

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 691.542

DOI: 10.21822/2073-6185-2022-49-1-133-139

Оригинальная статья /Original Paper

**Зависимость расхода энергии в пересчете на 1 м³ бетона при использовании цемента
различной удельной поверхности**

А.А. Крутилин¹, Т.В. Крапчетова², Н.А. Инькова¹, О.К. Пахомова¹

¹Волгоградский государственный технический университет (Себряковский филиал),

¹403343, Волгоградская обл., г. Михайловка, ул. Мичурина, 21, Россия

²АО «Себряковцемент»,

²403343, Волгоградская обл., г. Михайловка, ул. Индустриальная 2, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является поиск рациональных способов изменения общего расхода энергии, затраченной на производство цемента в пересчете на 1 м³ бетона. **Метод.** Для получения достоверных данных применялись экспериментально-лабораторные методы испытания цемента. **Результат.** Испытания показали, что при постоянной прочности бетона расход цемента на 1 м³ бетона уменьшается с увеличением удельной поверхности вяжущего, особенно значительно в случае шлакопортландцемента. Результаты расчета показывают, что с увеличением удельной поверхности цемента расход общей энергии на их получение, отнесенный к 1 м³ бетона одинаковой прочности, уменьшается, причем наиболее существенно при увеличении удельной поверхности цемента с 300 до 400 м²/кг и меньше от 400 до 500 м²/кг. **Вывод.** Для снижения энергоемкости бетона, необходимо применять цементы, размолотые значительно тоньше, чем их размалывают на цементных заводах в мельницах открытого типа, несмотря на увеличение расхода электроэнергии. Цементы с высокой тонкостью помола способны сократить цикл тепловлажностной обработки бетонных изделий. Сокращение цикла позволяет увеличить оборачиваемость форм и производительность труда на заводах ЖБИ, а так же дополнительно снизить расход энергии на производство сборных железобетонных конструкций.

Ключевые слова: тонкомолотые цементы, увеличение тонкости помола, шлакопортландцемент, граншлак, увеличение удельной поверхности вяжущего, удельный расход энергии

Для цитирования: А.А.Крутилин, Т.В. Крапчетова, Н.А. Инькова, О.К.Пахомова. Зависимость расхода энергии в пересчете на 1 м³ бетона при использовании цемента различной удельной поверхности. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2022; 49(1):133-139. DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-1-133-139

**Dependence of energy consumption in terms of 1 m³ of concrete when using cements
of different specific surface**

A. A. Krutinin¹, T. V. Krapchetova², N.A. Inkova¹, O. K. Pakhomova¹

¹Volgograd State Technical University (Sebryakov Branch),

¹21 Michurina Str., Volgograd region, Mikhailovka 403343, Russia

²Sebryakovtsement JSC,

²2 Industrial'naya Str., Volgograd region, Mikhailovka 403343, Russia

Abstract. Objective. The aim of the study is to find rational ways to change the total energy consumption spent on cement production in terms of 1 m³ of concrete. **Method.** To obtain reliable data, experimental and laboratory methods for testing cement were used. **Result.** Tests have shown that at constant concrete strength, the consumption of cement per 1 m³ of concrete decreases with an increase in the specific surface of the binder, especially significantly in the case of Portland slag cement. The calculation results show that with an increase in the specific surface area of cements, the

total energy consumption for their production, referred to 1 m³ of concrete of the same strength, decreases, and most significantly with an increase in the specific surface area of cements from 300 to 400 m²/kg and less from 400 to 500 m²/kg. **Conclusion.** To reduce the energy intensity of concrete, it is necessary to use cements ground much thinner than they are ground at cement plants in open-type mills, despite the increase in energy consumption. Cements with high fineness of grinding can reduce the cycle of heat and moisture treatment of concrete products. Reducing the cycle allows to increase the turnover of molds and labor productivity at precast concrete plants, as well as further reduce energy consumption for the production of prefabricated reinforced concrete structures.

