CHERNYI¹

¹Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428, Russian Federation

²Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation

Abstract

Introduction. After studying the research materials presented in the reviewed articles, the Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev have completed the work on updating the State Standard 22930-87 interstate standard “Prestressed reinforced concrete slabs for lining irrigation canals of reclamation systems. Specifications”.

Aim. To inform the specialists in the field of land reclamation construction about the revision of State Standard 22930-87 provisions regarding the technical conditions for the manufacture of prestressed reinforced concrete slabs for lining irrigation canals of reclamation systems due to the updated regulatory framework for the design and manufacture of reinforced concrete products.

Results. The revision of State Standard 22930-87 addressed the following issues: the structure and provisions of the standard were adjusted; the requirements to the rules for ensuring the uniformity of measurements in the Russian Federation were clarified. The requirements for testing the slabs are presented; control loads for strength and cracking resistance testing of slabs are specified. The urgency of updating the State Standard 22930-87 interstate standard for the industry is substantiated. The objectives and key changes introduced in the new edition of the standard (State Standard 22930-2025) are described in detail. Updated requirements for concrete, including the strength class, as well as frost and water resistance grades, accuracy of slab geometric parameters, acceptance rules, and inspection methods are provided. Particular attention is paid to the compliance of fillers to State Standard 8267-93 and State Standard 8736-2014 for ensuring the concrete resistance to the alkali-silica reaction and guarantying the durability of structures.

Conclusions. The updated State Standard 22930 will facilitate the high-quality design and manufacture of reliable and durable prestressed reinforced concrete slabs for lining irrigation canals of drainage systems.

Keywords: reinforced concrete, design, testing, acceptance, inspection method, canal slab, prestressing, irrigation canal, reclamation system, alkali-silica reaction

For citation: Titaev V.A., Sokolov B.S., Chernyi I.A. Update of the interstate standard "Prestressed reinforced concrete slabs for irrigation canal lining of melioration systems". *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2025;47(4):76–89. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4\(47\)-76-89](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-76-89)

Authors contribution statement

All authors made equal contributions to the study and the publication.

Funding

The article is written based on the results of the fulfillment of contractual obligations between the JSC Research Center of Construction and Federal Center for Regulation, Standardization and Technical Assessment in Construction (FAU "FCC").

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 28.08.2025

Revised 02.10.2025

Accepted 09.10.2025

В мелиоративной практике нашли широкое применение облицовки из предварительно напряженных железобетонных плит. Используют их для облицовки открытых оросительных, обводнительных, энергетических, водопроводных, рыбоводных и других каналов, для крепления откосов земляных плотин, водоебов, рисберм, переходных участков в сооружениях и т. д. Принципиальное решение облицовки открытых каналов показано на рис. 1. Актуальность облицовки мелиоративных каналов с помощью сборных железобетонных плит подтверждается большим количеством научных работ [1–9] и патентов на изобретения [10–13] в этой области.

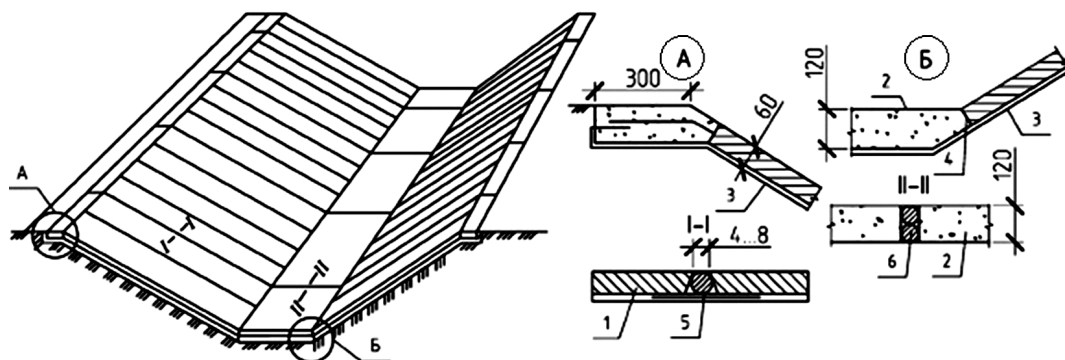


Рис. 1. Принципиальное решение крепления откосов мелиоративного канала из сборного железобетона:

