



Фото предоставлено ООО «Риф-Микроформ»



Главный редактор

БОЛЬШАКОВ Э.Л.,
канд. техн. наук, президент
группы компаний «АЛИТ»
(Санкт-Петербург)

Редакционный совет

БУРЬЯНОВ А.Ф.,
д-р техн. наук, профессор-
консультант (Москва)

ВОВК А.И.,
д-р техн. наук, (Тульская обл.)

ГУСАРОВ В.В.,
член-корреспондент РААСН,
д-р хим. наук (Санкт-Петербург)

ДОБШИЦ Л.М.,
д-р техн. наук, профессор
(Москва)

ПЕТРУНИН С.Ю.,
канд. техн. наук, (Москва)

ПЛАНК Й.,
д-р техн. наук, профессор
(Германия)

ПОТАПОВА Е.Н.,
д-р техн. наук, профессор
(Москва)

ПУХАРЕНКО Ю.В.,
член-корреспондент РААСН,
д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербург)

РЕЗАЕВ Р.О.,
канд. физ.-мат. наук (Германия)

ТОНГБО С.,
д-р техн. наук, профессор
(Китай)

УШАКОВ В.В.,
д-р техн. наук, профессор
(Москва)

ЦЕМЕНТ

Л.Р. Зайцева ВЛИЯНИЕ РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ ЦЕМЕНТА НА СУЛЬФАТОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА	3
Е.А. Керзина, Е.А. Антинескул, Э.Р. Кузнецова, Д.А. Бердников, Т.С. Ермолаенко ОЦЕНКА УСЛОВИЙ И ПОТЕНЦИАЛА НАРАЩИВАНИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА С МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА	13
П.А. Литовченко, Н.В. Петрянин, А.П. Ракул ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЦЕМЕНТА НА ЕГО СВОЙСТВА ПРИ ПАЛЛЕТИРОВАНИИ	38
В.С. Прокопенко, В.В. Строкова, Е.А. Поспелова, Д.А. Мишин АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ЦЕМЕНТА В СИСТЕМЕ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ПОМОЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕПАРАТОРА	43



International analytical review "ALITinform: Cement. Concrete. Dry mixtures".
 Included in the List of Higher Attestation Commission and the state project SCIENCE INDEX.
 The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media, certificate number № ФС77-90950 of February 24, 2026.
 ISSN 1998-1295 (Print). ISSN 2712-7753 (Online).

Editor-in-Chief

BOLSHAKOV E.L.,
*Candidate of Sciences (Engineering),
 President of GC ALIT (St. Petersburg)*

Editorial Board

BURYANOV A.F.,
*Doctor of Engineering Sciences,
 Professor (Moscow)*

DOBSHITS L.M.,
*Doctor Engineering
 Sciences, (Moscow)*

GUSAROV V.V.,
*Academician of RAACS,
 Doctor of Chemical Sciences
 (St. Petersburg)*

PETRUNIN S.YU.,
*Candidate of Engineering Sciences
 (Moscow)*

PLANK J.,
*Doctor of Engineering Sciences,
 Professor (Germany)*

POTAPOVA E.N.,
*Doctor of Engineering Sciences,
 Professor (Moscow)*

PUKHARENKO Y.V.,
*Academician of RAACS, Doctor
 of Engineering Sciences
 (St. Petersburg)*

REZAEV R.O.,
*Candidate of Physics
 and Mathematics Sciences
 (Germany)*

TONGBO S.,
*Doctor of Engineering Sciences,
 Professor (China)*

VOVKA I.,
*Doctor of Engineering Sciences
 (Tula region)*

USHAKOV V.V.,
*Doctor of Engineering Sciences,
 Professor (Moscow)*

CEMENT

L. R. Zaitseva	3
RESEARCH OF THE EFFECT EXPANDING CEMENT ON SULFATE RESISTANCE OF CONCRETE	
E. A. Kerzina, E. A. Antineskul, E. R. Kuznetsova, D. A. Berdnikov, T. S. Ermolaenko	13
DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR MARKETING RESEARCH AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE MARKET FOR THE SALE OF POTENTIAL PRODUCTS FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR THE RECYCLING OF INDUSTRIAL WASTE AND BY-PRODUCTS OF CHEMICAL PRODUCTION	
P. A. Litovchenko, N. V. Petryanin, A. P. Rakul	38
INFLUENCE OF CEMENT TEMPERATURE ON ITS PROPERTIES ON THE PALLETIZING PROCESS	
V. S. Prokopenko, V. V. Strokova, E. A. Pospelova, D. A. Mishin	43
MATERIALS ANALYSIS OF CEMENT CLASSIFICATION EFFICIENCY IN A CLOSED GRINDING CYCLE SYSTEM USING A SEPARATOR	

Publisher: ALITinform Ltd. Address/For post: Shpalernaya street, building 51A, office room 227, St. Petersburg, Russia.

Tel./fax: +7 (812) 325-09-91. Office in Moscow: tel./fax: +7 (495) 580-54-36.

Project manager: Bolshakova, N. A.; design and layout: Taran, O.D.

The opinions, statements and advertising published in "ALITinform" are those of the authors only and are not necessarily those of the editorial staff. No confirmations or endorsements are intended or implied. After reprinting the references are obligatory.

