

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ И АВТОРЫ!

Электронный научный журнал «СтройМного» включен в РИНЦ. ISSN: 2500-1736. Журнал выгружается в РИНЦ 1 раз в квартал. Ежемесячная аудитория: более 10 000 уникальных пользователей. Приглашаем авторов к **публикации научных статей**.

ЗОЛОШЛАКОВЫЕ ОТХОДЫ В СОСТАВЕ БЕТОНА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

[Главная страница журнала](#)[Экономические и
социологические науки](#)[Технические и естественные
науки](#)[О журнале](#)[Редакция](#)[Общая лента](#)[Выпуски](#)[Опубликовать статью. Авторам](#)

НОВОСТИ

Ash-and-slag wastes in the concrete composition

УДК 691

08.08.2017

👁 154

Выходные сведения:

Дмитриев И.И., Кириллов А.М. Золошлаковые отходы в составе бетона // СтройМного, 2017. №3 (8). URL: <http://stroymnogo.com/science/tech/zoloshlakovye-otkhody-v-sostave-bet/>

Авторы:

Дмитриев И.И. Студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
dmitriev.ivashka@ya.ru

Кириллов А.М. Доцент, Московский автомобильно – дорожный государственный технический университет (МАДИ) Сочинский филиал, 354051, Россия, Краснодарский кр., г. Сочи, Чекуленева ул., 5.
kirill806@gmail.com

Authors:

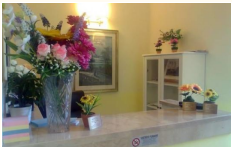
Dmitriev I.I. Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia
dmitriev.ivashka@ya.ru

Экономика

Недвижимость

Это интересно

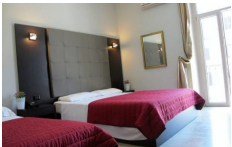




Рим - Hotel Bed In Roma

Очень хорошо 8.7

Цены



Рим - Hotel d'Este

Хорошо 7.4

Цены



Рим - Hotel Embassy

Хорошо 7.2

Цены

 Компании

Kirillov A.M. Associate professor, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), 5 Chekmeneva St., Sochi, 354051, Russia
kirill806@gmail.com

Ключевые слова:

Золошлаки, золошлаковые отходы, промышленные отходы, экологическая безопасность, повышение качества строительных материалов, прочность бетона, экономическая целесообразность

Keyword:

Ash and slag, ash-and-slag wastes, industrial waste, environmental safety, improving the quality of building materials, strength of concrete, economic expediency

Аннотация:

В данной статье доказана рациональность использования золошлаковых отходов в строительстве в качестве дополнительного вяжущего в составе бетонной смеси. Для рационализации была произведена дифференциация золошлаковых отходов по типам в зависимости от различных характеристик данного вещества (по способу получения, содержанию CaO , в соответствии с ГОСТ 25818-91, по активности) и на этом основании составлена подробная классификация. Были описаны преимущества и недостатки введения золы в вяжущее вещество на качество бетонной смеси. Особое внимание было уделено следующим техническим характеристикам бетона: прочность, удельная поверхность, плотность, удобоукладываемость, расслаиваемость, водоотдача, водопотребность. Приведены исследования отечественных и зарубежных ученых, описывающие влияние золошлаковых добавок на тяжелые и ячеистые (пористые) бетоны. Даны рекомендации по рациональному соотношению цементного и зольного заполнителя в составе бетонной смеси. Обращено особое внимание на химический состав золы, так как именно он определяет её поведение в составе вяжущего. Рассмотрены основные экономические и технические плюсы использования золошлаков.

Annotation:

This article proves the rationality of using ash and slag wastes in construction as an additional binder in the concrete mix. There was a differentiation of ash and slag wastes carried out according to the types, which depend on the various characteristics of the substance (according to the method of production, the CaO content, according to GOST 25818-91, by activity), and a detailed classification was made on this basis. Advantages and disadvantages of introducing ash into the binder on the quality of the concrete mixture have been described. Particular attention was paid to the following technical characteristics of concrete: strength, specific surface area, density, workability, delamination, water loss, water demand. Studies of domestic and foreign scientists describing the effect of ash and slag additives on heavy and cellular (porous) concretes are presented. Recommendations are given on the rational ratio of cement and ash aggregate in the composition of a concrete mixture. Special attention is paid to the chemical composition of the ash, since it is he who determines its behavior in the composition of the binder. The main

economic and technical advantages of using ash and slag are considered.