1 – сборная плита; 2 – монолитный железобетон; 3 – пленка ПВХ; 4 – битум; 5, 6 – заполнители швов (источник: [3])

Fig. 1. Basic option for fastening the slopes of an irrigation canal made of precast reinforced concrete: 1 – precast slab; 2 – monolithic reinforced concrete; 3 – PVC film; 4 – bitumen; 5, 6 – joint fillers [source: [3]]

При строительстве ряда каналов (Большой Ставропольский, Куйбышевский, Саратовский, Большой Волгоградский и др.) широко использовались железобетонные предварительно напряженные железобетонные плиты марки ПКН.

Применение данных плит способствовало улучшению качества работ благодаря индустриализации, заводской технологии производства и контроля качества изделий. Общий вид облицовочных мелиоративных плит марки ПКН показан на рис. 2. Здесь плиты установлены с допуском отклонением от вертикали до 8° на боковые грани.

Относительно продольной оси русла канала различают два способа расположения облицовочных плит: поперечный (рис. 3) и продольный (рис. 4).

Однако сборные облицовки каналов оросительных систем имеют и недостатки. Большое число швов и стыков снижает со временем водонепроницаемость и эксплуатационные качества облицовки.

Статья [3] посвящена обоснованию способа ремонта облицовок откосов каналов из железобетонных плит при возникновении пустот под ними. В работе приводятся данные об устройстве крепления откосов каналов железобетонными плитами, о часто встречающихся повреждениях таких креплений, возникающих в результате размыва основания, что приводит к образованию таких дефектов облицовки мелиоративных каналов, как сползание плит и образование под ними пустот, к повреждению облицовки и значительному увеличению фильтрации, которая и без этого является основной статьей потерь при транспортировке оросительной воды [14]. Изложен оригинальный способ ремонта, заключающийся в подаче строительного раствора по трубопроводу с поверхности земли в пустоты под плитами крепления откосов, обоснованы его преимущества.



Рис. 2. Общий вид облицовочных плит марки ПКН60.20 (источник: https://irkutsk.pkfcvet.ru/media/uploads/images/zhelezobetonnye_plity_oblicovki_kanalov.jpg)

Fig. 2. General view of PKN60.20 facing slabs [source: https://irkutsk.pkfcvet.ru/media/uploads/images/zhelezobetonnye_plity_oblicovki_kanalov.jpg]



Рис. 3. Пример «поперечного» расположения облицовочных плит в русле канала (Северо-Крымский канал)
[источник: <https://cdn-st4.rtr-vesti.ru/vh/pictures/hd/407/988/3.jpg>]

Fig. 3. Transverse arrangement of facing slabs in the bed of the North Crimean Canal (source: <https://cdn-st4.rtr-vesti.ru/vh/pictures/hd/407/988/3.jpg>)



Рис. 4. Пример «продольного» расположения облицовочных плит в русле канала (Заволжская ООС). Наличие растительности в русле канала свидетельствует о нарушении сплошности покрытия канала (источник: [3])

Fig. 4. Longitudinal arrangement of facing slabs in the canal bed of the Zavolzhskaya Irrigation System. Vegetation in the canal bed indicates the violated continuity of the canal surface (source: [3])

Для ремонта подобных повреждений и предотвращения смещения плит облицовки требуется набор операций, аналогичный работам по строительству каналов, то есть демонтаж части противофильтрационных одежд в месте образования пустот, восстановление планировки откосов и показателей грунтового основания, обработка грунтового основания гербицидами, восстановление пленочного экрана и монтаж сборных железобетонных плит [4, 6].

Рассмотрены и сопоставлены такие облицовочные материалы, как геомембрана, бентонитовые маты и бетонная облицовка в статье [7]. Изучено повышение эффективности и надежности оросительных каналов, исключение фильтрационных потерь воды за счет разработки и применения инновационных геосинтетических материалов при их реконструкции и ремонте. Определена возможность применения малой механизированной техники при проведении работ по очистке русла каналов, покрытых бетонным полотном от наносов.