Circulation 1000 copies. Web: www.alitinform.ru; e-mail: info@alitinform.ru.



L.R. Zaitseva, graduate student

Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Ufa, 450062, Russian Federation)

RESEARCH OF THE EFFECT EXPANDING CEMENT ON SULFATE RESISTANCE OF CONCRETE

Л.Р. Зайцева, аспирант

Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

ВЛИЯНИЕ РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ ЦЕМЕНТА НА СУЛЬФАТОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

Abstract

The influence of expanding cement on the sulphate resistance of concrete is considered. Concrete made with traditional shrinkage-reducing binders is subject to volume changes, which inevitably leads to the appearance of micro- and macro-defects and, as a result, reduces the performance characteristics of reinforced concrete structures. Cracks, both in the structure of the concrete cement stone itself and in the contact zone at the boundary between the cement matrix and the aggregate, are the main area of penetration for aggressive agents. In order to eliminate the negative effect of microcracking, the effectiveness of using an expanding binder was studied. The strength characteristics of concrete samples after storage in sodium sulphate solution and water were compared. The composition based on expanding cement showed the highest results in terms of the durability coefficient. Sophisticated analysis methods were used to study the microstructure and chemical composition of the developed concrete compositions.

Key words: *shrinkage cement, expanding cement, sulfate resistance of concrete, resistance factor*

Introduction

Concrete volume change begins at the earliest stage of hardening and continues throughout the entire life cycle of the structure. Therefore, concrete and reinforced concrete structures are subject to self-stressing or shrinkage cracking, which can cause significant defects in concrete and reinforced concrete structures, reducing their performance and aesthetics [1, 2]. Traditional methods of reducing shrinkage deformations and increasing the crack resistance of concrete include: the use of expanding / stressing cements or expanding additives; reducing the sand content; using chemical additives; reducing the water-cement ratio; and internal and external concrete curing [3, 4]. Another equally important factor leading to damage to concrete and reinforced concrete structures is the corrosion of concrete and reinforcement, including sulphate

Аннотация

Рассмотрено влияние расширяющегося цемента на сульфатостойкость бетона. Бетон на традиционном усадочном вяжущем подвержен объемным изменениям, что неизбежно приводит к появлению в нем микро- и макродефектов и, в результате, снижаются эксплуатационные характеристики железобетонных конструкций. Трещины, как в структуре самого цементного камня бетона, так и в контактной зоне на границе «цементная матрица – заполнитель», являются основной зоной проникновения для агрессивных агентов. С целью устранения отрицательного эффекта микротрещинообразования изучена эффективность применения расширяющегося вяжущего. Сопоставлены прочностные характеристики образцов бетона после их хранения в растворе сульфата натрия и в воде. Наиболее высокие результаты по коэффициенту стойкости показал состав на расширяющемся цементе. Для изучения микроструктуры и химического состава разработанных составов бетона применены тонкие методы анализа.

Ключевые слова: *усадочный цемент, расширяющийся цемент, сульфатостойкость бетона, коэффициент стойкости.*

Введение

Изменение объема бетона начинается с самого раннего возраста его твердения и практически не прекращается в течение всего периода жизненного цикла объекта. Поэтому бетонные и железобетонные конструкции подвержены самонапряжению или усадочному трещинообразованию, что может вызвать значительные дефекты в бетонных и железобетонных конструкциях, снижая их эксплуатационные характеристики и эстетичность [1, 2]. Традиционными способами снижения усадочных деформаций и повышения

Table 2. Active micro-silica content in aggregate
Таблица 2. Содержание активного микрокремнезема в заполнителе

Component // Компонент	Composition // Состав		
	1	2	3
Binder // Вяжущее	Cement II/A-Sh 42.5N, Sterlitamak // Цемент II/A-Ш 42,5Н г. Стерлитамак	Masteremaco A640	Masteremaco A640
Filler // Заполнитель	Crushed stone (Sangalyk quarry) // Отсев дробления (карьер «Сангалык»)	Crushed stone (Sangalyk quarry) // Отсев дробления (карьер «Сангалык»)	Crushed stone (Satka quarry) // Отсев дробления (карьер «Сатка»)
Active microsilica in filler, mmol/l // Активный микрокремнезем в заполнителе, ммоль/л	11,10	11,10	18,14
Alkaline oxides (Na ₂ O, K ₂ O) in terms of Na ₂ O (water-soluble), mass fraction, % // Щелочные оксиды (Na ₂ O, K ₂ O) в перерасчете на Na ₂ O (водорастворимые), массовая доля, %	0,4	0,5	0,5

and Satka ($M_{kr} = 2.88$) quarries. Concrete samples measuring $25 \times 25 \times 100$ mm [8] were kept in a 3 % sodium sulphate solution and in distilled water. The corrosion resistance of concrete was assessed by the resistance coefficient RC of samples under bending (RCb) and compression (RCc), which was calculated as the ratio of the strength limit of samples stored in sodium sulfate solution to the strength of samples stored for the same period in distilled water. The tests were carried out after 1, 3, 6 and 12 months. At each time interval, three beams were tested for bending (using the PM-1MG4 device) and four halves of samples previously tested for bending were tested for compression (using the PGM-500MG4 device). Table 3 shows the results of the sample tests.

