Марченко Сергей Сергеевич, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: marchenkosergey@mail.ru, телефон: 8(909)377-95-99.

Арков Дмитрий Петрович, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: arkov-dmitriy@rambler.ru, телефон: 8(917)722-19-44.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-39

IMPROVING THE RELIABILITY OF CONCRETE ELEMENTS OF RECLAMATION SYSTEMS

E. V. Vasilyeva¹, V. M. Fedorov²

¹ South Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov, Novocherkassk

² Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov –
branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk

Received 19.08.2021

Submitted 29.11.2021

Abstract

Introduction. Reclamation systems play an important role in the life of society. Through channels and pipelines, water is supplied to arid lands and fields of arid and low-water areas, distributed over them, ensuring the creation of agricultural production, expanding livestock and poultry farming, increasing crop yields. The purpose of the study was to increase the operational reliability of reinforced concrete elements (slabs, pipes) of reclamation systems through the use of limestone components in concrete-limestone crushed stone and limestone dust. **Materials and methods.** Concrete compositions for reinforced concrete slabs were compared with the use of crushed stone from sandstone and limestone, standard samples-cubes were formed from concrete mixtures on a vibrating table, then they were subjected to heat and moisture treatment, and to assess operational qualities, they were tested for strength. Limestone dust was introduced into the concrete mixture for centrifuged pipes, instead of a part of sand (cement). The amount of water was selected experimentally, from the conditions for obtaining equally mobile mixtures, standard prisms and cylinders were formed from them, they were subjected to heat and moisture treatment and, to assess operational reliability, bending, compression, splitting tests were performed. **Results and conclusions.** The conducted studies have shown that the use of limestone crushed stone slabs in concrete increases, on average, the strength indicators by 20%, and the addition of limestone dust reduces the consumption of cement by 25%, without worsening the strength indicators of centrifuged concrete. When dust is added in the amount of 20-30% of the cement mass, the strength indicators of the concrete increase by 25-40%, without increasing the cement consumption, thereby increasing the quality and reliability of pipes. The expediency of using limestone crushed stone and limestone dust in concrete to improve the operational qualities and reliability of reinforced concrete slabs and pipes, widely used in the country's reclamation systems, is justified. Production tests have confirmed that concrete based on limestone components provides increased strength, crack resistance and water resistance, which ensures the safety, reliability and durability of reclamation systems.

Keywords: reclamation systems, reliability, reinforced concrete slabs and pipes, concrete aggregates, strength, defects in concrete, cement hydration, limestone rubble and dust, adhesion of cement stone and fillers, diffuse layer, crystal bonds, standard samples, strength indicators.

Citation. Vasilyeva E.V., Fedorov V. M. Improving the reliability of concrete elements of reclamation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 390-400 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-39.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, implementation or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.672.4

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Е. В. Васильева¹, кандидат технических наук
В. М. Федоров², доктор технических наук

¹ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М. И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

² Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

Дата поступления в редакцию 19.08.2021

Дата принятия к печати 29.11.2021

Актуальность. Мелиоративные системы играют важную роль в жизнедеятельности общества. По каналам и трубопроводам вода подается на засушливые земли и поля безводных и маловодных районов, распределяется по ним, что обеспечивает создание сельскохозяйственных производств, расширяет животноводство и птицеводство, увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур. Целью исследования являлось повышение эксплуатационной надежности железобетонных элементов (плит, труб) мелиоративных систем за счет использования в бетонах известняковых компонентов – известнякового щебня и известняковой пыли. **Материалы и методы.** Сопоставлялись составы бетонов для железобетонных плит с использованием щебня из песчаника и известняка, из приготовленных смесей на виброуплотняющем столе изготавливались бетонные кубики с ребром 100 мм, затем для ускоренного набора прочности они помещались в лабораторную пропарочную камеру, а для оценки надежности подвергались испытаниям на прочность. В используемую для изготовления центрифугированных железобетонных напорных труб мелкозернистую цементно-песчаную смесь добавляли известняковую пыль вместо части песка или цемента. Исходя из необходимости сравнения равноподвижных цементно-песчаных смесей для изготовления стандартных призматических и цилиндрических образцов объем воды подбирали экспериментальным путем. Из подобранных смесей на виброуплотняющем столе и лабораторной центрифуге изготавливали, соответственно, образцы-призмы и образцы-цилиндры, после их подвергали тепловлажностной обработке и для оценки эксплуатационной надежности производили испытания на изгиб, сжатие, раскалывание. **Результаты.** Проведенные исследования показали, что использование в бетоне плит известнякового щебня повышает прочностные показатели в среднем на 20 %, а добавление известняковой пыли – на 25 % уменьшает расходование цемента без снижения показателей прочности бетона для центрифугированных труб. При добавлении известняковой пыли в количестве 20-30 % по отношению к массе цемента прочностные показатели мелкозернистого цементно-песчаного бетона без увеличения расхода цемента увеличиваются на 25-40 %, тем самым повышаются эксплуатационные качества и долговечность труб. **Выводы.** Обоснована целесообразность применения известнякового щебня и известняковой пыли в бетонных смесях с целью повышения качества, надежности и долговечности бетонных и железобетонных плит и труб, массово используемых на водохозяйственных объектах страны. Производственными испытаниями подтверждено, что бетоны на известняковых компонентах обеспечивают повышенные показатели прочности, трещиностойкости и водонепроницаемости, что обеспечит безопасность, надежность и долговечность мелиоративных систем.

Ключевые слова: надежность мелиоративных систем, заполнители бетона, гидратация цемента, бетонные элементы мелиоративных систем.

Цитирование. Васильева Е. В., Федоров В. М. Повышение надежности бетонных элементов мелиоративных систем. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 390-400. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-39.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, в изложении выводов и подготовке предложений производству. Авторы настоящей статьи изучили и одобрили представленный в окончательном виде вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мелиоративные системы играют важную роль в жизнедеятельности общества. По каналам и трубопроводам вода подается на засушливые земли и поля безводных и маловодных районов, распределяется по ним, что обеспечивает создание сельскохозяйственных производств, расширяет животноводство и птицеводство, увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур [2, 4, 6, 9, 12]. Транспортирование воды к местам ее потребления производится по облицованным каналам и трубопроводам мелиоративных систем. Каналы облицовывают обычно железобетонными плитами, а трубопроводы во многих случаях выполняют из железобетонных (бетонных) труб. Поэтому безопасность и надежность такого рода элементов мелиоративных систем являются обязательными [1, 10, 13]. Ведь потери воды через дефекты канала или трубопровода не только увеличат стоимость водоподачи, но и приведут к подъему уровня грунтовых вод, засолению и заболачиванию прилегающих территорий.

Эксплуатационная надежность железобетонных элементов мелиоративных систем в большинстве своем зависит от качества бетона, которое определяется в основном активностью и видом цемента, прочностью, строением, чистотой и некоторыми другими свойствами заполнителя [3, 5, 7, 8, 11]. Прочность бетона зависит от прочности отдельных его составляющих – когезионной прочности, прочности сцепления составляющих бетона между собой – адгезионной прочности и монолитности структуры бетона. Из-за дефектов в структуре бетона обычно и происходит его разрушение. К дефектам следует отнести микропоры в цементном камне, микропоры в бетоне, образовавшиеся в процессе изготовления железобетонных элементов, трещины от внутренних напряжений из-за неравномерного распределения температуры и влажности, а также уменьшение прочности бетона на контакте цементного камня и заполнителя. Снижение числа дефектов в структуре бетона достигается применением цементов высокой активности, высокопрочных и чистых заполнителей, жестких бетонных смесей, высокоэффективных способов уплотнения. Что касается уменьшения прочности бетона на контакте цементного камня и заполнителя, то минимизировать ослабление адгезионной прочности можно путем выбора цемента и заполнителей, активно взаимодействующих друг с другом в составе бетонной смеси.