В работе [2] определялась прочность железобетонных плит крепления откосов в нижних бьефах мелиоративных каналов на примере шлюза-регулятора на Большом Ставропольском канале. Установлено, что толщины плит, работающих в натуральных условиях, достаточно. С учетом рекомендаций свода правил [15] определены нагрузки, действующие на железобетонную плиту покрытия откоса, и выполнены расчеты на прочность и трещинообразование, которые подтвердили, что принятые характеристики плит удовлетворяют требованиям обеспечения надежности [16].

Возможность замены стальной напряженной арматуры в железобетонных облицовочных плитах на стеклопластиковую рассмотрена в статье [1]. Композитная арматура обладает рядом преимуществ перед стальной. На примере показана возможность использования стеклопластиковой арматуры в качестве рабочей напряженной арматуры плиты. В реальном же проектировании вызывает сомнение решение вопроса по конструктивной адаптации результатов расчета в связи со сложностью при анкеровке данной арматуры в бетоне плиты, а также учете ее реальных деформативных особенностей.

Рассмотрев материалы исследований, приведенные в изученных статьях, с целью реализации возможности дальнейшего развития строительства и реконструкции мелиоративных сетей стран содружества и таможенного союза сотрудниками лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева выполнена работа по актуализации ГОСТ 22930-87 «Плиты железобетонные предварительно напряженные для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем. Технические условия» [17].

Структура нормативного документа актуализированной редакции составлена на основании требований ГОСТ 1.5-2001 [18].

Актуализированный межгосударственный стандарт содержит 9 разделов и 2 приложения. Стандарт распространяется на железобетонные предварительно напряженные плиты, изготавливаемые из тяжелого бетона и предназначенные для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем:

- при глубине потока воды до 3 м включительно, максимальной высоте волны 0,5 м и отсутствии ледовых нагрузок;
- сооружаемых в нескальных грунтах при неагрессивной степени воздействия на железобетонные конструкции;
- сооружаемых в несейсмических районах, а также в районах с сейсмичностью до 8 баллов включительно;

– сооружаемых в районах с температурой наружного воздуха (средней наиболее холодной пятидневки) до минус 40 °С включительно.

Стандарт пересмотрен в обеспечение требований ГОСТ 13015-2012 [19], ГОСТ 26633-2015 [20], ГОСТ 27751-2014 [16], ГОСТ 31384-2017 [21].

ГОСТ 22930-87 [17] пересмотрен с учетом требований Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [22], распространяется на железобетонные предварительно напряженные плиты, изготавливаемые из тяжелого бетона и предназначенные для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем.

Целью пересмотра ГОСТ 22930-87 [17] является актуализация его положений в части технических условий на изготовление железобетонных предварительно напряженных плит для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем в связи с обновлением нормативной базы по проектированию и изготовлению железобетонных изделий.

При пересмотре ГОСТ 22930-87 [17] решены следующие задачи:

– откорректирована структура и положения стандарта в связи изменениями требований основополагающих стандартов (ГОСТ Р 1.5-2001 [18]);

– уточнены требования к правилам обеспечения единства измерений в Российской Федерации, установленным Федеральным законом от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [23] и документами уполномоченных федеральных органов исполнительной власти.

При пересмотре стандарта назначен определенный уровень по морозостойкости и водонепроницаемости, указан класс бетона по прочности, гарантирующий обеспечение заданных морозостойкости и водонепроницаемости.

Кроме этого, одной из задач пересмотра межгосударственного стандарта [17] является также установление актуальных технических требований ГОСТ 34028-2016 [24].

В разработанной редакции стандарта пересмотрена его структура. Ряд пунктов прежней редакции стандарта исключен.

В разделе 1 «Область применения» уточнено, что плиты для покрытия открытых мелиоративных каналов являются сборными изделиями.