Введение

Сегодня темпы развития строительства изменяются с небывалыми масштабами. Инженеры и ученые ежедневно находят новые решения для оптимизации строительного процесса, сокращающие сроки возведения объектов и расход строительных материалов.

Но с увеличением эффективности строительства растет и потребность города в энергетических ресурсах. Идет увеличение мощностей тепловых электростанций, повышающее в несколько раз объемы использования угля, что приводит к многократному возрастанию объемов отхода производства – золошлаков. Они занимают огромные территории, что приводит к уменьшению сельскохозяйственных угодий, а также резко ухудшает экологическую ситуацию в прилегающих к предприятиям и свалкам районах. Загрязняются бассейны рек, почва, воздух многих населенных пунктов [1].

В связи с этим возникает острый вопрос переработки золошлаковых отходов. На данный момент учеными доказано, что вторичное использование зол позволяет улучшить экологическую ситуацию, возникающую после выработки энергии ТЭС [2]. Также выявлено, что химический состав такого вида отходов увеличивает технологические свойства некоторых строительных материалов, что является существенным преимуществом в строительном

процессе. По вопросу применения золошлаков при производстве бетонов были рассмотрены работы [3, 4, 5, 6]. Авторы данных статей подробно анализируют способы эффективного применения зол и топливных шлаков в строительстве [26].

В статьях [7, 8, 9] обоснованы методы получения редкоземельных металлов из золошлаков и проведены лабораторные исследования по данной теме. К.Г. Пугин и В.С. Юшков [10] дают рекомендации по рациональному использованию отходов утилизации в качестве золошлаковых материалов. В работе [11] дается эколого-токсикологическая оценка искусственных смесей, созданных на основе золошлаковых отходов.

Постановка цели и задач исследования

Цель: исследовать способы применения золошлаков в бетонах.

Задачи:

1. Произвести дифференциацию золошлаковых отходов;
2. Изучить преимущества и недостатки добавления золошлаков в тяжелые и ячеистые бетоны;
3. Подготовить вывод о рациональном использовании золошлаковых отходов в составе бетонов.

Золошлаковые отходы

Типы золошлаковых отходов

Зола – это несгораемый остаток, образующийся из минеральных примесей топлива при полном его сгорании.

В статье [2] приводится следующая классификация золошлаков:

1. Зола-уноса. Образуется в результате сжигания углей в пылевидном состоянии и улавливается электрофильтрами или другими устройствами.
2. Топливные шлаки. Появляются при сжигании угля слоевым и камерным (пылевидным) способами. После происходит их осаждение в нижней части топки и грануляция полученного расплава водой.
3. Золошлаковая смесь. Образуется при совместном мокром удалении уловленной обеспыливающими устройствами золы-уноса и топливных шлаков, образующихся в котле.

По содержанию CaO золы делятся на основные и кислые. Основные золы больше проявляют гидравлическую активность, а кислые пуццоланические свойства.

1. Основная зола – тонкодисперсная пыль, содержащая в своем составе оксид кальция CaO , в

меньшем количестве диоксид кремния SiO_2 и оксид алюминия Al_2O_3 . Содержание оксида кальция больше 10%.

2. Кислая зола – тонкодисперсная пыль, состоящая в основном из диоксида кремния SiO_2 и оксида алюминия Al_2O_3 . Содержание оксида кальция до 10%.

В нормативном документе ГОСТ 25818-91 золы, исходя из вида сжигаемого угля, разделяют на:

1. Антрацитовые, получаемые при сгорании антрацита, полуантрацита и тощего каменного угля;
2. Каменноугольные, получаемые при сгорании каменного (кроме тощего) угля;
3. Буроугольные, получаемые при сгорании бурого угля.

Активность золы существенно влияет на вязкость строительного материала, потому есть градация и по данному параметру:

1. Активные;
2. Скрытоактивные;
3. Инертные.

Активные золы являются самостоятельными вяжущими веществами, что дает возможность не использовать дополнительные затвердевающие компоненты, а значит снизить расход строительного материала.

Две оставшиеся группы зол нуждаются в дополнительных активаторах твердения. Как правило, такие золы кислые.

Влияние золошлаковых добавок на тяжелый бетон

По результатам эксперимента [12] для повышения качества и уменьшения стоимости производства тяжелых и высококачественных бетонов можно использовать золу рисовой шелухи (ЗРШ) с высоким содержанием активного кремнезема. Этот метод рассчитывался в первую очередь для Вьетнама, так как рис является базовым сельскохозяйственным продуктом этой страны, а, следовательно, при сжигании остаются многотонные отходы переработки.