Материалы и методы. Из большого числа заполнителей особый интерес для практики представляет известняк, который благодаря особенностям кристаллохимического строения обладает способностью к физико-химическому взаимодействию с продуктами гидратации цемента. Исследованиями отечественных ученых [3, 5, 7, 8] установлено, что прочность сцепления цементного камня с известняком составляет $7,8 \text{ кг/см}^2$, с песчаником – $0,25 \text{ кг/см}^2$, с кварцем – $0,17 \text{ кг/см}^2$, с гранитом – $0,15 \text{ кг/см}^2$. Таким образом, величина сцепления цементного камня с известняком существенно выше, чем с другими видами заполнителей. Обусловлено это комплексным физико-химическим взаимодействием продуктов гидратации цемента с поверхностным слоем карбонатного заполнителя, в результате чего образуется зона соприкосновения пограничных слоев вяжущего и заполнителя и разделяющей поверхности между ними. При контакте вяжущего и известнякового заполнителя поверхность раздела исчезает, превращаясь в промежуточный диффузный слой. Если взаимодействия вяжущего и известнякового заполнителя не происходит, то и промежуточный диффузный слой не образуется, что приводит к ослаблению адгезии цементного камня с поверхностью заполнителя. Для сравнительных ис-

пытаний за основу были приняты заводские составы плит марок НПК, ПК, ПОН. Составы бетонов для плит одной марки отличались породой используемого щебня (песчаник, известняк). Из равноподвижных смесей на вибростоле формовали стандартные образцы-кубы размером $100 \times 100 \times 100$ мм, далее их подвергали тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму $2 + 3 + 6 + 4$, после чего испытывали на сжатие. Благоприятное влияние на формирование и упрочнение структуры бетона может оказать и известняковая пыль. Участвуя в образовании вокруг зерен заполнителя диффузной структурированной оболочки, наибольшая прочность которой достигается у поверхности заполнителя, известняковая пыль уменьшает ширину контактной зоны и сближает частицы заполнителя, создавая оптимальные условия для дополнительной кристаллизации продуктов гидратации, что и ведет к образованию более прочных кристаллических связей между составляющими цементно-песчаного бетона. В используемую для изготовления железобетонных напорных труб цементно-песчаную смесь заводского состава известняковая (или керамзитовая) пыль добавлялась взамен части песка или цемента. Исходя из необходимости сравнения равноподвижных цементно-песчаных смесей объем воды в опытах подбирали экспериментальным путем. Из подобранных для каждого опыта составов цементно-песчаных смесей изготавливали призматические образцы (размер поперечного сечения 40×40 мм, длина 160 мм) и имеющие высоту и диаметр 30 мм образцы-цилиндры. Призматические образцы формовали на виброуплотняющем столе, а цилиндрические – в лабораторной центрифуге, изображенной на рисунке 1, в специально изготовленных металлических формах.

Рисунок 1 – Центрифуга и металлические формы для изготовления образцов-цилиндров

Figure 1 – Centrifuge and metal molds for the manufacture of sample cylinders

Далее как призматические, так и цилиндрического типа образцы из мелкозернистого цементно-песчаного бетона подвергали тепловой обработке по режиму $4 + 3 + 6 + 4$ в лабораторной пропарочной камере. Затем призматические бетонные образцы испытывали на изгиб, на сжатие испытывались полученные после испытаний на изгиб их половинки, а на раскалывание вдоль образующей испытывались цилиндрические образцы.

Результаты и обсуждение. В нижеприведенных таблицах 1 и 2 приведены составы и результаты испытаний бетонов плит (НПК, ПК, ПОН), соответственно, на щебне из песчаника Потаповского карьера и известняковом щебне Жирновского месторождения в Ростовской области.

Таблица 1 – Составы и прочность бетона на Потаповском щебне

Table 1 – Compositions and strength of concrete on Potapovsky crushed stone

№ Состава / No. compositi on	Расход материалов, кг/м³ / Consumption of materials, kg/m³				Ц/В / cement- water ratio	Подвижность бетонной смеси, см / Mobility of concrete mix, cm	Прочность бетона на сжатие после ТВО, МПа / Com- pressive strength of concrete after heat and moisture treat- ment, MPa
	Цемент / Cement	Песок / Песок	Щебень / Crushed stone	Вода / Water			
1	450	505	1250	210	2,14	6-8	24,4
2	430	525	1255	210	2,05	6-8	22,4
3	410	535	1265	210	1,95	6-8	20,5