The test results show that all compositions have high initial strength values at 3 months of age, with the lowest value for composition 1 on shrinkage binder, which has the lowest W/C ratio. It should be noted that the W/C ratio for composition 2 is quite high, since a dust-like fraction of crushed screenings was used here. After 12 months, the strength of all water-stored samples increased, with composition 3 having the highest value. Composition 2 has the highest water-cement ratio (and, therefore, this concrete is the most porous) and the lowest strength value, but this composition is characterised by the highest sulphate resistance, since after 12 months of storage in a sodium sulphate environment, it has the highest strength resistance coefficient for both compression and bending.

Figures 1 and 2 show photographs of the microstructure of the surface of concrete sample chips taken with a JEOL JSM-6610 LV scanning electron microscope.

Fig. 1 shows that in concrete composition 1, there is a clear boundary at the interphase boundary between

с щелочами цемента с образованием вторичных гидратов. Однако, согласно ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» при содержании в щебне аморфных разновидностей диоксида кремния, растворимых в щелочах, не более 50 ммоль/л, заполнитель может применяться без ограничений. При этом данная реакция позволяет рассчитывать на эффект уплотнения контактной зоны вторичными гидратами.

Мелкозернистый бетон изготавливался при соотношении компонентов Ц : П = 1 : 2, дозировка химической добавки на основе поликарбоксилата MasterGlenium 591 составляла 0,8 % от массы цемента. В качестве заполнителя использовались природные материалы — отходы добычи нерудного сырья: отсева дробления фракции 0–5 мм карьеров «Сангалык» ($M_{кр} = 1,91$) и «Сатка» ($M_{кр} = 2,88$). Образцы бетона размером $25 \times 25 \times 100$ мм [8] были выдержаны в 3 %-ом растворе сульфата натрия и в дистиллированной воде. Коррозионная стойкость бетона оценивалась по коэффициенту стойкости КС образцов при изгибе (КСи) и при сжатии (КСс), который рассчитывался как отношение предела прочности образцов, хранившихся в растворе сульфата натрия, к прочности образцов, хранившихся тот же срок в дистиллированной воде. Испытания были проведены через 1, 3, 6 и 12 месяцев. В каждый срок были испытаны на изгиб по три балочки (на приборе ПМ-1МГ4), и на сжатие — по четыре половинки образцов, ранее испытанных на изгиб (на приборе ПГМ-500МГ4). В табл. 3 приведены результаты испытаний образцов.

at the interphase boundary between the cement matrix and the aggregate.

Concretes based on expanding cement are more expensive due to the cost of cement, so their use is advisable in the construction of critical structures, as well as for repair concrete.

References

1. Saliba J., Rozière E., Grondin F., Loukili A. Influence of shrinkage-reducing admixtures on plastic and long-term shrinkage. *Cement and Concrete Composites*. 2011. No. 33(2), pp. 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.10.006>

2. Samchenko S.V., Zorin D.A., Lam N.D., Lam T.V. Influence of the content of complex additives on the deformation properties of cement. *Construction: Science and Education*. 2023;13(1):137–151. (In Russian).

3. Krivoborodov Yu.R., Burlov I.Yu. Properties of expanding cements depending on production parameters. *Sukhie stroitel'nye smesi*. 2015. No. 2, pp. 39–41. (In Russian).

4. Nazarova A.V., Al-Marshdi Q.S.R., Kovalenko D.S. Effective Ways of Minimizing of Shrinkage Crack Formation in Cement Concrete. *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2017. Issue 2017-2(124) Modern building materials, pp. 65–70. URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/2017-2\(124\)/st_11_nazarova_al-marshdi-qosai-sahib-radi_kovalenko.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/2017-2(124)/st_11_nazarova_al-marshdi-qosai-sahib-radi_kovalenko.pdf) (date of access: 11.01.2026).

5. Gordon S.S. *Struktura i svoistva tyazhelykh betonov na razlichnykh zapolnityakh* [Structure and properties of heavy concretes on various aggregates]. Moscow: Stroizdat. 1969. 151 p.

6. Bazhenov Yu.M. Multicomponent fine-grained concretes. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2001. No. 10, pp. 24. (In Russian).

7. Odler I., Zurz A. Structure and Bond Strength of Cement – Aggregate Interfaces. *MRS Online Proceedings Library*. 114, 21 (1987). <https://doi.org/10.1557/PROC-114-21>

8. Tolykina N.M. Increasing corrosion resistance by rational choice of binder and aggregates. Dr. Diss. (Tech. Sciences). Belgorod. 2014. 354 p. (In Russian)

9. Latypov V.M., Latypova T.V., Lutsyk E.V., Fedorov P.A. *Dolgovechnost' betona i zhelezobetona v prirodnykh agressivnykh sredakh* [Durability of concrete and reinforced concrete in natural aggressive media]. Ufa: RITs UGNTU. 2014. 288 p.

10. Rakhimbaev Sh.M., Tolykina N.M. Substantiation of selection of binder type for aggressive media of organic origin based on the theory of heterogeneous physical and chemical processes. *Vestnik of the BGTU named after V.G. Shukhova*. 2016. No. 9, pp. 159–163. (In Russian)

Список литературы

1. Saliba J., Rozière E., Grondin F., Loukili A. Influence of shrinkage-reducing admixtures on plastic and long-term shrinkage // *Cement and Concrete Composites*. 2011. No. 33(2). Pp. 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.10.006>

2. Самченко С.В., Зорин Д.А., Лам Н.З., Лам Т.В. Влияние содержания комплексных добавок на деформационные характеристики цемента. *Строительство: наука и образование*. 2023. № 13(1). С. 137–151.