В разделе 2 «Нормативные ссылки» уточнен и дополнен перечень используемых стандартов.

В раздел 3 «Термины, определения» внесен ряд редакционных изменений.

Раздел 4 «Условные обозначения» поясняет структуру маркировки плит.

Раздел 5 «Форма и основные размеры» содержит требования к основным геометрическим параметрам плит.

Раздел 6 «Технические требования» содержит перечень конструктивных и технологических требований, предъявляемых стандартами и другими нормативными документами к плитам, а также к материалам и арматурным изделиям, используемым для плит.

Основные параметры бетона, представленные в табл. 1, назначены на основании требований к бетону изделий по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости с учетом класса среды эксплуатации в соответствии с требованиями ГОСТ 31384-2017 [21].

Определены значения фактических отклонений геометрических параметров плит, которые не должны превышать предельных, указанных в табл. 2.

Раздел 7 «Правила приемки» переработан в соответствии с ГОСТ 13015-2012 [19], требования при приемке плит определены и приведены в табл. 3.

Таблица 1

Основные параметры бетона плит

Table 1

Basic parameters of slab concrete

Параметр	Минимальное значение
Класс бетона по прочности на сжатие	B22,5
Марка бетона по морозостойкости	F ₁ 200
Марка по водонепроницаемости	W6
Водопоглощение по массе	Не более 5 %

Таблица 2

Предельные отклонения геометрических параметров плит

Table 2

Limit deviations of slab geometric parameters

Вид отклонения геометрического параметра	Геометрический параметр и его номинальное значение, мм	Предельное отклонение, мм
Отклонение от линейного размера	Длина плиты: – 4000	± 20
	– 5000 и 6000	± 25
	Ширина плиты: – 750 и 1000	± 10
	– 1500	± 12
	– 2000	± 15
	Толщина плиты	+5, -3
	Размер, определяющий положение монтажных петель: – по длине плиты – по ширине плиты – по толщине плиты	± 20 ± 10 ± 3
Отклонение от прямолинейности	Прямолинейность профиля поверхности боковых граней плиты в любом сечении на всей длине: – 4000 – 5000 и 6000	± 12 ± 15
Отклонение от равенства диагоналей	Разность длин диагоналей лицевой поверхности плиты длиной: – 4000 – 5000 и 6000	± 16 ± 20

В раздел 8 «Методы контроля» внесен ряд редакционных изменений. Представлены требования по испытанию плит, указаны контрольные нагрузки при испытании плит на прочность и трещиностойкость.

Раздел 9 «Маркировка, хранение и транспортирование» реструктурирован и сокращен.

В Приложении А (обязательном) в графической и табличной формах представлены марки и основные геометрические размеры плит.

В Приложении Б (обязательном) приведены схемы армирования предварительно напряженных плит. В связи с рассинхронизацией актуализации стандартов и сводов правил

Таблица 3

Требования при приемке плит

Table 3

Slab acceptance requirements

Наименование показателя	Вид контроля			Объем выборки и (или) периодичность контроля
	операционный	приемосдаточный	периодический	
Натяжение арматуры	+	–	–	100 % постоянно
Отпускная и передаточная прочность	–	+	–	100 % постоянно
Прочность бетона на сжатие	–	+	–	100 % постоянно
Толщина защитного слоя	–	+	–	100 % постоянно
Прочность сварных соединений	+	–	–	100 % постоянно
Соответствие диаметра и количества арматурных стержней или проволок	+	–	–	100 % постоянно
Соответствие рабочим чертежам по геометрическим размерам	–	+	–	100 % постоянно
Внешне-видовые характеристики	–	+	–	100 % постоянно
Трещиностойкость плит	–	+	–	Не реже одного раза в 6 мес.
Морозостойкость бетона	–	–	+	Не реже одного раза в 6 мес.
Водопоглощение бетона	–	–	+	Не реже одного раза в 3 мес.
Водонепроницаемость бетона	–	–	+	Не реже одного раза в 6 мес.