Таблица 2 – Составы и прочность бетона на Жирновском щебне

Table 2 – Compositions and strength of concrete on Zhirnovsky crushed stone

№ Состава / No. compositi on	Расход материалов, кг/м³ / Consumption of materials, kg/m³				Ц/В / cement- water ratio	Подвиж- ность бетон- ной смеси, см / Mobility of concrete mix, cm	Прочность бетона на сжатие после ТВО, МПа / Compressive strength of concrete after heat and moisture treatment, MPa
	Цемент / Cement	Песок / Песок	Щебень / Crushed stone	Вода / Water			
1	450	505	1250	200	2,25	6-8	29,8
2	430	525	1255	200	2,15	6-8	26,9
3	410	535	1265	200	2,05	6-8	24,2

Как следует из приведенных в таблицах данных, использование в составах смесей известнякового щебня, вступающего в физико-химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента и увеличивающего адгезию между компонентами бетона, повышает в среднем на 20 % и прочностные показатели бетона плит (НПК, ПК, ПОН).

Что касается влияния известняковой пыли на формирование и упрочнение структуры бетона, то приведенными в таблицах 3 и 4 данными подтверждено разное влияние известняковой и керамзитовой пыли на прочностные показатели центрифугированного бетона железобетонных труб.

Таблица 3 – Влияние известняковой пыли на прочность бетона

Table 3 – The effect of limestone dust on the strength of concrete

№ Состава / No. compositi on	Цемент, кг/м³ / Cement, kg/m³	Известняковая пыль / Limestone dust		Прочность образцов после ТВО / Strength of samples after heat and moisture treatment					
				$R_{изгиб} / R_{bending}$		$R_{сжатие} / R_{compression}$		усилие на рас- калывание / splitting force	
		кг/м³ / kg/m³	% от массы Ц / % by weight of cement	Мпа / MPa	%	Мпа / MPa	%	Н	%
1	560	-	0	4,59	100	19,8	100	3901	100
2	420	140	25	4,67	102	19,2	97	4097	105
3	390	170	30	4,35	95	15,6	79	3668	94
4	570	57	10	5,68	124	25,7	130	4682	120
5	570	115	20	5,45	119	26,3	133	5228	134
6	570	140	25	5,91	129	25,4	128	5502	141
7	570	170	30	6,18	135	25,7	130	5424	139
8	570	200	35	5,73	125	23,8	120	4956	127
9	570	230	40	5,50	120	22,2	112	4721	121
10	570	285	50	4,63	101	20,7	105	3941	101

Таблица 4 – Влияние керамзитовой пыли на прочностные показатели бетона

Table 4 – The influence of expanded clay dust on the strength parameters of concrete

№ Состава / No. compositi on	Цемент, кг/м ³ / Cement, kg/m ³	Керамзитовая пыль / Ex- panded clay dust		Прочность образцов после ТВО / Strength of samples after heat and moisture treatment					
				$R_{изгиб} / R_{bending}$		$R_{сжатие} / R_{compression}$		усилие на рас- калывание / splitting force	
		кг/м ³ / kg/m ³	% от массы Ц / % by weight of ce- ment	Мпа / MPa	%	Мпа / MPa	%	Н	%
1	560	-	0	4,59	100	19,81	100	3901	100
2	420	140	25	4,18	91	16,79	85	3667	94
3	570	170	30	5,58	122	22,81	115	4996	128
4	570	200	35	5,23	114	21,01	106	4488	115

Согласно вышеприведенным результатам, влияние известняковой пыли на прочность центрифугированного бетона труб несколько выше, и связано это, по всей видимости, с тем, что керамзитовая пыль, в отличие от известняковой, не создает дополнительных кристаллических связей между компонентами центрифугированного бетона.

Результатами проведенных исследований, с большой долей вероятности, можно считать следующие основные положения:

1. При введении известняковой пыли в состав мелкозернистой цементно-песчаной смеси (для формования железобетонных напорных труб) вместо части цемента обеспечивается сокращение до 25 % его (цемента) расхода на замес, в процессе приготовления смеси, без снижения прочностных качеств мелкозернистого бетона.