Keywords: finely ground cements, increase in fineness of grinding, Portland slag cement, granulated slag, increase in the specific surface of the binder, specific energy consumption

For citation: A.A. Krutilin, T.V. Krapchetova, N.A. Inkova, O. K. Pakhomova. Dependence of energy consumption in terms of 1 m³ of concrete when using cements of different specific surface. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2022; 49(1):133-139. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-1-133-139

Введение. В настоящее время большинство предприятий железобетонных изделий заинтересованы в оптимизации собственных затрат на производство, повышении производительности труда и качестве выпускаемой продукции для сохранения конкурентоспособности. Вряд ли стоит ожидать в ближайшем будущем вложения больших инвестиций в промышленность железобетонных изделий и конструкций, потому целесообразнее было бы рассмотреть вопросы экономии строительных материалов при производстве бетонных изделий, и, первоочередно, цемента, как самого дорогостоящего из них.

Постановка задачи. Применение смешанных вяжущих, например, таких как шлакощелочные или комбинированные гипсовые вяжущие требует совершенствования технологических линий или создание новых, что влечёт большие капиталовложения [5].

Исходя из вышесказанного, в данной статье решено особое внимание уделить вопросу экономии цемента.

Существует много факторов, влияющих на его расход – это тонкость помола, тип и класс, водопотребление, набор прочности и др. Тем не менее, хорошо известно, что главные свойства цемента, в том числе его активность и скорость твердения, определяются не только химико-минералогическим составом портландцементного клинкера, размерами и формой кристаллов C₃S и C₂S, наличием минеральных добавок, но и, в большей мере, тонкостью помола цемента, формой его частичек и гранулометрическим составом.

Очень часто на заводах ЖБИ, чтобы ускорить процесс набора распалубочной прочности, завышают марку бетона, для этого увеличивая расход цемента. Можно этого избежать, если применять более тонкий помол вяжущего компонента или путём введения наполнителя в цемент при его помоле. Применение тонкомолотых цементов в производстве бетона позволяет в некоторых случаях значительно снизить его расход на 1 м³ в бетоне одинаковой марки. Однако получение цементов высокой тонкости требует большого расхода электроэнергии. Приведённые ниже исследования показывают, как изменяется общий расход энергии, затраченной на производство цемента в пересчёте на 1 м³ бетона, приготовленного на цементах разного типа.

Методы исследования. В ходе эксперимента была использована стандартная лабораторная шаровая мельница открытого цикла. Помол цемента осуществлялся без применения добавок интенсификаторов.

Для проведения исследования были приготовлены цементы следующих составов:

1. Бездобавочный цемент на основе клинкера с добавкой гипсоангидритового камня в пересчёте на SO₃ 2,5% [1, 2, 19].

2. Шлакопортландцемент с аналогичным содержанием гипсоангидритового камня; в качестве минеральной добавки использовался шлак доменный гранулированный Новолипецкого металлургического комбината в количестве 50% [1, 2, 12].

Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Удельный расход энергии на измельчение цемента
Table 1. Specific energy consumption for grinding cements

Удельная поверхность, м ² /кг Specific surface, m ² /kg	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т Specific electricity consumption, kWh/t	
	Портландцемент Portland cement	Шлакопортландцемент Slag Portland cement
300	36	41
400	60	70
500	116	126

Расчёт и подбор бетонов вёлся на основе полученных цементах, а так же с применением в качестве крупного заполнителя – гранитного щебня, мелкого заполнителя – кварцевого песка [4].

Состав бетонов подобран с водоцементным соотношением В/Ц – 0,4; 0,5; 0,6 при жёсткости 20...30 с. Образцы бетонов размерами 10×10×10 см твердели в нормальных стандартных влажных условиях, после чего бетонные кубики испытывались на сжатие через 28 суток.

Обсуждение результатов. Испытания показали, что при постоянной прочности бетона расход цемента на 1 м³ бетона уменьшается с увеличением удельной поверхности вяжущего, особенно значительно в случае шлакопортландцемента (рис. 1, 2) [17].

