

EDN: UTYGYP

УДК 691.32

И. И. МАЦЮК, Е. М. ВИШТОРСКИЙ, Д. М. АСТАНИНРоссийский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева,
г. Москва, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯЖЕЛОГО ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ДОБАВКОЙ SIKAPLAST-520 N

Аннотация. В связи с развитием и разнообразным применением тяжелых цементных бетонов необходимо рассматривать задачи по усовершенствованию и модификации структуры бетонного композита для достижения требуемых оптимальных физико-механических и технологических характеристик. Одно из основных свойств тяжелого бетона является его прочность. В работе исследовано влияние пластифицирующей добавки SIKAPLAST-520 N на прочность при сжатии тяжелого цементного бетона при нормальных условиях твердения. Теоретически определена целесообразность применения данной химической пластифицирующей добавки в сравнении с добавками другой химической природы. Установлено, что применение SIKAPLAST-520 N позволяет увеличить прочностные показатели на 19 % в сравнении с контрольным составом. Рекомендуются исследования химической добавки SIKAPLAST-520 N в составе органо-минерального модификатора, что предположительно позволит дополнительно снизить расход цемента и одновременно увеличить физико-механические характеристики тяжелого бетона. Также были поставлены цели для дальнейших исследований в данной области.

Ключевые слова: бетон, пластификатор, химическая добавка, портландцемент, водотвердое отношение.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При проектировании составов бетонов и придании им определенных свойств могут применяться как химические, так и минеральные добавки или их различные комбинации [1, 2]. Подавляющее большинство из этих добавок направлено на решение нескольких задач:

- 1) получение прочного и долговечного бетона;
- 2) снижение трудовых и энергетических затрат при производстве бетонных смесей и бетонов.

Сочетание вышеприведенных задач до определенного времени не достигалось в силу того, что для получения прочных и долговечных бетонов составы проектировались с низкими значениями водоцементного отношения, что в свою очередь обуславливает получение жестких бетонных смесей, требующих более высоких энергетических затрат как при перемешивании, так и при укладке, а также вибрационном уплотнении в формах. Это противоречие в значительной степени было решено за счет разработки и применения эффективных пластифицирующих добавок [3].

Суперпластификаторы подразделяются на четыре основные группы: модифицированные лингосульфونات технические, продукты конденсации сульфированного нафталина с формальдегидом, меламинсульфоокислоты с формальдегидом и полимеры, включающие полиакрилаты, полистирольные сульфаты, поликарбоксилатные эфиры. Механизм их действия на дисперсные системы, в частности на цементное тесто, тесно связан с адсорбцией на продуктах гидратации клинкерных минералов. Адсорбция в цементных системах имеет свои особенности – принципиальное значение могут иметь химическое (пространственное) строение молекул добавок или строение адсорбционного слоя [4].

Фактором, определяющим адсорбцию полярных соединений в водных растворах, является способность молекул воды образовывать водородные связи как с самими молекулами, так и с поверхностью адсорбента. В свою очередь, адсорбционный механизм пластифицирующего действия ПАВ

© И. И. Мацюк, Е. М. Вишторский, Д. М. Астанин, 2023



предполагает диссоциацию ионогенных групп и адсорбцию их на активных центрах поверхности твердой фазы и ее гидрофоллизацию [4].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Эффективными модификаторами цементных систем являются добавки пластифицирующей группы на основе высокомолекулярных поверхностно-активных веществ, в частности поликарбоксилатные добавки, которые позволяют уменьшить количество воды затворения при сохранении заданной подвижности [5, 6]. Поликарбоксилаты обладают разветвленной структурой и состоят из основной поликарбоксильной цепи, а также боковых полиэфирных ответвлений. Такое строение обеспечивает частицам цемента электростатическое и стерическое (пространственное) отталкивание [4].

Широкое применение в современной технологии бетона получили комплексные органоминеральные добавки. В работах С. В. Сороканича приведены сведения об использовании комплексных органоминеральных добавок, которые позволяют получить бетон с повышенной коррозионной стойкостью за счет формирования более плотной структуры цементного камня с низкой пористостью из-за снижения водовяжущего отношения и заполнения порового пространства активными минеральными наполнителями [7, 8].

В работах А. В. Назаровой и Д. С. Коваленко предложены бетоны с пониженной усадкой на основе комплекса добавок, в виде расширяющих и снижающих усадку, а также на основе расширяющихся цементов [9, 10].