По данным Минсельхоза Вьетнама в 2016 году было произведено 44,5 млн. тонн риса. Автор [13] посчитал, что после переработки риса образуются отходы рисовой шелухи: с 1000 кг риса получается 200 кг шелухи, при сжигании которой образуется 40 кг золы с тонны. Экстраполировав данные значения на весь объем выращиваемого риса, мы получаем 356 000 т. золошлака. Содержание активного микрокремнезема в золе рисовой шелухи колеблется в пределах 86,72-90,93%, а значение ее удельной поверхности лежит в интервале 2-10 м²/г. Эти показатели являются прекрасными рекомендациями для использования золы взамен дорогостоящего кремнезема.

Авторы [12, 13] рассчитали, что введение ЗРШ в цементное тесто увеличивает его водопотребность, при этом, не удлиняя сроки схватывания. Лишняя вода абсорбируется на поверхности зерен золы, что препятствует её движению вверх, то есть проявлению на поверхности (уменьшается водоотделение и расслаиваемость бетона по сравнению с бетонной смесью без применения золы).

Так как зерна золы обладают высокой тонкостью помола и малой удельной поверхностью, они равномерно рассредоточиваются в смеси, эффективно заполняя пробелы между частицами цемента. Микрозаполнитель позволит увеличить плотность смеси, из-за более плотного заполнения пустот между песчинками бетона. Вследствие малости пустот такого бетона, поверхность изделия будет гладкой, не содержащей крупных пор и отверстий.

Морозостойкость бетона при введении золы в цемент не изменилась. Также было отмечено, что зола позволяет улучшить удобоукладываемость. Это обусловлено тем, что зола имеет остеклованную поверхность, которая снижает трение частиц друг от друга и уменьшает общую вязкость. При этом было выявлено, что содержание золы не должно превышать 30%, так как введение такого вещества может оказать отрицательный эффект на подвижность бетона [14]. При содержании золы свыше 30% увеличивается расход вяжущего вещества, а прочность бетона снижается.

Следует обратить особое внимание, что бетон с использованием зол является более выгодным с экономической точки зрения, так как происходит снижение количества цемента из-за добавления в смесь дешевого и доступного (ТЭС, рисовые поля и т.п.) сырья [15].

Влияние золошлаков на ячеистый и пористый бетон

Шлаковые и зольные вяжущие можно также использовать в производстве пенобетонов и газобетонов. Золы сильнее подвержены влиянию циклического увлажнения и высушивания, поэтому высокая пористость ячеистых бетонов является отрицательным показателем для применения золошлаков. Пористый бетон активно проявляет водопоглощающие свойства, что негативно сказывается на золошлаковой добавке. Чтобы уменьшить влияние внешних факторов среды, ячеистые золобетоны покрывают специальными защитными растворами, препятствующими проникновению влаги внутрь [16].

Пенобетон является надежным и востребованным строительным материалом, который изготавливается как из природных компонентов, так и с использованием различных добавок, полученных из отходов промышленности. Экспериментально установлено, что перспективно производить ячеистые бетоны с введением в их состав золы от сжигания твердого топлива. Было выявлено, что использование золы вместо песка положительно влияет на прочность бетона. Однако при замене более 70% песка золой наблюдается понижение прочности, обусловленное повышением количества воды затворения [17].

Нельзя забыть одну из главных причин техногенного характера, повинную в гибели людей и

уничтожении имущества во время пожара – деформация и обрушение строительных конструкций. При воздействии высоких температур у ячеистого и пористого бетона существенно изменяются физико-механические свойства, что ведет к снижению прочностных и других эксплуатационных характеристик и, в дальнейшем, к разрушению объектов, построенных из данного материала. Многими исследователями [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25] было предложено введение в газобетонную смесь золошлаковых отходов, метаксаолитина, микрокремнезема и золы рисовой шелухи, что позволит увеличить прочность, трещиностойкость газобетона путём упрочнения и уплотнения бетона за счет большей плотности частиц. Это позволит повысить сопротивляемость газобетона высоким температурам, то есть увеличит его огнестойкость. В дополнение к огнестойкости материал обретет не менее важное свойство – водостойкость, что положительно скажется на всем промежутке его технической эксплуатации.