по проектированию и производству железобетонных изделий из текста Приложения Б включены спецификации и выборки арматурной стали, содержащиеся в ГОСТ 22930-87 [17]. Изготовление арматурных элементов (каркасов, сеток и отдельных арматурных элементов при производстве железобетонных плит) следует выполнять по отдельным проектам на основании действующих на момент производства требований нормативной литературы. В актуализированном стандарте нет жесткой привязки между маркой плиты и расходом, а также диаметрами арматурной стали.

Актуализированная редакция стандарта одобрена и рекомендована к утверждению на заседании научно-технического совета НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство».

Ряд предложений о внесении изменений в актуализированный ГОСТ 22930-87 [17] касался уравнивания в возможности использования стандартов ГОСТ 8267-93 [25] и ГОСТ 32703-2014 [26]; ГОСТ 8736-2014 [27] и ГОСТ 32824-2014 [28] или ГОСТ 32730-2014 [29].

Железобетонные изделия, в частности плиты предварительно напряженные железобетонные для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем, в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различных факторов (как внешних, так и внутренних): состав бетона и качество составляющих материалов, определяющие эксплуатационные свойства бетона (морозостойкость, водонепроницаемость), химический состав цемента (в частности – содержание C_3A , определяющее вероятность возникновения сульфатоалюминатной коррозии при контакте с сульфатами; содержание щелочей и т. д.), содержание аморфного

кремнезема в заполнителях, которые оказывают значительное влияние на их долговечность. При этом даже небольшие отклонения от нормируемых допусков в технологии производства железобетонных изделий, изменение химико-минералогического состава используемых материалов, а также ухудшение условий эксплуатации могут привести к значительному снижению долговечности.

Наблюдения за состоянием подобных железобетонных изделий позволили выявить, что разрушения могут вызываться процессами, возникающими внутри тела бетона при взаимодействии щелочей цемента с аморфным кремнеземом, содержащемся в заполнителе. Скорость процессов внутренней коррозии и вызываемых ею изменений структуры бетона может быть различной и зависит от ряда факторов: содержания щелочей в цементе, вида реакционноспособных составляющих в заполнителях, температурно-влажностных условий их твердения и эксплуатации.

В статье [30] представлено описание процесса внутренней коррозии бетона, возникающей при взаимодействии компонентов бетона без обменных реакций с внешней средой. Наиболее распространенным процессом внутренней коррозии является взаимодействие щелочей цемента и химических добавок с диоксидом кремния из состава заполнителей реакции щелочей с кремнеземом.

Требования к горным породам отражены в [25, п. 4.8.2]: «Щебень и гравий должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. Щебень и гравий, предназначенные для применения в качестве заполнителей для бетонов, должны обладать стойкостью к химическому воздействию щелочей цемента. Стойкость щебня и гравия определяют по минералогическому составу исходной горной породы и содержанию вредных компонентов и примесей, снижающих долговечность бетона и вызывающих коррозию арматуры железобетонных изделий и конструкций».

Аналогичное указание есть в стандарте на песок [27, п. 4.2.14]: «Песок, обогащенный песок и фракционированный песок, предназначенные для применения в качестве заполнителей для бетонов, должны обладать стойкостью к химическому воздействию щелочей цемента». В ГОСТ 32730-2014 [29] и ГОСТ 32824-2014 [28] данные требования отсутствуют.

В ГОСТ 8269.0-97 [31, п. 4.22] установлены последовательные этапы по определению реакционной способности горной породы и щебня (гравия): «Реакционную способность (РС) горной породы, щебня (гравия) характеризуют наличием минералов, содержащих растворимый в щелочах кремнезем».

В связи с изложенным предложения по уравниванию в использовании стандартов [25, 27], стандарты [26, 28, 29] отклонены из-за того, что в них отсутствуют требования к материалам, гарантирующие обеспечение долговечности бетонных изделий, отвечающей требованиям ГОСТ 27751-2014 [16]. В качестве инертных заполнителей для бетона при изготовлении плит для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем следует использовать материалы по ГОСТ 8267-93 [25] и ГОСТ 8736-2014 [27].