Целью исследования является определение прочности при сжатии тяжелого цементного бетона, модифицированного химической добавкой поликарбоксилатного типа SIKAPLAST-520 N, а также закономерности его влияния на прочностные показатели.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

При разработке тяжелого модифицированного цементного бетона использовался портландцемент ПЦ-I 42,5 Н производства АО «Евроцемент груп», насыпной плотностью 1 315 кг/м³. Применялся песок крупный 2 класса, соответствующий ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия», ОАО «Хромцовский карьер», Россия, Ивановская область, г. Фурманов, с. Хромцово, $\rho_{\text{нас}} = 1\,620,0$ кг/м³, $\rho_{\text{ист}} = 2\,670,0$ кг/м³, пустотность П = 39,7 %, модуль крупности $M_k = 2,7$, водопотребность $W_{\text{п}} = 7$ %.

В исследованиях применялся щебень гранитный соответствующий ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» месторождения «Кирьявалахти», ООО «Сортавальский ДСЗ», Россия, Республика Карелия, г. Сортавала. В качестве химической добавки использован суперпластификатор фирмы «Sika» – SIKAPLAST-520 N. Расход данной химической добавки ограничен заводом изготовителем.

Испытание прочности на сжатие выполнено на образцах-кубах с размером ребра 10 см. Образцы твердели в нормальных условиях при температуре 20 °С +/-2 °С и относительной влажности воздуха не менее 90 %.

В таблице приведены составы на 1 м³ тяжелого цементного бетона и свойства бетонных смесей. Подбор состава бетона выполнен расчетно-экспериментальным методом абсолютных объемов, включающих в себя определение номинального состава, расчет и корректировку рабочего состава.

Применение SIKAPLAST-520 N позволяет получить высокоподвижные пластифицированные смеси при дозировке 0,6...1,0 % (ОК = 12...17 см, таблица).

Таблица – Составы тяжелого цементного бетона на 1 м³ и свойства бетонных смесей

№ состава	В/Ц	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	Sika, % от массы цемента	Объемная масса бетонной смеси, кг/м ³	ОК, см
1 (контрольный)	0,45	440	530	1 220	–	2 390	4
2	0,40	440	530	1 220	0,6	2 365	12
3	0,38	440	530	1 220	1,0	2 360	17

На рисунке 1 приведены показатели прочности при сжатии составов из таблицы 1. На рисунке 2 показано проведение испытаний с помощью гидравлического пресса ТП-100.

Как видно из рис. 1, максимальное значение по прочности у состава № 3 – 46,3 МПа. Прочность выросла на 19 % в сравнении с контрольным составом № 1 за счет снижения водоцементного отношения с 0,45 до 0,38, что можно объяснить сильным стерическим и электростатическим эффектом отталкивания цементных частиц с применением поликарбоксилата SIKAPLAST-520 N.

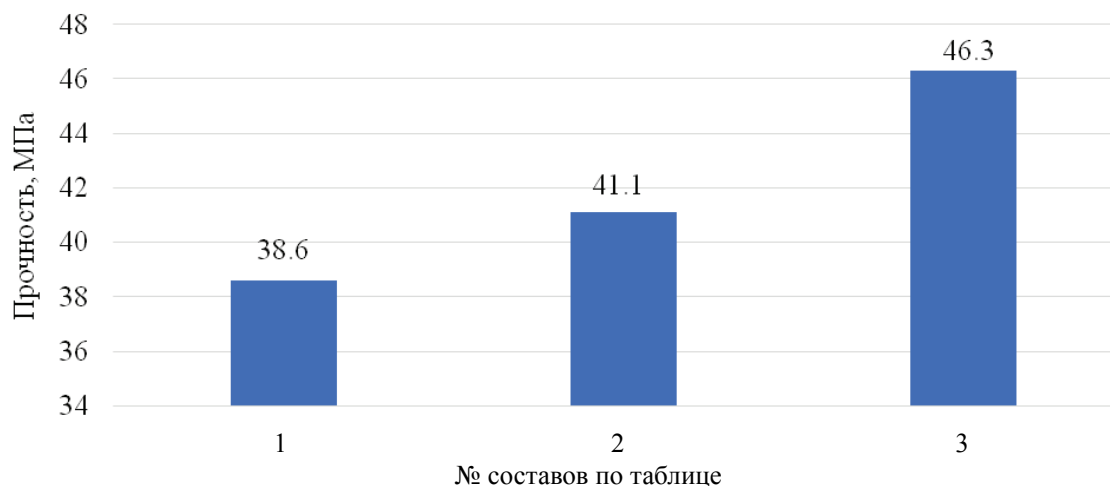


Рисунок 1 – Прочность при сжатии тяжелого цементного бетона в стандартном возрасте.