2. Замена доли песка посредством добавления в состав цементно-песчаной смеси известняковой пыли способствует более значительному повышению прочностных свойств центрифугированных образцов-цилиндров по отношению к призматическим образцам.

3. Наиболее подходящая, с точки зрения эффективности, дозировка известняковой пыли находится в диапазоне 115-170 кг/м³, что соответствует 20-30 процентам от массы цемента.

4. Результаты испытаний цилиндрических центрифугированных образцов показали, что пределы прочности на растяжение при раскалывании образцов с добавлением известняковой пыли повышаются по отношению к контрольным на 25-40 процентов без увеличения дозировок цемента.

Далее на стационарной центрифуге в лабораторных условиях были изготовлены экспериментальные образцы центрифугированных бетонных труб длиной 300 мм и диаметром 180 мм. Формовались две партии труб: одна – с добавлением в состав цементно-песчаной смеси 25 процентов известняковой пыли, взятой от массы цемента и введенной в состав смеси вместо равновеликой доли песка, другая – с целью сопоставления и оценки результатов без добавления в смесь известняковой пыли.

На стенде для гидростатических испытаний изготовленные из заводских материалов экспериментальные образцы центрифугированных бетонных труб подвергались прочностным испытаниям после ТВО в лабораторной пропарочной камере. Образцы центрифугированных труб без добавления в смесь известняковой пыли выдержали давление воды 0,5 МПа. Что касается образцов труб с добавленной в состав смеси 25 процентов известняковой пыли, то разрушились они при гидростатическом давлении воды в них 1,0 МПа. Исследованиями на данном этапе установлено, что благодаря наличию в составе смеси известняковой пыли удалось на 100 % повысить прочность на растяжение мелкозернистого центрифугированного бетона для железобетонных напорных труб.

Исследования были продолжены в условиях действующего производства. Одновременно с заводским изготовлением железобетонных напорных труб в специальных металлических формах изготавливались и кольцевые бетонные образцы из цементно-песчаной смеси с добавлением (и без) 25 процентов известняковой пыли. Испытания образцов на раскалывание показали, что рекомендованный состав центрифугированного мелкозернистого бетона, в сравнении с заводским (без известняковой пыли), прочнее на 20-25 %. На 0,8-1,0 % меньше по отношению к заводскому и водопоглощение бетона с добавлением известняковой пыли.

Если обобщать результаты проведенных исследований, то можно сделать следующие выводы:

1. Использование известняковой пыли в составе мелкозернистого цементно-песчаного бетона центрифугированных железобетонных труб обеспечивает повышение прочностных показателей бетона, в среднем, на 35-40 %.

2. Без снижения прочностных свойств мелкозернистого цементно-песчаного бетона, обеспечивается снижение расхода цемента на 15-25 %.

3. Благодаря дополнительной кристаллизации продуктов гидратации и образованию более прочных связей между компонентами бетона, более чем в 1,5 раза повышается трещиностойкость труб, а также их водонепроницаемость, что улучшает качество труб и позволяет снизить количество бракованных изделий в производственном процессе.

В производственных условиях для приготовления бетонных смесей с добавлением известняковой пыли следует применять качественные материалы, отвечающие требованиям строительных норм. Вид цемента (портландцемент, шлакопортландцемент, сульфатостойкий цемент и др.) необходимо выбирать в зависимости от агрессивности грунтов и грунтовых вод в соответствии с нормативными требованиями. Мелкий и крупный заполнители должны соответствовать требованиям ГОСТ 8267-93(2003) и ГОСТ 8736-93(2003). Известняковую пыль следует доставлять крытым транспортом с погрузкой из аккумулирующих пыль бункеров предприятий в сухом виде без загрязняющих примесей. Известняковая пыль может применяться и в сочетании с добавками поверхностно-активных веществ и суперпластификаторов для пластификации и разжижения бетонных смесей, отвечающих общим требованиям нормативных документов.