Авторы выражают уверенность в том, что актуализированный ГОСТ 22930 будет способствовать качественному проектированию и изготовлению надежных и долговечных предварительно напряженных железобетонных плит для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем.

Приказом № 869-ст от 12 августа 2025 года Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии [32] ГОСТ 22930-2025 «Плиты железобетонные предварительно

напряженные для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем. Технические условия» вводится в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2026 года.

Список литературы

1. Арьков Д.П., Сухов А.А., Никифорова Д.Н., Антясова Е.А., Жихарев А.Г. Конструирование плит для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем с применением композитной арматуры. Международный научно-исследовательский журнал. 2021;(12):119–123. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.114.12.018>.
2. Гостищев В.Д., Тищенко А.И. Расчет прочности плит крепления нижних бьефов мелиоративных каналов на примере шлюза-регулятора «Нулевого» большого ставропольского канала. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019;(1):119–138. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-1-119-138>.
3. Семененко С.Я., Марченко С.С., Дубенок Н.Н. Расчетное обоснование объема строительной смеси при устранении пустот под плитами крепления мелиоративных каналов. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017;(6, часть 1):56–61.
4. Разработка ряда типовых конструкций гидротехнических сооружений для гидромелиоративных систем. Отчет о научно-исследовательской работе № АААА-А20-120032690080-3. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ; 2020.
5. Косиченко Ю.М., Колганов А.В., Чернов М.А. Выбор противофильтрационных облицовок при реконструкции каналов в земляном русле. В: Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: Сб. ст. по материалам науч. конф., Новочеркасск. Новочеркасск: ФГНУ «РосНИИПМ»; 2007, Вып. 38, с. 48–53.
6. Абакаров А.Т. Повышение эксплуатационной надежности оросительных систем. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2008;(5-1):99–103.
7. Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А., Сафин Э.Э. Покрытие оросительных каналов инновационным бетонным полотном и адаптивные способы их эксплуатации. Мелиорация и водное хозяйство. 2023;(2):32–36. <https://doi.org/10.32962/0235-2524-2023-2-32-36>.
8. Федоров В.М. Новые облицовки каналов оросительных систем. Научный журнал КубГАУ [интернет]. 2011;(66). Режим доступа: <https://ej.kubagro.ru/2011/02/pdf/19.pdf>.
9. Рукавишников А.А. Повышение эффективности ремонта бетонных облицовок оросительных каналов композитными материалами [диссертация]. Саратов; 2021.
10. Комоцкий Ю.М., Ницета А.Ф. Бетонопленочная облицовка каналов: Патент № 1406292 СССР. Оpubл. 30.06.1988.
11. Галифанов Г.Н., Ананиязов А.Б. Облицовка канала. Патент № 1728339 СССР. Оpubл. 23.04.1992.
12. Гурьев А.П., Беглярова Э.С., Соколова С.А. Облицовка канала. Патент № 2251606 Российская Федерация. Оpubл. 10.05.2005.
13. Семененко С.Я., Дубенок Н.Н., Арьков Д.П., Марченко С.С., Чушкин А.Н., Скворцов В.Ф. Противофильтрационная облицовка канала мелиоративного сооружения из составных блоков лотков. Патент № 2671103 Российская Федерация. Оpubл. 29.10.2018.
14. Гарбуз А.Ю. Повышение эффективности ремонта бетонных облицовок оросительных каналов композитными материалами [диссертация]. Новочеркасск; 2021.
15. СП 100.13330.2016. Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная версия СНиП 2.06.03-85. Москва: Минстрой России; 2016.
16. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Москва: Стандартинформ; 2019.
17. ГОСТ 22930-87. Плиты железобетонные предварительно напряженные для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем. Технические условия. Москва: Издательство стандартов; 1987.
18. ГОСТ 1.5-2001. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению. Москва: Стандартинформ; 2010.
19. ГОСТ 13015-2012. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. Москва: Стандартинформ; 2018.

20. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2019.
21. ГОСТ 31384-2017. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. Москва: Стандартинформ; 2018.
22. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30 дек. 2009 № 384-ФЗ [интернет]. Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=475858>.
23. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26 июня 2008 № 102-ФЗ [интернет]. Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=490078&ysclid=mhd2ptmvp5726998568>.
24. ГОСТ 34028-2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2019.
25. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2018.
26. ГОСТ 32703-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования. Москва: Стандартинформ; 2019.
27. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2019.
28. ГОСТ 32824-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования. Москва: Стандартинформ; 2019.
29. ГОСТ 32730-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования. Москва: Стандартинформ; 2019.
30. Розенталь Н.К., Любарская Г.В. Коррозия бетона при взаимодействии щелочей с диоксидом кремния заполнителя. Бетон и железобетон. 2012;(1):50–60.
31. ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. Москва: Стандартинформ; 2018.
32. О введении в действие межгосударственного стандарта: Приказ № 869-ст от 12 августа 2025 года [интернет]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_513329/
33. Павлова И.П. О влиянии заполнителей на модуль упругости бетона. В: Напрягающие цементы, бетоны и самонапряженные конструкции: сборник трудов Международной научно-практической конференции, Брест, 18-20 декабря 2000 г. Брест: БрГТУ; 2000, с. 164–170.

References

1. Arkov D.P., Sukhov A.A., Nikiforova D.N., Antyasova E.A., Zhikharev A.G. Design of slabs for lining irrigation canals of land reclamation systems using composite reinforcement. International Research Journal. 2021;(12):119–123. [In Russian]. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.114.12.018>.
2. Gostishchev V.D., Tishchenko A.I. Calculation of fixing plates strength of downstream irrigation canals by the example of the “zero” weir of great Stavropol canal. Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2019;(1):119–138. [In Russian]. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-1-119-138>.
3. Semenenko S.Ya., Marchenko S.S., Dubenok N.N. Calculation justification of the volume of construction mixture when eliminating voids under the slabs of irrigation canals. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017;(6, part 1), pp. 56–61. [In Russian].
4. Development of a number of standard designs of hydraulic structures for irrigation and drainage systems: Report on the research work. No. R&D AAAA-A20-120032690080-3. Nalchik: FGBOU VO Kabardino-Balkarian SAU: 2020. [In Russian].
5. Kosichenko Yu.M., Kolganov A.V., Chernov M.A. Selection of seepage-preventive linings for reconstruction of earthen channels. In: Ways to Improve the Efficiency of Irrigated Agriculture. Novocherkassk: Federal State Scientific Institution “RosNIIPM”; 2007, Iss. 38, pp. 48–53. [In Russian].
6. Abakarov A.T. Improving the operational reliability of irrigation systems. Vestnik of federal state educational institution of higher professional education “Moscow state agroengineering university named after V.P. Goryachkin. 2008;(5-1):99–103. [In Russian].
7. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., Safin E.E. Covering irrigation canals with innovative concrete pavement and adaptive ways of their operation. Melioration and Water Management. 2023;(2):32–36. [In Russian]. <https://doi.org/10.32962/0235-2524-2023-2-32-36>.