3. Кривобородов Ю.Р., Бурлов И.Ю. Свойства расширяющихся цементов в зависимости от параметров производства // *Сухие строительные смеси*. 2015. № 2. С. 39–41.

4. Назарова А.В., Ал-Маршди К.С.Р., Коваленко Д.С. Эффективные способы минимизации усадочного трещинообразования в цементобетоне // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры: интернет-журнал*. 2017. Вып. 2017–2(124) Современные строительные материалы. С. 65–70. URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/2017-2\(124\)/st_11_nazarova_al-marshdi-qosai-sahib-radi_kovalenko.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/2017-2(124)/st_11_nazarova_al-marshdi-qosai-sahib-radi_kovalenko.pdf) (дата обращения: 11.01.2026).

5. Гордон С.С. Структура и свойства тяжелых бетонов на различных заполнителях. М.: Стройиздат, 1969. 151 с.

6. Баженов Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2001. № 10. С. 24.

7. Odler I., Zurz A. Structure and Bond Strength of Cement – Aggregate Interfaces. *MRS Online Proceedings Library* 114, 21 (1987). <https://doi.org/10.1557/PROC-114-21>

8. Тольпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости путем рационального выбора вяжущего и заполнителей: Дис. ... д-ра. техн. наук. Белгород, 2014. 354 с.

9. Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Луцык Е.В., Федоров П.А. Долговечность бетона и железобетона в природных агрессивных средах. Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. 288 с.

10. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М. Обоснование выбора типа вяжущего для агрессивных сред органического происхождения на основе теории гетерогенных физико-химических процессов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова* 2016, № 9. С. 159–163.



E.A. Kerzina¹, Candidat of Economic Sciences

E.A. Antineskul^{1,2}, Doctor of Economic Sciences., Associate Professor

E.R. Kuznetsova¹, Doctor of Economic Sciences., Associate Professor

D.A. Berdnikov¹, Bachelor's

T.S. Ermolaenko¹, Bachelor's

¹ Perm State National Research University (15, Bukireva Street, Perm, 614068, Russian Federation)

² Ural State University of Economics (62/45, 8 March / Narodnaya Volya Street, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation)



DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR MARKETING RESEARCH AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE MARKET FOR THE SALE OF POTENTIAL PRODUCTS FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR THE RECYCLING OF INDUSTRIAL WASTE AND BY- PRODUCTS OF CHEMICAL PRODUCTION

E.A. Керзина¹, канд. экон. наук

E.A. Антинескул^{1,2}, д-р. экон. наук, доцент

Э.Р. Кузнецова¹, д-р. экон. наук, доцент

Д.А. Бердников¹, бакалавр

Т.С. Ермолаенко¹, бакалавр

¹ ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15)

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» (620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта / Народной Воли, 62/45)

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ И ПОТЕНЦИАЛА НАРАЩИВАНИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА С МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Abstract

This article presents an analysis of the current status and development prospects for the use of mineral additives derived from industrial waste in the cement industry and environmental services sector in Russia. It explores trends in waste recycling and the implementation of innovative materials aimed at enhancing industry sustainability and profitability. The article investigates the activities of engineering companies, the dynamics of their financial indicators, and the potential for the commercialization of innovative solutions. Special attention is given

Аннотация

Представлен анализ современного состояния и перспектив развития применения минеральных добавок, полученных из промышленных отходов, в цементной промышленности и сфере экологических услуг в России. Исследованы тенденции в области переработки отходов и внедрения инновационных материалов для повышения устойчивости и рентабельности отраслей и особенности деятельности инжиниринговых компаний, динамика их финансовых показателей и потенциал коммерциализации инновационных решений. Особое внимание уделено

production costs, a market capacity model was developed and a regression analysis of influencing factors was performed.

Despite the predicted short-term decline in cement production (pessimistic scenario — 25 % in 2025), the long-term trend towards an increase in the share of cement with mineral additives remains positive. The regression model shows that the volume of Portland cement production with additives is most strongly dependent on per capita cement consumption. Provided that the cost of such compositions decreases, the capacity of the Russian market for mineral additives has significant growth potential by 2037.

As part of the state program "Environmental Well-being", a federal project called "Closed-Loop Economy" is being implemented with planned funding of 600 billion rubles (start of implementation — 2025). The project aims to create infrastructure and a regulatory framework that will promote the use of secondary resources, including in the cement industry and related environmental services. The rapid growth in current operating expenses for environmental protection is a direct long-term driver for the introduction of waste processing technologies, including their use as mineral additives to achieve the target secondary resource utilization index (32 % by 2030).

Cement production remains sensitive to the overall economic situation, construction investment, GDP dynamics, and household income. The projected decline in cement consumption may temporarily reduce demand for all types of additives. Significant equipment wear and tear requires constant large investments in modernization and greening, which does not always provide a quick financial return and increases production costs.

The increase in transportation costs (up to 12 % of production costs) and the cost of environmental measures are also putting pressure on the final price of cement. The market for mineral additives is saturated with both traditional (calcium carbonate, dolomite) and alternative products (fly ash, slag). Production costs can be reduced through the development of new technologies in the field of eco-innovation, reducing current environmental protection costs and extending the life cycle of deposits.