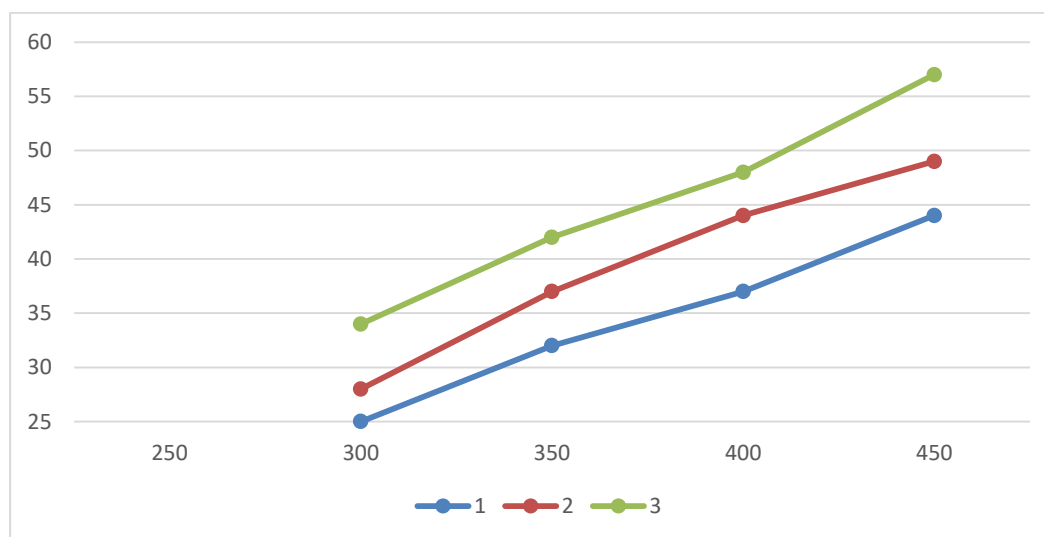


Рис. 1. Зависимость прочности бетона от расхода и тонкости помола цемента: бетон на портландцементе; 1, 2, 3 – удельная поверхность цемента соответственно 300, 400, 500 м²/кг

Fig. 1. The dependence of the strength of concrete on the consumption and fineness of cement grinding: concrete on Portland cement; 1, 2, 3 – specific surface of cements, respectively, 300, 400, 500 m²/kg

Учитывая полученные данные по расходу электроэнергии на помол цемента и их содержание в бетонах, был произведён расчёт общего расхода энергии на помол цемента с разной удельной поверхностью [16].

Общий расход энергии выразили в кг условного топлива, на 1 м³ бетона одинаковой прочности. Удельный расход электроэнергии на получение цемента в среднем по отрасли был принят 109,4 кВт·ч/т, на обжиг клинкера – 221 кг/т, на сушку шлака по опыту цементных заводов – 19,8 кг/т, а на получение электроэнергии на тепловых электростанциях – 0,324 кг/кВт·ч. Расход электроэнергии на приготовление сырьевой смеси, добавок и обжиг клинкера определен по разнице между общим потреблением и расходом на помол цемента до удельной поверхности 300 м²/кг – 36 кВт·ч/т: 109,4 – 36 = 73,4 кВт·ч/т [6, 7].