8. *Fedorov V.M.* New linings for irrigation canals. Scientific Journal of KubSAU [internet]. 2011;(66). Available at: <https://ej.kubagro.ru/2011/02/pdf/19.pdf>. (In Russian).
9. *Rukavishnikov A.A.* Improving the efficiency of repairing concrete linings of irrigation canals with composite materials [dissertation]. Saratov; 2021. (In Russian).
10. *Komotsky Yu.M., Nishcheta A.F.* Concrete film lining of canals. Patent No. 1406292 USSR. Publ. date 30 June 1988. (In Russian).
11. *Galifanov G.N., Annaniyazov A.B.* Canal lining. Patent No. 1728339 USSR. Publ. date 23 April 1992. (In Russian).
12. *Guryev A.P., Beglyarova E.S., Sokolova S.A.* Channel lining. Patent No. 2251606 Russian Federation. Publ. date 10 May 2005. (In Russian).
13. *Semenenko S.Ya., Dubenok N.N., Ar'kov D.P., Marchenko S.S., Chushkin A.N., Skvortsov V.F.* Anti-seepage lining of a drainage structure channel made of prefabricated tray blocks. Patent No. 2671103 Russian Federation. Publ. date 29 October 2018. (In Russian).
14. *Garbuz A.Yu.* Improving the efficiency of repairing concrete linings of irrigation canals with composite materials [dissertation]. Novocheboksarsk; 2021. (In Russian).
15. SP 100.13330.2016. The reclamation systems and construction. Updated version of SNiP 2.06.03-85. Moscow: Ministry of Construction of the Russian Federation; 2016. (In Russian).
16. State Standard 27751-2014. Reliability for constructions and foundations. General principles. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
17. State Standard 22930-87. Prestressed reinforced concrete slabs for irrigation canal lining of melioration systems. Specifications. Moscow: Publishing House of Standards; 1987. (In Russian).
18. State Standard 1.5-2001. Interstate standards, rules and recommendations for interstate standardization. General requirements for structure, drafting, presentation, content and indication. Moscow: Standartinform Publ.; 2010. (In Russian).
19. State Standard 13015-2012. Concrete and reinforced concrete products for construction. General technical requirements. Rules for acceptance, marking, transportation and storage. Moscow: Standartinform Publ.; 2018. (In Russian).
20. State Standard 26633-2015. Heavy-weight and sand concretes. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
21. State Standard 31384-2017. Protection of concrete and reinforced concrete structures against corrosion. General technical requirements. Moscow: Standartinform Publ.; 2018. (In Russian).
22. Technical regulations on the safety of buildings and structures: Federal Law of December 30, 2009 No. 384-FZ [internet]. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=475858>. (In Russian).
23. On ensuring the uniformity of measurements: Federal Law of June 26, 2008 No. 102-FZ [internet]. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=490078&ysclid=mhd2ptm-vp5726998568>. (In Russian).
24. State Standard 34028-2016. Reinforcing rolled products for reinforced concrete constructions. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
25. State Standard 8267-93. Crushed stone and gravel of solid rocks for construction work. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2018. (In Russian).
26. State Standard 32703-2014. Automobile roads of general use. Crushed stone and gravel from rocks. Technical requirements. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
27. State Standard 8736-2014. Sand for construction work. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
28. State Standard 32824-2014. Automobile roads of general use. Natural sand. Technical requirements. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
29. State Standard 32730-2014. Automobile roads of general use. Crushed sand. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
30. *Rosenthal N.K., Lyubarskaya G.V.* Corrosion of concrete during the interaction of alkalis with silica filler. Beton i Zhелеzobeton = Concrete and Reinforced Concrete. 2012;(1):50–60. (In Russian).
31. State Standard 8269.0-97. Mauntainous rock road-metal and gravel, industrial waste products for construction works. Methods of physical and mechanical tests. Moscow: Standartinform Publ.; 2018. (In Russian).

- 32.** On the introduction of the interstate standard: Order No. 869-st of August 12, 2025 [internet]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_513329/. (In Russian).
- 33.** *Pavlova I.P.* On the influence of aggregates on the modulus of elasticity of concrete. In: Tensioning cements, concretes and self-stressed structures: proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Brest, December 18-20, 2000. Brest: Brest State Technical University; 2000, pp. 164-170. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Виталий Александрович Титаев[✉], канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»; доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций, НИУ МГСУ, Москва
e-mail: titaev@bk.ru

Vitalii A. Titaev[✉], Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Thin-Walled and Spatial Structures, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction; Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow
e-mail: titaev@bk.ru

Борис Сергеевич Соколов, канд. техн. наук, заведующий лабораторией тонкостенных и пространственных конструкций, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: moo-shell@mail.ru

Boris S. Sokolov, Cand. Sci. (Engineering), Laboratory Head, Laboratory of Thin-Walled and Spatial Structures, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: moo-shell@mail.ru

Иван Александрович Черный, младший научный сотрудник лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: kron_975@mail.ru

Ivan A. Chernyi, Junior Researcher, Laboratory of Thin-Walled and Spatial Structures, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: kron_975@mail.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author