The development of technologies for the reuse of industrial waste in the production of mineral additives for cement is not only a necessity dictated by environmental safety requirements, but also a strategic economic opportunity. Success will be determined by the ability of market participants to mitigate risks through cost-reducing innovations, the effective use of government support measures within the environmental agenda, and the formation of sustainable industrial symbiosis chains. The geographical potential for the formation of the three largest centers of industrial symbiosis between soda plants and cement producers is concentrated in three regions: the Perm Territory, the Republic of Crimea, and the Leningrad Region. The long-term market outlook is linked to the irreversible trend toward resource efficiency and the circular economy.

себестоимости таких составов, емкость российского рынка минеральных добавок имеет значительный потенциал роста к 2037 г.

В рамках государственной программы «Экологическое благополучие» реализуется федеральный проект «Экономика замкнутого цикла» с запланированным финансированием от 600 млрд р. (начало реализации — 2025 г.). Целью проекта является создание инфраструктуры и нормативно-правовой базы, способствующих использованию вторичных ресурсов в том числе в цементной промышленности и связанных с ней экологических услугах. Опережающий рост текущих эксплуатационных расходов на охрану окружающей среды является прямым долгосрочным драйвером для внедрения технологий переработки отходов, включая их использование в качестве минеральных добавок для достижения целевого показателя по индексу использования вторичных ресурсов (32 % к 2030 г.).

Производство цемента остается чувствительным к общей экономической ситуации, инвестициям в строительство, динамике ВВП и доходам населения. Прогнозируемое снижение потребления цемента может временно сжать спрос на все виды добавок. Значительный износ оборудования требует постоянных крупных инвестиций в модернизацию и экологизацию, что не всегда дает быструю финансовую отдачу и повышает себестоимость.

Также рост транспортных издержек (до 12 % в себестоимости) и стоимости экологических мероприятий оказывают давление на конечную цену цемента. Рынок минеральных добавок насыщен как традиционными (карбонат кальция, доломит), так и альтернативными продуктами (зола-уноса, шлаки). Себестоимость производства можно снизить за счёт разработок новых технологий в сфере экоинноваций, снижая текущие затраты на охрану окружающей среды и продляя жизненный цикл месторождений.

Развитие технологий вторичного использования промышленных отходов для производства минеральных добавок к цементу является не только необходимой, обусловленной требованиями экологической безопасности, но и стратегической экономической возможностью. Успех будет определяться способностью участников рынка нивелировать риски через инновации, снижающие себестоимость, эффективное использование государственных мер поддержки в рамках экологической повестки, а также формирование устойчивых цепочек промышленного симбиоза. Географический потенциал образования трех крупнейших центров промышленного симбиоза между содовыми заводами и производителями цемента сосредоточен в трех регионах: Пермском крае, Республике Крым и Ленинградской области. Долгосрочная перспектива рынка связана с необратимым трендом на ресурсоэффективность и циркулярную экономику.



P.A. Litovchenko¹, head of the technological processes and equipment development direction

N.V. Petryanin¹, specialist

A.P. Rakul¹, head of the technological

¹ Department of the Engineering Center of CEMROS (7, Moscow Highway, Ryazan, 390013, Russian Federation)



INFLUENCE OF CEMENT TEMPERATURE ON ITS PROPERTIES ON THE PALLETIZING PROCESS



П.А. Литовченко¹, руководитель направления развития технологических процессов и оборудования

Н.В. Петрянин¹, специалист

А.П. Ракул¹, начальник технологического управления

¹ Инженерный центр АО «ЦЕМРОС» (390013, Рязань, Московское шоссе, 7)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЦЕМЕНТА НА ЕГО СВОЙСТВА ПРИ ПАЛЛЕТИРОВАНИИ

Abstract

The problem of elevated cement temperature at the outlet of a cement mill is considered, and the effect on reducing the productivity of palletizing lines is studied. It was found that when the cement temperature is above 65°C, the carousel machine requires an additional revolution to fill the cement bag.

The results of chemical analysis and physico-mechanical tests of batches, the bags of which were not filled during one revolution of the carousel machine, were studied. It has been established that the chemical and physico-mechanical properties of the tested cement are within the regulated values, with the exception of the specific surface area.

It is concluded that a decrease in the productivity of the calibration line occurs at cement temperatures above 65°C, and the specific surface area of cement exceeding 4,400 cm²/g is also affected.

Key words: cement; palletizing line; carousel machine; temperature; specific surface area.

Introduction

Optimization of the final stages of cement production, such as milling, bagging and palletizing, is an important task to ensure profitability and quality of finished products [1]. One of the key but little-studied factors influencing this process is the temperature of cement during bagging and palletizing.

The high temperature of the cement [2] negatively affects the process of filling the bag with the carousel machine: the bag is not filled to the set weight in one revolution of the carousel machine, reducing its productivity. Also, the increased temperature of the material

Аннотация

Рассмотрена проблема повышенной температуры цемента на выходе из цементной мельницы, изучено влияние на снижение производительности паллетоформирующих линий. Установлено, что при температуре цемента выше 65°C карусельной машине требуется дополнительный оборот для наполнения мешка цемента.