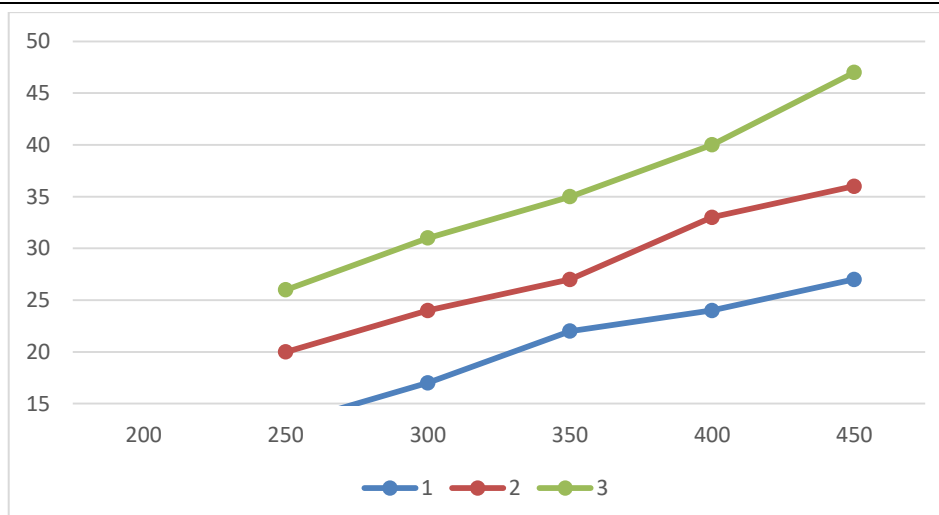


Рис. 2. Зависимость прочности бетона от расхода и тонкости помола цемента: бетон на шлакопортландцементе; 1, 2, 3 – удельная поверхность цементов соответственно 300, 400, 500 м²/кг

Fig. 2. The dependence of the strength of concrete on the consumption and fineness of cement grinding: concrete on Portland slag cement; 1, 2, 3 - specific surface of cements, respectively, 300, 400, 500 m²/kg

Результаты расчета, приведенные в табл. 2 (рис. 3, 4), показывают, что с увеличением удельной поверхности цементов расход общей энергии на их получение, отнесенный к 1 м³ бетона одинаковой прочности, уменьшается, причем наиболее существенно при увеличении удельной поверхности цементов с 300 м²/кг до 400 м²/кг и в меньшей степени от 400 м²/кг до 500 м²/кг [3].

Таблица 2. Расход энергии, затраченной на производство портландцемента, в пересчете на 1 м³ бетона

Table 2. Energy consumption spent on the production of Portland cement, in terms of 1 m³ of concrete

Вид цемента Type of cement	Марка бетона Concrete brand	Расход энергии, кг у.т. на 1 м ³ бетона при использовании цементов удельной поверхности, м ² /кг Energy consumption, kg c.e. per 1 m3 of concrete when using cements specific surface area, m ² /kg		
		300	400	500
ПЦ	В 30	Статья расхода. Размол цемента Expenditure. Cement grinding		
		0,42×36×0,324=4,9	0,37×60×0,324=7,22	0,343×116×0,324=12,9
		Статья расхода. Получение клинкера: электроэнергия Expenditure. Clinker production: electricity		
		0,42×73,3×0,324=9,95	0,37×73,3×0,324=8,80	0,343×73,3×0,324=8,12
		Статья расхода. Получение клинкера: топливо Expenditure. Getting clinker: fuel		
		0,42×0,95×221=88	0,37×0,95×221=77,5	0,343×0,95×221=72
Всего Total		102,85/100	93,52/90,9	93,02/90,31
ШПЦ	В 20	Статья расхода. Размол цемента Expenditure. Cement grinding		
		0,415×41×0,324=5,51	0,153×70×0,324=3,47	0,230×126×0,324=9,4
		Статья расхода. Получение клинкера: электроэнергия Expenditure. Clinker production: electricity		
		0,207×73,3×0,324=4,92	0,153×73,3×0,324=3,64	0,115×73,3×0,324=2,73
		Статья расхода. Получение клинкера: топливо Expenditure. Getting clinker: fuel		
		0,207×221=45,75	0,153×221=33,8	0,115×221=25,4
		Сушка шлака Slag drying		
		0,207×19,8=4,1	0,153×19,8=3,0	0,115×19,8=2,3
Всего Total		60,28/100	43,91/78,45	39,83/66,07

Так, при получении бетона марки В30 на портландцементе расход энергии уменьшается на 9,1% при увеличении удельной поверхности с 300 м²/кг до 400 м²/кг и на 0,59% при увеличении удельной поверхности с 400 м²/кг до 500 м²/кг [8 - 11, 18].

Особенно эффективен тонкий помол шлакопортландцемента, так как здесь при увеличении удельной поверхности с 300 м²/кг до 400 м²/кг расход энергии снижается на 21,55%, а при увеличении удельной поверхности с 400 м²/кг до 500 м²/кг на 12,38% [13, 15, 21].

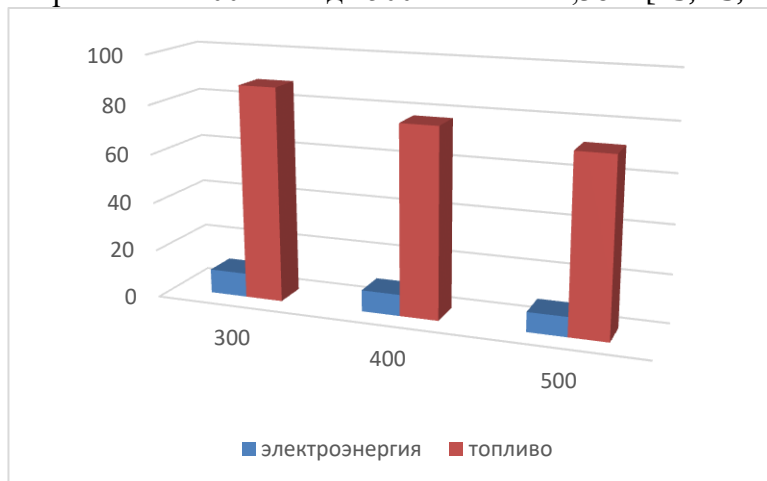


Рис. 3. Расход энергии, кг у.т. на 1 м³ бетона В30 при использовании портландцемента удельной поверхности 300, 400 и 500, м²/кг

Fig. 3. Energy consumption, kg c.e. per 1 m³ of concrete B30 when using Portland cement specific surface 300, 400 and 500, m²/kg



Рис. 4. Расход энергии, кг у.т. на 1 м³ бетона В20 при использовании шлакопортландцемента удельной поверхности 300, 400 и 500, м²/кг

Fig. 4. Energy consumption, kg of reference fuel per 1 m³ of B20 concrete when using portland slag cement of specific surface area 300, 400 and 500, m²/kg

Вывод. Для снижения энергоемкости бетона, необходимо применять цементы, размолотые значительно тоньше, чем их размалывают на цементных заводах в мельницах открытого типа, несмотря на увеличение расхода электроэнергии [20].

В среднем удельная поверхность цементов составляет 280 – 300 м²/кг. Кроме того, у тонкомолотых цементов есть и ряд других преимуществ. Уменьшение расхода цементов на 1 м³ бетона снижает транспортные расходы на перевозку цементов для заданного объема производства бетона.

Цементы с высокой тонкостью помола способны сократить цикл тепловлажностной обработки бетонных изделий. К ускорению цикла ТВО приводит более быстрый процесс гидратации цемента и соответственно набор его прочности во времени [14].

Сокращение цикла позволяет увеличить оборачиваемость форм и производительность труда на заводах ЖБИ, а так же дополнительно снизить расход энергии на производство сборных железобетонных конструкций.

Таким образом, из проведённых испытаний видно, что вполне возможно получить высококачественный бетон при снижении расхода цемента, за счёт его более тонкого помола.

Библиографический список:

1. ГОСТ 31108-2020 Цементы общестроительные. Технические условия.
2. ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия.
3. ГОСТ 30744-2001 Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка.
4. Артамонов А.В., Кушка В.Н. Тяжелые бетоны на основе цемента различного помола. Строительные материалы. 2008. № 3. С. 50-51.
5. Василик Г.Ю., Грикевич Л.Н., Калабухов В.А. Состояние цементной промышленности России и пути выхода из кризиса. Технологии бетонов, 2009, № 11-12, с. 38-40
6. Вердиян М.А., Несмеянов Н.П., Ведрицкий В.В. Новый критерий оценки энергетической эффективности работы различных мельниц. Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века, часть 1, методические основы. 2004. № 7. С. 44-46.
7. Вердиян М.А., Несмеянов Н.П., Ведрицкий В.В. Новый критерий оценки энергетической эффективности работы различных мельниц. Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века, часть 2, расчеты и эксперименты. 2003. №8. С. 50-51.
8. Де Вердт К. Способы определения тонкости помола и размываемости//Цемент и его применение. 2010. № 5. С. 113-116.
9. Добшиц Л.М., Кононова О.В. Прочность и долговечность бетонов в зависимости от дисперсности цемента и наполнителей. В сборнике: Бетон и железобетон - взгляд в будущее. Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 томах. 2014. С. 279-290.
10. Друхольский В.К., Степанов К.В., Трандофиров А.А., Стефаненко И.В. Способы измерения тонкости помола цемента. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. № 49 (68). С. 21-29.
11. Злобин И.А., Мандрикова О.С., Борисов И.Н. Цемент. Способ механического воздействия при помоле как фактор, определяющий формирование качественных характеристик цемента и его применение. 2016. № 1. С. 158-162
12. Крутилин А.А., Крапчотова Т.В., Пахомова О.К., Инькова Н.А. Исследование влияния ввода шлака при помоле клинкера на прочностные характеристики получаемого цемента в условиях АО «Себряковцемент» Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. № 2 (83). С. 46-52.
13. Кузьменков М.И., Лукаш Е.В. Энергосбережение при помоле цемента. В сборнике: Ресурс- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии. Материалы Международной научно-технической конференции. Белорусский государственный технологический университет. 2014. С. 228-231.
14. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Химия цемента» для студентов специальности 2906. –Казань: КГАСУ, 2007. –16 с.
15. Несмеянов Н.П., Матусов М.Г., Картыгин А.В., Магометов Р.Р. Особенности снижения энергозатрат при помоле цемента в шаровых мельницах. В сборнике: Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. Межвузовский сборник статей. Под редакцией В.С. Богданова. Белгород, 2018. С. 260-262.
16. Несмеянов Н.П. Методические основы разработки нового критерия оценки эффективности процесса измельчения цемента. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 11. С. 196-199.
17. Пироцкий В.З. Современные системы измельчения портландцементного клинкера и добавок. СПб.: ЦПО "Информация образования", 2000. 71 с.
18. Процессы помола и классификации в производстве цемента. Учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 171600 "Мех. оборудование и технол. комплексы предприятий строит. материалов, изделий и конструкций" направления 653500 "Стр-во" / Москва, 2004.
19. Пячев В.А., Капустин Ф.Л. Производство и свойства клинкерных цемента. Учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 322 с.
20. Пячев В.А., Старцева Л.А. Зависимость энергоёмкости бетона от тонкости помола применяемого цемента. Технологии бетонов. 2010. № 5-6 (46-47). С. 36-37.
21. Романович А.А. Энергосберегающее оборудование для помола цемента В сборнике: Актуальные проблемы развития дорожного комплекса. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 104-110

References:

1. GOST 31108-2020 General construction cements. Specifications. (In Russ)
2. GOST 30515-2013 Cements. General specifications. (In Russ)
3. GOST 30744-2001 Cements. Test methods using polyfractional sand. (In Russ)
4. Artamonov A.V., Kushka V.N. Heavy concretes based on cements of various grinding methods. [Stroitel'nyye materialy] .Construction Materials. 2008; 3: 50-51. (In Russ)
5. Vasilik G.Yu., Grikevich L.N., Kalabukhov V.A. State of the cement industry in Russia and ways out of the crisis. [Concrete technologies]Concrete Technologies, 2009; 11-12: 38-40 (In Russ)
6. Verdiyan M.A., Nesmeyanov N.P., Vedritsky V.V. A new criterion for evaluating the energy efficiency of various mills. Building materials, equipment, technologies of the 21st century, P1, Methodological foundations. 2004; 7.: 44-46. (In Russ)

7. Verdiyev M.A., Nesmeyanov N.P., Vedritsky V.V. New criterion for evaluating the energy efficiency of the operation of various mills. Building materials, equipment, technologies of the 21st century, P2, calculations and experiments. 2003; 8: 50-51. (In Russ)
8. De Werdt K. Methods for determining the fineness of grinding and grindability. [Tsement i yego primeneniye] *Cement and its application*. 2010; 5: 113-116. (In Russ)
9. Dobshits L.M., Kononova O.V. Strength and durability of concrete depending on the dispersion of cement and fillers. In the collection: Concrete and reinforced concrete - a look into the future. Scientific works of the III All-Russian (II International) Conference on Concrete and Reinforced Concrete: 2014; 7: 279-290. (In Russ)
10. Druhol'sky V.K., Stepanov K.V., Trandofirov A.A., Stefanenko I.V. Methods for measuring the fineness of cement grinding. [Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturo-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura] *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture*. 2017; 49 (68): 21-29. (In Russ)
11. Zlobin I.A., Mandrikova O.S., Borisov I.N. Cement The method of mechanical action during grinding as a factor determining the formation of the qualitative characteristics of cement and its application. 2016; 1:158-162 (In Russ)
12. Krutulin A.A., Krapchetova T.V., Pakhomova O.K., Inkova N.A. Investigation of the effect of slag input during clinker grinding on the strength characteristics of the resulting cement under the conditions of Sebyakovcement JSC. [Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturo-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura] *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture*. 2021; 2 (83): 46-52. (In Russ)
13. Kuzmenkov M.I., Lukash E.V. Energy saving when grinding cement. In the collection: Resource and energy saving technologies and equipment, environmentally friendly technologies. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. *Belarusian State Technological University*. 2014; 228-231. (In Russ)
14. Guidelines for laboratory work on the discipline "Chemistry of cement" for students of specialty 2906. Kazan: KGASU, 2007;16. (In Russ)
15. Nesmeyanov N.P., Matusov M.G., Kartygin A.V., Magometov R.R. Features of reducing energy consumption when grinding cement in ball mills. In the collection: Energy-saving technological complexes and equipment for the production of building materials. Interuniversity collection of articles. Edited by V.S. Bogdanov. Belgorod, 2018; 260-262. (In Russ)
16. Nesmeyanov N.P. Methodological bases for the development of a new criterion for evaluating the effectiveness of the cement grinding process. [Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova] *Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov*. 2005; 11: 196-199. (In Russ)
17. Pirotsky V.Z. Modern systems for grinding Portland cement clinker and additives. St. Petersburg: TsPO "Information of education", 2000; 71. (In Russ)
18. Processes of grinding and classification in cement production. Proc. manual for students studying in the specialty 171600 "Mechanical equipment and technological complexes of enterprises building materials, products and structures" direction 653500 "Str-vo" Moscow, 2004. (In Russ)
19. Pyachev V.A., Kapustin F.L. Production and properties of clinker cements. Tutorial. Ekaterinburg: USTU-UIP, 2008; 322. (In Russ)
20. Pyachev V.A., Startseva L.A. The dependence of the energy intensity of concrete on the fineness of grinding of the cement used. [Tekhnologiya betonov] *Concrete technology*. 2010; 5-6 (46-47): 36-37. (In Russ)
21. Romanovich A.A. Energy-saving equipment for grinding cement In the collection: Actual problems of the development of the road complex. [Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova] *Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov*. 2016; 104-110 (In Russ)

Сведения об авторах:

Александр Александрович Крутилин, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Строительные материалы и специальные технологии»; kotyga84@bk.ru

Татьяна Владимировна Крапчетова, инженер-аналитик, iwankra@mail.ru

Надежда Александровна Инькова, старший преподаватель, кафедра «Строительные материалы и специальные технологии»; coyote@bk.ru

Олеся Константиновна Пахомова, старший преподаватель, кафедра «Строительные материалы и специальные технологии»; pahomovaolesia@yandex.ru

Information about the authors:

Alexander A.Krutulin, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Department of Building Materials and Special Technologies; kotyga84@bk.ru

Tatiana V. Krapchetova, Analytical Engineer, iwankra@mail.ru

Nadezhda A.Inkova, Senior Lecturer, Department of Building Materials and Special Technologies, coyote@bk.ru

Olesya K.Pakhomova, Senior Lecturer, Department of Building Materials and Special Technologies; pahomovaolesia@yandex.ru

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/ Received 13.01.2022.

Одобрена после рецензирования / Reviced 31.01.2022.

Принята в печать/ Accepted for publication 31.01.2022.