В отношении применения добавки известняковой пыли в технологическом процессе производства железобетонных плит и труб необходимо подчеркнуть, что она мало чем отличается от использования в производственном процессе похожих и широко применяемых тонкодисперсных компонентов, цемента например. Погрузка, доставка и разгрузка поступающей на предприятие известняковой пыли и связанное с производственной деятельностью хранение ее на складе сопряжено с известными потерями от распыления пылевидного компонента, неблагоприятным образом влияющего на условия труда и здоровье работников предприятия. Поэтому выгрузка приобретенной заводом известняковой пыли, как впрочем, и перемещение ее по технологической линии (постам) предполагает максимально возможную степень механизации и автоматизации процессов с использованием применяемого для транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ с цементом или с другим мелкодисперсным материалом специального оборудования, один из вариантов которого представлен на рисунке 2. Необходимый объем склада для хранения известняковой пыли должен соответствовать мощности завода (комбината), производящего железобетонные (бетонные) элементы и конструкции и должен, как минимум, обеспечивать 5-7 суточную потребность предприятия в пылевидном материале.

С учетом характерного для местных условий рельефа для транспортировки известняковой пыли в отделение для смешивания составляющих цементно-песчаной смеси следует использовать вибро- и аэрожелобы, эрлифты, пневмотранспорт и другое мобильное спецоборудование, применяемое при транспортировке по технологической цепочке цемента. Для повышения эффекта пылевидного компонента дозировку его в бетоносмеситель для замеса рекомендуется производить весовыми дозаторами с точностью дозирования в пределах одного процента.

Зависящая от свойств применяемых для изготовления плит, труб или других железобетонных элементов материалов и особенностей производственного процесса на предприятии, определенная заводской лабораторией оптимальная дозировка известняковой пыли выявляется расчетно-экспериментальным методом работниками заводской лаборатории и корректируется на постоянной основе при изменении свойств поступающих на завод материалов, параметров и режимов основных технологических операций.

Рисунок 2 – Схема подачи известняковой пыли:

- 1 – цементовоз; 2 – пневматический насос; 3 – шибер эластичный; 4, 5 – пылевод;
6 – циклон-пылеосадитель; 7 – силос для известняковой пыли; 8 – донный пневморазгрузчик;
9 – пневмоструйный насос; 10 – циклон с конусом; 11 – инерционный пылеуловитель;
12 – регулируемый циклонный аппарат; 13 – дефлектор; 14 – бункер-накопитель; 15 – бункер запаса пыли; 16 – ячейковый питатель; 17 – дозатор; 18 – приемная воронка с перекидным клапаном; 19 – течка загрузки бетоносмесителя; 20 – бетоносмеситель; 21 – двухсекционный аэропитатель; 22 – вибратор; 23 – циклоны

Figure 2 – Scheme of supply of limestone dust:

- 1 – cement truck; 2 – pneumatic pump; 3 – elastic gate; 4, 5 – dust collector; 6 – cyclone-dust collector; 7 – silo for limestone dust; 8 – bottom pneumatic unloader; 9 – pneumatic jet pump;
10 – cyclone with a cone; 11 – inertial dust collector; 12 – adjustable cyclone apparatus;
13 – deflector; 14 – accumulator hopper; 15 – dust storage hopper; 16 – cell feeder; 17 – dispenser;
18 – receiving funnel with a swing valve; 19 – concrete mixer loading flow; 20 – concrete mixer;
21 – two-section aeropitter; 22 – vibrator; 23 – cyclones

Добавка известняковой пыли, в зависимости от ее дисперсности и расхода на замес может несколько увеличивать водопотребность бетонной смеси. Изменение количества воды для приготовления бетонной смеси с добавкой известняковой пыли должно устанавливаться лабораторией завода из условий получения заданной подвиж-

ности бетонной смеси. Приблизительно увеличение водопотребности бетонных смесей с добавкой известняковой пыли можно принимать в пределах 1-3 процента от расхода воды на замес.

Затворение водой цемента, песка, известняковой пыли и тщательное их перемешивание лучше производить в бетоносмесителях принудительного действия, обеспечивающих надлежащую производительность и высокую однородность смешивания компонентов цементно-песчаной смеси.

Формование слоя мелкозернистого бетона с добавкой известняковой пыли на центрифуге ледует производить не позднее 20-30 минут после затворения смеси водой.

Параметры процесса ТВО сборных элементов необходимо корректировать в соответствии со свойствами бетона с добавкой известняковой пыли.

Насыпную плотность известняковой пыли следует проверять не реже 1 раза в смену. В случае отклонений насыпной плотности от установленной нормы следует установить влажность используемой известняковой пыли и произвести корректировку расходов пылевидного компонента и воды на замес бетонной смеси.

Показатели подвижности бетонной смеси с добавкой известняковой пыли должны контролироваться не реже 2 раз в смену.

Дозировка добавки пылевидного компонента корректируется заводской лабораторией при поступлении на предприятие для приготовления мелкозернистой бетонной смеси сырьевых материалов с другими свойствами и при изменении характеристик поступающей на завод известняковой пыли.

При производстве работ с использованием известняковой пыли следует соблюдать общие требования правил техники безопасности и производственной санитарии.

Выводы. Обоснована целесообразность использования карбонатных компонентов (известнякового щебня и известняковой пыли) в составе бетонов железобетонных плит и труб, широко применяемых на мелиоративных системах. Производственными испытаниями подтверждено, что бетоны на карбонатных компонентах обеспечивают железобетонным (бетонным) элементам повышенные показатели прочности, трещиностойкости и водонепроницаемости, что повысит надежность и долговечность мелиоративных систем. Помимо улучшения качества сборных элементов и экономии в сфере строительного производства, применение известняковой пыли будет способствовать вторичному использованию указанного крупнотоннажного пылевидного отхода в составе цементно-песчаного бетона и снижению затрат на обустройство пылеотвалов и проведение природоохранных мероприятий по защите воды, воздуха, почвы, мест проживания и других компонентов окружающей среды.

Библиографический список

1. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 1. С. 6-9.
2. Васильева Е. В., Федоров В. М., Яковенко Е. А. Обеспечение безопасной и надежной работы хранилищ промышленных отходов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. 2020. № 1 (49). Т. 9. С. 183-189.
3. Власов М. В., Васильев М. С., Григоров С. М. Теоретическое обоснование совершенствования эксплуатации оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3 (31). С. 23-28.
4. Власов М. В., Куприянова С. В. Комплексный подход к определению эффективности реконструкции оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 2 (34). С. 185-200.
5. 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 (33). С. 119-138.

6. Гулюк Г. Г. Новые проблемы мелиорации 2021-2025 гг. и пути их решения // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 1. С. 2-5.
7. Жезмер В. Б., Матвеев А. В. Принципы обеспечения эффективной и безопасной работы ГТС гидромелиоративного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 2. С. 5-11.
8. Зубрев Н. И. Технология приготовления композитных растворов, применяемых в строительстве тоннелей для закрепления грунтов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. 2019. № 2 (46). Т. 8. С. 244-248.
9. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Гарбуз А. Ю. Оценка комплексной реконструкции и модернизации оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 2. С. 6-12.
10. Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В. Функциональные взаимосвязи инновационных механизмов развития с системой типовой проектной документации мелиоративных объектов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 475-482.
11. Тищенко А. И. Расчет плит крепления в нижнем бьефе гидротехнических сооружений мелиоративной сети с целью увеличения их эксплуатационной надежности // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 2 (34). С. 165-184.
12. Щедрин В. Н. Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использования водных ресурсов в АПК // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 4. С. 8-12.
13. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. № 13. P. 4181-4184.

Conclusions. The expediency of using carbonate components (limestone crushed stone and limestone dust) in the composition of concrete reinforced concrete slabs and pipes widely used in reclamation systems is substantiated. Production tests have confirmed that concretes based on carbonate components provide reinforced concrete (concrete) elements with increased strength, crack resistance and water resistance, which will increase the reliability and durability of reclamation systems. In addition to improving the quality of prefabricated elements and saving in the field of construction production, the use of limestone dust will contribute to the secondary use of this large-tonnage dust-visible waste as part of cement-sand concrete and reduce the cost of arranging dust dumps and environmental protection measures to protect water, air, soil, places of residence and other environmental components.

References

1. Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A. Intensifikatsiya meliorativnogo proizvodstva putem sovershenstvovaniya tekhnologiy rekonstrukcii i stroitel'stva orositel'nykh kanalov // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2019. № 1. P. 6-9.
2. Vasil'eva E. V., Fedorov V. M., Yakovenko E. A. Obespechenie bezopasnoj i nadezhnoj raboty hranilisch promyshlennykh othodov // HHI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyaschego. 2020. № 1 (49). Vol. 9. P. 183-189.
3. Vlasov M. V., Vasil'ev M. S., Grigorov S. M. Teoreticheskoe obosnovanie sovershenstvovaniya jekspluatatsii orositel'nykh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. 2018. № 3 (31). P. 23-28.
4. Vlasov M. V., Kupriyanova S. V. Kompleksnyj podhod k opredeleniyu jeffektivnosti rekonstrukcii orositel'nykh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. 2019. № 2 (34). P. 185-200.
5. Gostischev V. D., Tischenko A. I. Raschet prochnosti плит крепления нижних б'ефов мелиоративных каналов на примере шлыуза-регулятора "нулевого" Бол'шого Ставропол'ского канала // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1 (33). P. 119-138.
6. Gulyuk G. G. Novye problemy melioratsii 2021-2025 gg. i puti ih resheniya // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2021. № 1. P. 2-5.
7. Zhezmer V. B., Matveev A. V. Principy obespecheniya jeffektivnoj i bezopasnoj raboty GTS gidromeliorativnogo kompleksa // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2019. № 2. P. 5-11.

8. Zubrev N. I. Tehnologiya prigotovleniya kompozitnyh rastvorov, primenyaemyh v stroitel'stve tonnelej dlya zakrepleniya gruntov // NHI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyaschego. 2019. № 2 (46). Vol. 8. P. 244-248.

9. Kosichenko Yu. M., Baev O. A., Garbuz A. Yu. Ocenka kompleksnoj rekonstrukcii i modernizacii orositel'nyh sistem // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2021. № 2. P. 6-12.

10. Slabunov V. V., Kirilenko A. A., Voevodin O. V. Funkcional'nye vzaimosvyazi innovacionnyh mehanizmov razvitiya s sistemoy tipovoj proektnoj dokumentacii meliorativnyh ob'ektov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 2 (62). P. 475-482.

11. Tischenko A. I. Raschet plit krepleniya v nizhnem b'efe gidrotehnicheskikh sooruzhenij meliorativnoj seti s cel'yu uvelicheniya ih jekspluatacionnoj nadezhnosti // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 2 (34). P. 165-184.

12. Schedrin V. N. Aktual'nye voprosy razvitiya meliorativnoj otrasli i ispol'zovaniya vodnyh resursov v APK // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2021. № 4. P. 8-12.

13. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. № 13. P. 4181-4184.

Author's information

Vasilyeva Elena Viktorovna, Associate Professor of the South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov (132 Prosveshcheniya Street, Novocherkassk Rostov region, 346428, Russia), e-mail: karalenka5@yandex.ru

Fedorov Viktor Matveyevich, Professor of the A. K. Kortunov Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute-branch of the Don State Agrarian University (111 Pushkinskaya Street, Novocherkassk, Rostov region, 346428, Russia), e-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

Информация об авторах

Васильева Елена Викторовна, доцент Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), e-mail: karalenka5@yandex.ru

Федоров Виктор Матвеевич, профессор Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова - филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), e-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-40

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF RECULTIVATION OF DISTURBED LANDS BASED ON THE APPLICATION OF THE ECO-CONTROLLING SYSTEM

N.B. Efimova, I.A. Ulanova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 19.04.2021

Submitted 23.09.2021

Summary

The article analyzes the technical and biological stages of recultivation of disturbed lands and integrates the eco-controlling stage into the system for evaluating the effectiveness of recultivation measures. The results of testing the bio testing method as an indicator of the quality characteristics of reclaimed land are presenting. An algorithm for applying eco-controlling in environmental protection measures is proposed.

Abstract

Introduction. Recultivation of disturbed land is a complex of economic and technical works to restore the economic value of land. The need for recultivation of disturbed land is regulating by regulatory documents of the Government of the Russian Federation, the Ministry of Natural Resources, Roskomzem, etc. Reclamation, being the ultimate goal of the technological chain for the restoration of disturbed land, itself needs