Рисунок 2 – Проведение прочностных испытаний при сжатии тяжелого цементного бетона в стандартном возрасте 28 сут.

ВЫВОДЫ

Наиболее эффективными пластифицирующими химическими добавками, применяемыми в современном строительстве, являются добавки поликарбоксилатного типа. Планируются дальнейшие исследования химической добавки в составе органо-минерального модификатора, что предположительно позволит дополнительно снизить расход цемента и одновременно увеличить физико-механические характеристики тяжелого бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киценко, Т. П. Влияние гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс» на свойства тяжелого бетона / Т. П. Киценко, Е. В. Егорова, А. В. Каширин. – Текст : непосредственный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2022. – Том 18, № 4. – С. 137–144. – EDN: NXVPPB.
2. Грозав, В. И. Снижение средней плотности бетонов на основе заполнителей из отходов камнепиления известняков-ракушечников / В. И. Грозав, Г. К. Муталибова. – Текст : непосредственный // Природообустройство сельскохозяйственных территорий : сборник материалов научно-технической конференции, Москва, 24–27 апреля

- 2001 г. – Москва : Московский государственный университет природообустройства, 2001. – С. 105–106. – EDN: КАХСКЕ.
3. Оптимизация состава самоуплотняющихся бетонных смесей, стойких к сегрегации, и бетонов на их основе / М. Н. Водолад, Е. В. Егорова, С. В. Лахтарина [и др.]. – Текст : электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2022. – Том 18, № 3. – С. 117–125. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2022-3/st_03_vodolad_egorova_lahtarina_petrik_chenchenko.pdf (дата публикации: 17.10.2022). – EDN: DSKQTS.
 4. Зайченко, Н. М. Модифицированные цементные бетоны для устойчивого развития : учебное пособие / Н. М. Зайченко. – Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 559 с. – ISBN 978-5-4486-0132-3. – Текст : непосредственный. – EDN: ZVCNKN.
 5. Оптимизация состава цементного камня с добавкой микрокремнезема и суперпластификатора SikaViscocrete 5 New St / Н. М. Зайченко, С. В. Лахтарина, Е. В. Егорова [и др.]. – Текст : электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2018. – Том 14, № 1. – С. 5–12. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2018-1/01_zaichenko_lakhtaryina_yegorova_gubar_sokolova.pdf (дата публикации: 16.04.2018). – EDN: XQQYZN.
 6. Зайченко, Н. М. Твердение цемента с комплексной органо-минеральной расширяющейся добавкой / Н. М. Зайченко, А. В. Назарова, К. С. Р. Маруди. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2016. – Выпуск 2016-3(119) Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 13–21. – EDN: YQPLCL.
 7. Сороканич, С. В. Органоминеральный модификатор цементных композитов на основе стеклянного порошка / С. В. Сороканич, А. В. Назарова. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Выпуск 2018-3(131) Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 5–11. – URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-3\(131\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-3(131).pdf) (дата публикации: 21.05.2018). – EDN: YMZPLV.
 8. Сороканич, С. В. Влияние техногенного отхода алюмошлака на свойства цементного теста / С. В. Сороканич, А. В. Парамонова. – Текст : непосредственный // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. – № 1(67). – С. 162–167. – EDN: RXYNZK.
 9. Назарова, А. В. Эффективные способы минимизации усадочного трещинообразования в цементобетоне / А. В. Назарова, К. С. Р. Ал-Маршди, Д. С. Коваленко. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2017. – Выпуск 2017-2(124) Современные строительные материалы. – С. 65–70. – URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-2\(124\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-2(124).pdf) (дата публикации: 30.05.2017). – EDN: ZBAYZT.
 10. Коваленко, Д. С. Цементные композиты, модифицированные расширяющими добавками / Д. С. Коваленко. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – Выпуск 2020-1(141) Современные строительные материалы. – С. 162–169. – URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-1\(141\)_maket.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-1(141)_maket.pdf) (дата публикации: 17.02.2020). – EDN: JIHNGG.