Изучены результаты химического анализа и физико-механических испытаний партий, мешки из которых не заполнялись за время одного оборота карусельной машины. Установлено, что химические и физико-механические свойства испытанного цемента, находятся в пределах регламентируемых значений, за исключением удельной поверхности.

Сделан вывод, что снижение производительности линии тарирования происходит при температуре цемента выше 65°C, также влияние оказывает удельная поверхность цемента, превышающая 4400 см²/г.

Ключевые слова: цемент; паллетоформирующая линия; карусельная машина; температура; удельная поверхность.

Введение

Оптимизация заключительных этапов производства цемента, таких как помол, упаковка в мешки и паллетирование, является важной задачей для обеспечения рентабельности и качества готовой продукции [1]. Одним из ключевых, но малоизученных факторов, влияющих на этот процесс, является температура цемента в процессе упаковки в мешки и паллетировании.

Высокая температура цемента [2] негативно влияет на процесс наполнения мешка карусельной машиной:

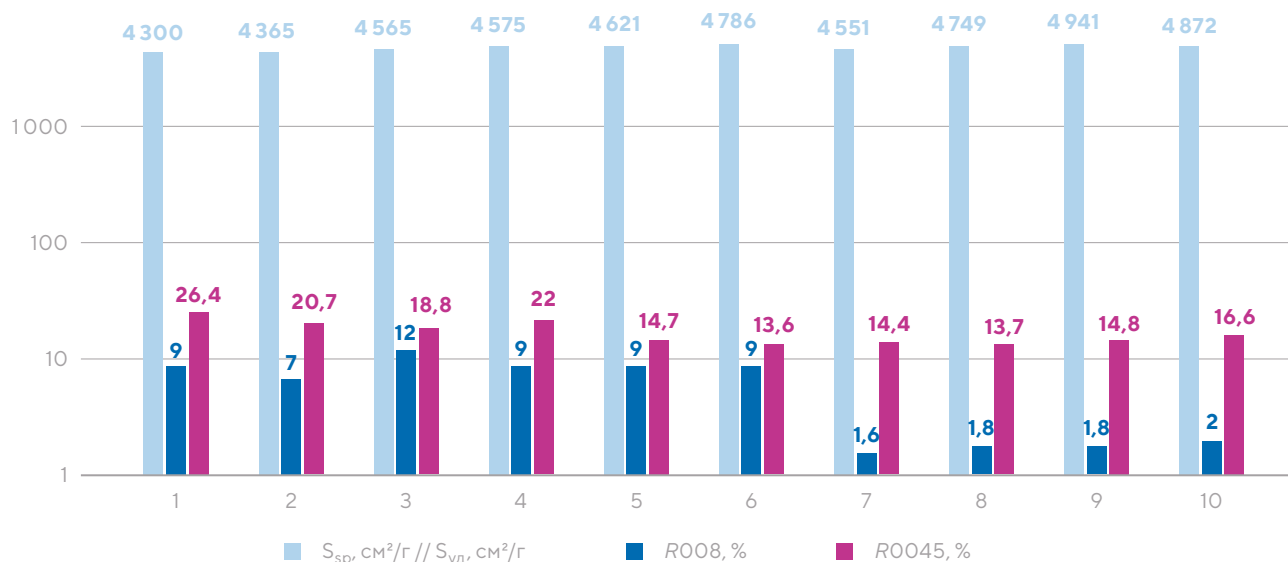


Fig. 3. Physical and mechanical analysis of the samples
Рис. 3. Физико-механический анализ отобранных проб

on sieves R008 and R0045 and the specific surface area according to Blaine (Fig. 3). The results showed that the samples included samples with both increased fineness of grinding (samples 7–10) and working parameters (samples 6–10). Also, an increased specific surface area relative to the regulatory indicators was noted in all samples. This observation allows us to conclude that the increased specific surface area in combination with the high temperature of cement negatively affects the process of filling the bag with cement.

Conclusion

The conducted research proves the significant influence of cement temperature on the technological process of its palletization. It has been established that, given the invariance of chemical and physico-mechanical parameters, the temperature range of 65–80°C, and not only extremely high values, is critical for filling a bag of cement with a carousel machine in one revolution. At this temperature, a complex of negative effects is also observed: the flowability of the material worsens, adhesion increases and the tendency to form lumps, voids form in bags and the integrity of pallets is disrupted. A specific surface area of 440 cm²/g also has a negative effect on the process of filling bags with a carousel machine.

References

1. Klassen V.K. Tekhnologiya i optimizatsiya proizvodstva tsementa [Technology and optimization of cement production]. Belgorod: BGTU. 2012. 308 p.
2. Butt Yu.M., Sychev S.D., Timashev V.V. Tekhnologiya vyazhushchikh veshchestv [Technology of binders]. Moscow: Vysshaya shkola. 1980. 472 p.
3. Teilor Kh. Khimiya tsementa [Cement chemistry]. Moscow: Mir. 1996. 560 p.

Также были определены физико-механические показатели отобранных проб — тонкость помола на ситах R008 и R0045 и удельная поверхность по Блейну (рис. 3). Результаты показали, что в отобранных пробах присутствовали образцы, как с повышенной тонкостью помола (образцы 7–10), так и с рабочими показателями (образцы 6–10). Также во всех пробах была отмечена повышенная относительно регламентных показателей удельная поверхность. Данное наблюдение позволяет сделать вывод, что повышенная удельная поверхность в комбинации с высокой температурой цемента негативно влияет на процесс наполнения мешка цементом.

