

Влияние пуццолановой добавки на прочность цементного камня в строительных растворах

А.С. Ципинов, И.А. Жирикова

Кабардино-Балкарский государственный университет им Х.М. Бербекова

Аннотация: В статье приведены результаты влияния замены части цемента вулканическим пеплом на прочность цементного камня в строительных растворах. Пуццолановые добавки обладают гидравлическими свойствами. Вулканические пеплы месторождений Кабардино-Балкарии можно применять в строительных растворах и бетонных смесях в качестве активной минеральной добавки.

Ключевые слова: вулканический пепел, активная минеральная добавка природного происхождения, строительные растворы с активными минеральными добавками, цементный камень, прочность на изгиб и сжатие.

Природные и искусственные материалы в тонкомолотом виде при смешивании с воздушной известью, обладающие гидравлическими свойствами, называются активными минеральными или гидравлическими добавками [1, 2]. В смеси с портландцементом эти добавки повышают водо- и сульфатостойкость цементного камня.

При твердении цементных растворов и бетонов из вяжущего выделяется $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (гидрат окиси кальция), легко соединяется с углекислым газом воздуха и понижает его сопротивляемость [3, 4] по отношению к выщелачиванию и воздействию некоторых солей, содержащихся в минерализованных водах. Для повышения стойкости к выщелачиванию в цементные растворы и бетоны вводят активные минеральные добавки (АМД). Такие добавки снижают расход цемента и, соответственно, стоимость строительного раствора и бетона [5-7].

К АМД природного происхождения относятся осадочные (диатомиты, трепелы, опоки и глиежи) и вулканические (пеплы, туфы, пемзы, трассы). В качестве активных минеральных добавок применяют также искусственные материалы – доменные гранулированные шлаки, топливные золы и шлаки, глинистые материалы и кремнеземистые отходы в обожженном виде [8,9].

Активные минеральные добавки на основе вулканических пород называют пуццолановыми (по названию итальянского селения Поццуоли в Неаполитанском заливе, где они впервые стали разрабатываться).

Для вулканического пепла, применяемого в качестве АМД характерно сравнительно высокое содержание кремнезема и глинозема. Активность вулканического пепла как добавки зависит от скорости охлаждения расплавленной магмы. Такие добавки часто в значительной части или почти целиком состоят из стекла. При введении пуццоланов в состав цементов свободная известь связывается нерасстеклованной алюмосиликатной составляющей этих добавок [10-12]. На активность добавок вулканического происхождения влияет также содержание в них химически связанной воды. Это подтверждается тем, что вулканический трасс после прокаливания теряет способность придавать извести гидравлические свойства.

В Кабардино-Балкарской Республике (КБР) расположены 16 месторождений вулканического пепла, сырье которых пригодно как мелкий заполнитель пеплобетонов и строительных растворов. По запасам вулканического пепла наибольшим является Куркужинское месторождение КБР. По сведениям Северо-Кавказского Геологического Управления запасы этого месторождения пепла составляют по категории А+В+С1 – 7059 тыс. м³, по категории С2 – 11032 тыс. м³. Общий годовой объем добычи вулканического пепла в карьерах Кабардино-Балкарии колеблется от 50 до 80 тыс. м³ [4,9].

Наибольшей гидравлической и пуццолановой активностью обладает тонкомолотая мелкодисперсная часть вулканического пепла с удельной поверхностью 2000-5000 см² или зерна фракции менее 0,1 мм. В используемом в качестве АМД природном пепле, содержание фракции, прошедшей через сито №008 составляет до 15 % по массе.

Механизм действия АМД на основе вулканического пепла в строительных растворах и бетонных смесях обусловлен процессами гидратационного твердения, как заменителя части цемента, и, к тому же, учитывая, что удельная поверхность добавок и цемента близка, такие добавки обладают также пластифицирующим эффектом.

АМД применяют в строительных растворах и бетонах для повышения их подвижности, снижения расхода цемента (ГОСТ Р 56196-2014, EN 197-1.2000) без снижения прочности бетона и раствора [8, 9].

С целью определения влияния АМД на прочностные характеристики цементного камня в строительных растворах проводились испытания образцов, изготовленных из 5-ти составов цементно-песчаного раствора, с заменой части портландцемента вулканическим пеплом фракции менее 0,16 мм.

Материалы для испытаний. Вулканический пепел Каменского месторождения КБР по зерновому составу содержит зерна менее 0,16 мм – 31,52 %, зерна размером менее 0,08 мм – 14 %. Влажность пепла в естественном состоянии составляет 10,8 % [10].

Портландцемент марки М400 производства Черкесский цементный завод ЗАО «Кавказцемент». Вода затворения – водопроводная из городской сети.