Получена 04.04.2023

Принята 21.04.2023

І. І. МАЦЮК, Є. М. ВИШТОРСЬКИЙ, Д. М. АСТАНІН
 ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ ВАЖКОГО ЦЕМЕНТНОГО
 БЕТОНУ, МОДИФІКОВАНОГО ДОБАВКОЮ SIKAPLAST-520 N
 Російський державний аграрний університет – МСГА імені К. А. Тімірязєва,
 м. Москва, Російська Федерація

Анотація. У зв'язку з розвитком та різноманітним застосуванням важких цементних бетонів необхідно розглядати задачі щодо удосконалення та модифікації структури бетонного композиту для досягнення необхідних оптимальних фізико-механічних та технологічних характеристик. Однією з основних властивостей важкого бетону є його міцність. Досліджено вплив пластифікуючої добавки SIKAPLAST-520 N на міцність при стиснанні важкого цементного бетону за нормальних умов твердіння. Теоретично визначено доцільність застосування цієї хімічної пластифікуючої добавки порівняно з добавками іншої хімічної природи. Встановлено, що застосування SIKAPLAST-520 N дозволяє збільшити показники міцності на 19 % у порівнянні з контрольним складом. Рекомендуються дослідження хімічної добавки SIKAPLAST-520 N у складі органо-мінерального модифікатора, що дозволить додатково знизити витрати цементу і одночасно збільшити фізико-механічні характеристики важкого бетону. Також були поставлені цілі для подальших досліджень у цій галузі.

Ключові слова: бетон, пластифікатор, хімічна добавка, портландцемент, водотвердеставлення.

IVAN MATSYUK, EVGENY VISHTORSKY, DMITRY ASTANIN
DETERMINATION OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF HEAVY
CEMENT CONCRETE MODIFIED WITH SIKAPLAST-520 N

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named
after K. A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

Abstract. In connection with the development and diverse use of heavy cement concretes, the tasks of improving and modifying the structure of a concrete composite began to be considered in order to achieve the necessary optimal physical, mechanical and technological characteristics. One of the main properties of heavy concrete is its strength. In this work, the effect of the plasticizing additive SIKAPLAST-520 N on the compressive strength of heavy cement concrete under normal hardening conditions was studied. The expediency of using this chemical plasticizing additive in comparison with additives of other chemical nature is determined. It has been established that the use of SIKAPLAST-520 N allows to increase the strength properties by 19 % in comparison with the control composition. It is recommended to study the chemical additive SIKAPLAST-520 N as part of an organo-mineral modifier, which presumably will further reduce the consumption of cement and at the same time increase the physical and mechanical characteristics of heavy concrete. Also, goals were set for further research in this area.

Key words: concrete, plasticizer, chemical additive, portland cement, water-to-solid ratio.

Мацюк Иван Иванович – студент института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация. Научные интересы: цементные бетоны, отвечающие современным требованиям.

Вишторский Евгений Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственного строительства и экспертизы объектов недвижимости, института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация. Научные интересы: цементные бетоны, отвечающие современным требованиям.

Астанин Дмитрий Михайлович – старший преподаватель кафедры сельскохозяйственного строительства и экспертизы объектов недвижимости института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация. Научные интересы: цементные бетоны, отвечающие современным требованиям.

Мацюк Іван Іванович – студент інституту меліорації, водного господарства та будівництва імені О. М. Костякова, Російського державного аграрного університету – МСГА імені К. А. Тимирязева, м. Москва, Російська Федерація. Наукові інтереси: цементні бетони, що відповідають сучасним вимогам.

Вишторський Євген Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри сільськогосподарського будівництва та експертизи об'єктів нерухомості інституту меліорації, водного господарства та будівництва імені О. М. Костякова, Російського державного аграрного університету – МСГА імені К. А. Тимирязева, м. Москва, Російська Федерація. Наукові інтереси: цементні бетони, що відповідають сучасним вимогам.

Астанін Дмитро Михайлович – старший викладач кафедри сільськогосподарського будівництва та експертизи об'єктів нерухомості інституту меліорації, водного господарства та будівництва імені О. М. Костякова, Російського державного аграрного університету – МСГА імені К. А. Тимирязева, м. Москва, Російська Федерація. Наукові інтереси: цементні бетони, що відповідають сучасним вимогам.

Matsyuk Ivan – student of the Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A. N. Kostyakova, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation. Scientific interests: cement concretes that meet modern requirements.

Vishtorsky Evgeny – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Agricultural Construction and Expertise of Real Estate Objects Department, of the Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A. N. Kostyakova, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation. Scientific interests: cement concretes that meet modern requirements.

Astanin Dmitry – Senior Lecturer, Agricultural Construction and Expertise of Real Estate Objects Department, of the Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A. N. Kostyakova, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation. Scientific interests: cement concretes that meet modern requirements.