Выводы

Проведенное исследование доказывает существенное влияние температуры цемента на технологический процесс его паллетирования. Установлено, что при неизменности химических и физико-механических параметров критическим для заполнения мешка цемента карусельной машиной за один оборот является температурный диапазон 65–80°C, а не только экстремально высокие значения. При этой температуре также наблюдается комплекс негативных эффектов: ухудшается сыпучесть материала, повышается адгезия и склонность к образованию комков, образуются пустоты в мешках и нарушается целостность паллет. Удельная поверхность от 440 см²/г так же оказывает негативное влияние на процесс наполнения мешков карусельной машиной.

Список литературы

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. Белгород: БГТУ, 2012. 308 с.
2. Бутт Ю.М., Сычев С.Д., Тимашев В.В. Технология вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1980. 472 с.
3. Тейлор Х. Химия цемента. М.: Мир, 1996. 560 с.



Композит XXI век

ИЗДАТЕЛЬСТВО

Публикация статей и подписка



информационный научно-технический журнал



информационный научно-технический журнал

Журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века» входит в международную систему цитирования **Chemical Abstracts**, включен в **Перечень ВАК**, журналы включены в **РИНЦ**



информационный научно-технический журнал



информационный научно-технический журнал

Электронная версия журнала:
http://www.stroyamat21.ru/_library/smot_9-10.pdf



Подписаться по ценам редакции:
<https://stroyamat.ru/subscription-new/>



+7 (495) 231-44-55 | stroyamat.ru





V.S. Prokopenko¹, Engineer

V.V. Strokov¹, Doctor of Engineering Science, Professor

E.A. Pospelova¹, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

D.A. Mishin¹, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukova Street, Belgorod, 308012, Russian Federation)



MATERIALS ANALYSIS OF CEMENT CLASSIFICATION EFFICIENCY IN A CLOSED GRINDING CYCLE SYSTEM USING A SEPARATOR

В.С. Прокопенко¹, инженер

В.В. Строкова¹, д-р техн. наук, профессор

Е.А. Поспелова¹, канд. техн. наук, доцент

Д.А. Мишин¹, канд. техн. наук, доцент

¹ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ЦЕМЕНТА В СИСТЕМЕ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ПОМОЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕПАРАТОРА

Abstract

The article presents an analysis of the effectiveness of the classification process in a closed cycle of cement production using separators. The study is based on data from six Russian cement plants working with different brands of general construction cements (CEM I 42.5N, CEM I 52.5N, CEM II/V-S 42.5N, CEM II/A-I 42.5N). It is shown that, despite the stable classification of the material using a separator, there is instability in the granulometric composition of the product, which is sent for re-grinding. Analysis of the granulometric composition showed that from 17 to 36 % of the material supplied to the separator with a size of less than 80 microns, which already meets the requirements for the finished product (cement), enters the grit flow (accounting for 56–75 % of its volume) and is subjected to excessive grinding. This indicates that the classification process is inefficient, resulting in higher energy costs and lower overall production efficiency. The results obtained highlight the need to optimize a closed cycle in cement production, where the separator acts as a classifier.

Key words: *thermostable composite materials; solid phosphate binders; dry building mixtures; microwave treatment.*

Introduction

Currently, Russia has a comprehensive state programme in place called "Energy Saving and Energy

Аннотация

В статье представлен анализ эффективности процесса классификации в замкнутом цикле производства цемента с использованием сепараторов. Исследование основано на данных шести российских цементных заводов, работающих с различными марками общестроительных цементов (ЦЕМ I 42,5Н, ЦЕМ I 52,5Н, ЦЕМ II/В-Ш 42,5Н, ЦЕМ II/А-И 42,5Н). Показано, что, несмотря на стабильную классификацию материала с применением сепаратора, наблюдается нестабильность гранулометрического состава продукта, который отправляется на повторный помол. Анализ гранулометрического состава показал, что от 17 до 36 % подаваемого в сепаратор материала размером менее 80 мкм, уже соответствующего требованиям к готовому продукту (цементу), попадает в поток крупки (составляя 56–75 % от ее объема) и подвергается избыточному помолу. Это свидетельствует о неэффективности процесса классификации, что приводит к повышению энергозатрат и снижению общей эффективности производства. Полученные результаты подчеркивают необходимость оптимизации замкнутого цикла при производстве цемента, где в качестве классификатора выступает сепаратор.

Ключевые слова: *цемент; замкнутый цикл помола; сепаратор; гранулометрический состав; классификация материала.*

2. Dovgalo A.S., Bedik N.A., Ivanova E.A., Levkovich L.N. Influence of grading of cement on its strength characteristics. *Tsement i ego primenenie*. 2025. No. 2, pp. 34–39. (In Russian).

3. Goloviznina T.E., Erygina A.O. Granulometric composition of cement as a way to control the properties of cement stone. *Vestnik of the BSTU named after V.G. Shukhov*. 2025. No. 5, pp. 83–91. (In Russian). DOI 10.34031/2071-7318-2025-10-5-83-91

4. Lipilin A.B., Korenyugina N.V., Veksler M.V. Selective disintegrant activation of Portland cement. *Stroitel'nye Materialy*. 2007. No. 7, pp. 74–76. (In Russian).