Выводы

Использование золошлаковых отходов в строительстве, несомненно, выгодно не только с точки зрения экономической эффективности, но и с технической стороны вопроса:

1. Золошлаки уменьшают расход дорогостоящих строительных материалов до 20%.
2. Доказано повышение плотности бетона и снижение его расслаиваемости и водоотделения. Кислые золы за счет пуццоланических свойств могут повысить сульфатостойкость бетона.
3. Однако, чрезмерное и бесконтрольное использование золошлаков может привести уменьшению плотности смеси из-за большого водосодержания, ухудшению прочностных свойства бетона. Необходимо также учитывать химический состав золы, определяющий её поведение в составе вяжущего.
4. Использование золы экологически эффективно, однако при неправильно подобранном соотношении, зола может вступить в химическую реакцию с окружающей средой и создать неблагоприятные условия для здоровья жильцов во время эксплуатации объекта.
5. Рекомендуется для нежилых строительства: промышленные здания и сооружения, дороги, мосты, тоннели и др.

Библиографический список

1. Партута Д.С., Тютюнов В.А. Рациональное использование золошлаковых отходов в строительных материалах В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». 2013. С. 79-82.
2. Ватин Н.И., Петросов Д.В. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве. Magazine of Civil Engineering. 2011. №4. С. 16-21.
3. Логвиненко А.Т., Савинкина М.А. Процессы гидратации и твердения зольных вяжущих материалов. – В кн.: Твердение вяжущих веществ. Уфа. 1974, с. 271-273.
4. Дворкин Л.И., Гарницкий Ю.В., Марчук В.В. Золосодержащие вяжущие низкой водопотребности и бетоны на их основе. Технологии бетонов. 2012. № 5-6. С. 24-27.

5. Бирюков В.В., Метелев С.Е., Сиротюк В.В., Шевцов В.Р. Эффективные направления крупномасштабного использования золошлаковых отходов. Сибирский торгово-экономический журнал. 2008. № 7. С. 66-70.
6. Горбунов С.П. Оптимизация составов тяжелых бетонов применением тонкодисперсных добавок. Вестник ЮУрГУ. 2012. №17. С. 30-35.
7. Чулкова И.Л., Кузнецов С.М. Эффективность использования золы при производстве железобетонных конструкций. Механизация строительства. 2009. № 7. С. 15-18.
8. Макаренко С.В., Баишев Д.И., Хохряков О.В., Хозин В.Г. Влияние зол-уноса и золошлаковых смесей тэс оао «иркутскэнерго» на свойства цемента. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 4. С. 278-283.
9. Овчинников Р.В., Авакян А.Г. Модификация портландцемента золошлаковыми отходами. Новые технологии. 2014. №2. С. 1-7.
10. Пугин К.Г., Юшков В.С. Строительство автомобильных дорог с использованием техногенных материалов. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2011. № 1. С. 35-43.
11. Качаев Г.В., Демиденко Г.А., Фомина Н.В. Экологическая оценка искусственных смесей, созданных на основе золошлаков Березовской ГРЭС-1 и рекомендуемых для восстановления природных экосистем. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 9. С. 161-164.
12. Нгуен Тиен Хоа Высококачественный бетон с использованием золы рисовой шелухи в условиях жаркого влажного климата Вьетнама. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский государственный строительный университет. Москва, 2005. – 171с.
13. Чан Тхи Тху Ха. Цементный бетон на карбонатном заполнителе и кремнеземсодержащих наполнителях : для условий Вьетнама : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.23.05. - Москва, 2006. - 203 с.
14. Уфимцев В.М., Коробейников Л.А. Шлаки в составе бетона: новые возможности. Технологии бетонов. 2013. № 1 (78). С. 46-49.
15. Путилов В.Я., Путилова И.В., Маликова Е.А. Основные барьеры на пути эффективного решения проблемы обращения с золошлаками энергетики. Вестник МЭИ. 2013. № 1. С. 16-23.
16. Кокубу М. Зола и зольные цементы. Пятый международный конгресс по химии цемента. Стройиздат, 1973. С. 405-416.
17. Рояк С.М. Специальные цементы. Учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Стройиздат, 1983. С. 236-252.
18. Нгуен Т.Т., Орешкин Д.В. Научно-технические предпосылки разработки огнестойкого и водостойкого неавтоклавного газобетона для условий Вьетнама. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 5 (46). С. 117-125.
19. Ilich, B.R. Thermal Treatment of Kaolin Clay to Obtain Metakaolin / B.R. Ilich, A.A. Mitrovich, L.R. Milichch // Chem. ind. – 2010. – № 64 (4). – P. 351–356.
20. Thermal treatment of kaolin: the effect of mineralogy on the pozzolanic activity / G. Kakali, T. Perraki, S. Tsivilis, E. Badogiannis // Appl. Clay Sci. – 2001. – № 20. – P. 73–80.
21. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite / A. Shvarzman, K. Kovler, G.S. Grader, G.E. Shter // Cem. Concr. Res. – 2003. – № 33. – P. 405–

416.

22. Kostuch, J.A. High performance concrete incorporating metakaolin – a review / J.A. Kostuch, G.V. Walters, T.R. Jones // *Concrete* 2000. – 1993. – № 2. – P. 1799–811.

23. Properties of blended cements with thermally activated kaolin / M. Arikan, K. Sobolev, T. Ertun, A. Yeginobali, P. Turker // *Constr. Build. Mater.* – 2009. – № 23. – P. 62–70.

24. Rahier, H. Influence of the degree of dehydroxylation of kaolinite on the properties of aluminosilicate glasses / H. Rahier, B. Wullaert, B. Van Mele // *J. Therm. Anal. Calorim.* – 2000. – № 62. – P. 417–427.

25. Badogiannis, E. Metakaolin as supplementary cementitious material – Optimization of kaolin to metakaolin conversion / E. Badogiannis, G. Kakali, S. Tsivilis // *J. Therm. Anal. Calorim.* – 2005. – № 81. – P. 457–462.

26. Ковалёва А. М., Семёнов А. С., Ряховский Ю. А. Порядок проведения контроля в строительстве // *ИТпортал*, 2016. № 1 (9). URL: <http://itportal.ru/science/economy/poryadok-provedeniya-kontrolya-v-st/>

References

1. Partuta D.S., Tyutyunov V.A. Racional'noe ispol'zovanie zoloshlakovyh othodov v stroitel'nyh materialah V sbornike: *Arhitektura. Stroitel'stvo. Transport. Tekhnologii. Innovacii Materialy Mezhdunarodnogo kongressa FGBOU VPO «SibADI»*. 2013. Pp. 79-82.

2. Vatin N.I., Petrosov D.V. Primenenie zol i zoloshlakovyh othodov v stroitel'stve. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No4. Pp. 16-21.

3. Logvinenko A.T., Savinkina M.A. Processy gidratatsii i tverdeniya zol'nyh vyazhushhih materialov. - V kn.: *Tverdenie vyazhushhih veshhestv*. Ufa. 1974. Pp. 271-273.

4. Dvorkin L.I., Garnickij YU.V., Marchuk V.V. Zolosoderzhashhie vyazhushhie nizkoj vodopotrebnosti i betony na ih osnove. *Tekhnologii betonov*. 2012. No 5-6. Pp. 24-27.

5. Biryukov V.V., Metelev S.E., Sirotyuk V.V., Shevcov V.R. Effektivnye napravleniya krupnomasshtabnogo ispol'zovaniya zoloshlakovyh othodov. *Sibirskij trgovno-ekonomicheskij zhurnal*. 2008. No 7. Pp. 66-70.

6. Gorbunov S.P. Optimizatsiya sostavov tyazhelyh betonov primeneniem tonkodispersnyh dobavok. *Vestnik YUUrGU*. 2012. No17. Pp. 30-35.

7. Chulkova I.L., Kuznecov S.M. Effektivnost' ispol'zovaniya zoly pri proizvodstve zhelezobetonnyh konstrukcij. *Mekhanizatsiya stroitel'stva*. 2009. No 7. Pp. 15-18.

8. Makarenko S.V., Baishev D.I., Hohryakov O.V., Hozin V.G. Vliyanie zol-unosa i zoloshlakovyh smesey tes oao «irkutskenergo» na svoystva cementa. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2014. No 4. Pp. 278-283.

9. Ovchinnikov R.V., Avakyan A.G. Modifikatsiya portlandcementsa zoloshlakovymi othodami. *Novye tekhnologii*. 2014. No2. Pp. 1-7.

10. Pugin K.G., Yushkov V.S. Stroitel'stvo avtomobil'nyh dorog s ispol'zovaniem tekhnogennyh materialov. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya*. 2011. No 1. Pp. 35-43.

11. Kachaev G.V., Demidenko G.A., Fomina N.V. Ekologicheskaya ocenka iskusstvennyh smesey, sozdannyh na osnove zoloshlakov Berezovkoj GRES-1 i rekomenduemyh dlya vosstanovleniya prirodnyh ekosistem. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011. No

9. Pp. 161-164.

12. Nguen Tien Hoa *Vysokokachestvennyj beton s ispol'zovaniem zoly risovoj sheluhi v usloviyah zharkogo vlazhnogo klimata V'etnama. avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet. Moskva, 2005. - 171 p.*

13. CHan Thi Thu Ha. *Cementnyj beton na karbonatnom zapolnitele i kremnezemsoderzhashhih napolnitelyah : dlya uslovij V'etnama : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.23.05. - Moskva, 2006. - 203 p.*

14. Ufimcev V.M., Korobejnikov L.A. *SHlaki v sostave betona: novye vozmozhnosti. Tekhnologii betonov. 2013. No 1 (78). Pp. 46-49.*

15. Putilov V.YA., Putilova I.V., Malikova E.A. *Osnovnye bar'ery na puti effektivnogo resheniya problemy obrashheniya s zoloshlakami energetiki. Vestnik MEI. 2013. No 1. Pp. 16-23.*

16. Kokubu M. *Zola i zol'nye cementy. Pyatyj mezhdunarodnyj kongress po himii cementa. Strojizdat, 1973. Pp. 405-416.*

17. Royak S.M. *Special'nye cementy. Uchebnoe posobie dlya vuzov. 2-e izd., pererab. i dop. Strojizdat, 1983. Pp. 236-252.*

18. Nguen T.T., Oreshkin D.V. *Nauchno-tekhnicheskie predposylki razrabotki ognestojkogo i vodostojkogo neavtoklavnogo gazobetona dlya uslovij V'etnama. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2014. No 5 (46). Pp. 117-125.*

19. Ilich, B.R. *Thermal Treatment of Kaolin Clay to Obtain Metakaolin / B.R. Ilich, A.A. Mitrovich, L.R. Milichch // Chem. ind. - 2010. - No 64 (4). - P. 351-356.*

20. *Thermal treatment of kaolin: the effect of mineralogy on the pozzolanic activity / G. Kakali, T. Perraki, S. Tsivilis, E. Badogiannis // Appl. Clay Sci. - 2001. - No 20. - P. 73-80.*

21. *The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite / A. Shvarzman, K. Kovler, G.S. Grader, G.E. Shter // Cem. Concr. Res. - 2003. - No 33. - P. 405-416.*

22. *Kostuch, J.A. High performance concrete incorporating metakaolin - a review / J.A. Kostuch, G.V. Walters, T.R. Jones // Concrete 2000. - 1993. - No 2. - P. 1799-811.*

23. *Properties of blended cements with thermally activated kaolin / M. Arikan, K. Sobolev, T. Ertun, A. Yeginobali, P. Turker // Constr. Build. Mater. - 2009. - No 23. - P. 62-70.*

24. *Rahier, H. Influence of the degree of dehydroxylation of kaolinite on the properties of aluminosilicate glasses / H. Rahier, B. Wullaert, B. Van Mele // J. Therm. Anal. Calorim. - 2000. - No 62. - P. 417-427.*

25. *Badogiannis, E. Metakaolin as supplementary cementitious material - Optimization of kaolin to metakaolin conversion / E. Badogiannis, G. Kakali, S. Tsivilis // J. Therm. Anal. Calorim. - 2005. - No 81. - P. 457-462.*

26. Kovaljova A. M., Semjonov A. S., Rjahovskij Ju. A. *Porjadok provedeniya kontrolja v stroitel'stve. ITportal, 2016. No1 (9). URL: <http://itportal.ru/science/economy/poryadok-provedeniya-kontrolya-v-st/>*

[Возврат к списку](#)



Дешёвые Авиабилеты Нижний Новгород Дубай

18 479 руб Мы сравнили 15 агентств, чтобы найти лучшие цены!

AviaSales.ru



КОНТАКТЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА

© 2015-2017 «Строймного» (16+). В секции научного журнала производится публикация научных статей по Строительству, журнал включен в РИНЦ.

Издатель: ООО «Иннов». ISSN: 2500-1736

Свидетельство Управления Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций по Приволжскому федеральному округу ИА № ТУ 52-01165 от 24.10.2016г.

INNOV - разработка сайта, Нижний Новгород