Растворные смеси пяти составов для определения активности вяжущего с различным расходом цемента и добавки АМД, одинаковым количеством мелкого заполнителя и воды затворения, готовились в одинаковых условиях. Образцы – балочки размером 40x40x160 мм на изгиб и сжатие испытывались в возрасте 14 и 28 суток.

Результаты испытаний образцов приведены в табл. № 1 и на графике (рис. 1).

Таблица № 1

Состав и прочность строительного раствора

Состав \ Наименование	1	2	3	4	5
Портландцемент, г	500	475	450	450	450
Песок кварцевый, г	1500	1500	1500	1500	1500
Пепел вулканический фракции менее 0,16 мм, г	0	25	25	50	90
Пепел в % от цемента	0	5,26	5,55	11,11	20
Вода затворения, мл	300	300	300	300	300
Прочность на изгиб $R_{изг. 14 \text{ сут.}}$, МПа	5,76	6,285	5,355	5,64	5,9
Прочность на изгиб $R_{изг. 28 \text{ сут.}}$, МПа	7,68	8,38	7,14	7,52	7,87
Прочность на сжатие $R_{сж. 14 \text{ сут.}}$, МПа	27,01	22,19	24,81	24,39	24,92
Прочность на сжатие $R_{сж. 28 \text{ сут.}}$, МПа	46,25	35,56	39,757	39,09	42,673

График зависимости прочности цементного камня на изгиб и сжатие в строительных растворах в возрасте 14 и 28 суток представлен на рис. 1.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод:

– замена части цемента в строительных растворах вулканическим пеплом фракции менее 0,16 мм в количестве до 20 % приводит к снижению прочности цементного камня не более чем на 15 % для состава 2, 3 и 4, и менее 9 % для состава 5 по сравнению с составом 1 – без пуццолановой добавки.

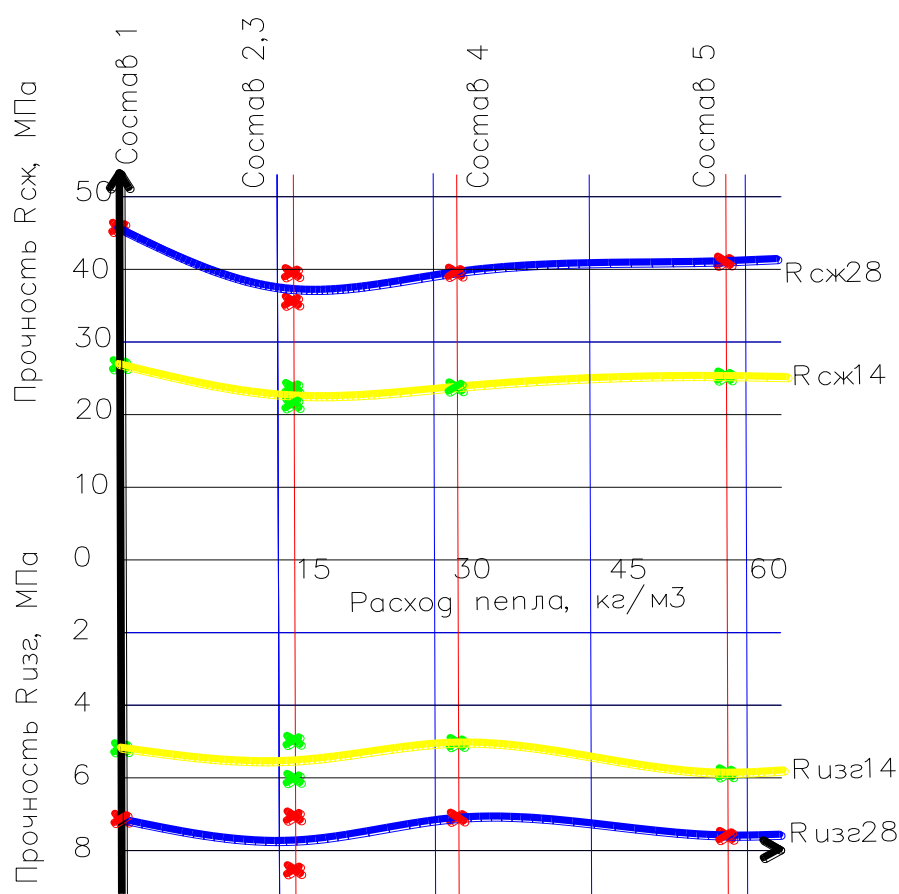


Рис. 1. – График зависимости прочности строительного раствора от количества добавки пепла

Литература

1. Лесовик В.С., Федюк Р.С., Лисейцев Ю.Л., Панарин И.И., Воронов В.В. Влияние состава на свойства и строение модифицированных цементных композитов // Строительные материалы. 2022. №9. С. 39-49. DOI: doi.org/ 10.3 16659/0585-430x-2022-806-9-39-49.

2. Макаева А.А., Тихонова Т.В., Голубева Е.П., Макаева Д.Р. Влияние минеральных наполнителей на свойства тяжелого бетона // Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы VIII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 15–16 ноября 2018 года / Под редакцией



Ф.К. Абдразакова. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2018. С. 221-223.

3. Ахматов М.А. Применение отходов камнепиления туфкарьеров и рыхлых пористых пород в качестве заполнителей легких бетонов и конструкций из них. Нальчик, 1981. – 128 с.

4. Касторных Л. И., Тароян А.Г., Усепян Л.М. Влияние отсева камнедробления и минерального наполнителя на характеристики мелкозернистых самоуплотняющихся бетонов // Инженерный вестник Дона. 2017. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4340.

5. Петров И. В., Красникова Н.М. Исследование эффективности различных минеральных наполнителей для состава мелкозернистого бетона // Актуальные вопросы современной науки: Сборник статей по материалам XII международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Томск, 23 мая 2018 года. Томск: Общество с ограниченной ответственностью Дендра, 2018. С. 139-144.

6. Низина Т.А., Балбалин А.В. Влияние минеральных добавок на реологические и прочностные характеристики цементных композитов // Вестник ТГАСУ. - 2012, № 2. - С. 148-153.

7. Бердов Г.И., Ильина Л.В. Влияние количества и дисперсности минеральных добавок на свойства цементных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2010. № 11-12. - С. 11-16.

8. Middendorf, V. Nanoscience and nanotechnology in cementitious materials // Cement International. - 2006. - №4. - pp.- 80 – 86.

9. Valery K. Khuranov, Muzarib I. Vjakhov, Aues S. Tsipinov. Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. pp. 243-246.

10. Хуранов В.Х., Ципинов А.С., Исупов А.Р., Бербеков А.А. Двухслойная стеновая панель из пеплотуфобетона // Инженерный вестник Дона, 2020, №6. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n6y2020/6512.

11. Несветаев Г.В., Животкова И.А. Влияние некоторых минеральных добавок на свойства мелкозернистых бетонов и строительных растворов // Инженерный вестник Дона, 2024, №5. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n5y2024/9200.

12. Несветаев Г.В., Козлов Г.А., Козлов А.В., Филонов И.А. Влияние некоторых минеральных добавок на свойства мелкозернистых бетонов // Инженерный вестник Дона, 2022, №11. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n11y2022/7972.

References

1. Lesovik V.S., Fedyuk R.S., Liseytshev YU.L., Panarin I.I., Voronov V.V. Stroitel'nyye materialy. 2022. №9. pp. 39-49. DOI: doi.org/ 10.3 16659/0585-430x-2022-806-9-39-49.

2. Makayeva A.A., Tikhonova T.V., Golubeva Ye.P., Makayeva D.R. Problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva, teplogazosnabzheniya i energoobespecheniya: Materialy VIII Natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, Saratov, 15–16 noyabrya 2018 goda. Pod redaktsiyey F.K. Abdrazakova. Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. N.I. Vavilova, 2018. pp. 221-223.

3. Akhmatov M.A. Primeneniye otkhodov kamnepileniya tufkar'yerov i rykhlykh poristyykh porod v kachestve zapolniteley legkikh betonov i konstruktsiy iz nikh [The use of rock-cutting waste from shoe quarries and loose porous rocks as fillers for lightweight concretes and structures made of them.]. Nal'chik, 1981. 128 p.

4. Kastornykh L. I., Taroyan A.G., Usepyan L.M. Inzhenernyi vestnik Dona. 2017. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4340.

5. Petrov I. V., Krasnikova N.M. Aktual'nyye voprosy sovremennoy nauki: Sbornik statey po materialam XII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy



konferentsii. V 3-kh chastyakh, Tomsk, 23 maya 2018 goda. Tomsk: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu Dendra, 2018. pp. 139-144.

6. Nizina T.A., Balbalin A.V. Vestnik TGASU. 2012, № 2. pp. 148-153.
7. Berdov G.I., Il'ina L.V. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo. 2010. № 11-12. pp. 11-16.
8. Middendorf, B. Cement International. 2006. №4. pp. 80 – 86.
9. Valery K. Khuranov, Muzarib I. Bjakhov, Aues S. Tsipinov. Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. pp. 243-246.
10. Khuranov V.KH., Tsipinov A.S., Isupov A.R., Berbekov A.A. Inzhenernyi vestnik Dona, 2020, №6. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n6y2020/6512.
11. Nesvetayev G.V., Zhivotkova I.A. Inzhenernyi vestnik Dona, 2024, №5. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n5y2024/9200.
12. Nesvetaev G.V., Kozlov G.A., Kozlov A.V., Filonov I.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №11. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n11y2022/7972.

Дата поступления: 13.04.2024

Дата публикации: 2.06.2024