5. Garkavi M.C. etc. Modeling of structural transformations during grinding of composite cement. *Stroitel'nye Materialy*. 2021. No. 11, pp. 41–46. (In Russian). DOI 10.31659/0585-430X-2021-797-11-41-46

6. Bogdanov V.S., Antsiferov S.I., Bogdanov D.V., Sychev E.A. State and directions of development of grinding equipment and technology. *Vestnik of the BSTU named after V.G. Shukhov*. 2022. No. 7, pp. 110–116. (In Russian). DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-7-110-116

7. Potapova E.N. etc. Cement production: aspects of increasing resource efficiency and reducing negative environmental impact. *Stroitel'nye Materialy*. 2020. No. 9, pp. 15–20. (In Russian). DOI 10.31659/0585-430X-2020-784-9-15-20

8. Grinval'd A.G. Step-by-Step Upgrade of Grinding Station. *Tsement I ego primenenie*. 2023. No. 5, pp. 42–45. (In Russian).

9. Sheptalin S.V. Modernization of cement mills of Siberian Cement holding enterprises with the installation of highly efficient separators. *Tsement I ego primenenie*. 2021. No. 2, pp. 57–59. (In Russian).

10. Pirotskii V.P. Sovremennyye sistemy izmel'cheniya dlya portlandtsementnogo klinkera i do-bavok: Skhemy. Ehffektivnost'. Optimizatsiya [Modern grinding systems for Portland cement clinker and additives: Schemes. Efficiency. Optimization]. St. Petersburg: TSPO «Informatizatsiya obrazovaniya». 2000. 71 p.

11. Zigmondi R. Kolloidnaya khimiya [Colloid chemistry]. Khar'kov: NKSnaba USSR. 1933. 478 p.

12. Patent RF 2625841. *Sposob razdeleniya tonkodispersnykh poroshkov* [Fine powder separation method]. Prokopenko V.S., Sharapov R.R., Agarkov A.M. Declared 23.12.2015. Published 19.07.2017. (In Russian).

13. Prokopenko V.S., Strokova V.V., Orekhova T.N. Simulation of cement separation process in a closed aerodynamic complex. *Stroitel'nye Materialy*. 2025. No. 7, pp. 44–49. (In Russian). DOI 10.31659/0585-430X-2025-837-7-44-49

Список литературы

1. Потапова Е.Н., Тихонова И.О., Волосатова А.А., Рудомазин В.В. Эколого-технологическое нормирование и повышение ресурсной эффективности производства цемента: переход к наилучшим доступным технологиям // *ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси*. 2023. № 1(70). С. 2–11.

2. Довгало А.С., Бедик Н.А., Иванова Е.А., Левкевич Л.Н. Влияние гранулометрического состава цемента на его прочностные характеристики // *Цемент и его применение*. 2025. № 2. С. 34–39.

3. Головизнина Т.Е., Ерыгина А.О. Гранулометрический состав цемента как способ управления свойствами цементного камня // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2025. № 5. С. 83–91. DOI 10.34031/2071-7318-2025-10-5-83-91

4. Липилин А.Б., Коренюгина Н.В., Векслер М.В. Селективная дезинтеграторная активация портландцемента (СДАП) // *Строительные материалы*. 2007. № 7. С. 74–76.

5. Гаркави М.С. и др. Моделирование структурных преобразований при измельчении композиционного цемента // *Строительные материалы*. 2021. № 11. С. 41–46. DOI 10.31659/0585-430X-2021-797-11-41-46

6. Богданов В.С., Анциферов С.И., Богданов Д.В., Сычев Е.А. Состояние и направления развития техники и технологии измельчения // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2022. № 7. С. 110–116. DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-7-110-116

7. Потапова Е.Н. и др. Производство цемента: аспекты повышения ресурсоэффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду // *Строительные материалы*. 2020. № 9. С. 15–20. DOI 10.31659/0585-430X-2020-784-9-15-20

8. Гринвальд А.Г. Поэтапная модернизация участка помола // *Цемент и его применение*. 2023. № 5. С. 42–45.

9. Шепталин С.В. Модернизация цементных мельниц предприятий холдинга «Сибирский цемент» с установкой высокоэффективных сепараторов // *Цемент и его применение*. 2021. № 2. С. 57–59.

10. Пиротский В.П. Современные системы измельчения для портландцементного клинкера и добавок: Схемы. Эффективность. Оптимизация. СПб: ЦПО «Информатизация образования», 2000. 71 с.

11. Зигмонди Р. Коллоидная химия. Харьков: НКСнаба УССР, 1933. 478 с.

12. Патент РФ 2625841. *Способ разделения тонкодисперсных порошков* / Прокопенко В.С., Шараров Р.Р., Агарков А.М. Заявл. 23.12.2015. Опубл. 19.07.2017.

13. Прокопенко В.С., Строкова В.В., Орехова Т.Н. Моделирование процесса разделения цемента в замкнутом аэродинамическом комплексе // *Строительные материалы*. 2025. № 7. С. 44–49. DOI 10.31659/0585-430X-2025-837-7-44-49

Оформите подписку на журнал!

или предложите к публикации
вашу научную статью
+7 (812) 335 0992



Подписывайтесь на нас в соцсетях:

