

1. Введение Современные проблемы обеспечения дальнейшего устойчивого развития земной цивилизации связаны с решением задач сохранения природных сырьевых ресурсов, энергосбережения и охраны окружающей среды. Решение этих задач в определенной мере связано с повышением объемов использования отходов и попутных продуктов промышленности в производстве продукции [1]. Бетонный лом является одной из крупнотоннажных разновидностей отходов, образующийся при сносе зданий и на предприятиях производства бетона, бетонных и железобетонных изделий. Ежегодно его образуется в европейских странах 340-570 млн.т[2,3], в США – 200-300 млн.т[4] и только в Москве 50-60 млн.т[5]. Бетонный лом подвергается дроблению, продукты которого преимущественно применяют при устройстве дорожных насыпей, откосов и покрытий и в качестве щебня для бетонов. Вместе с тем, бетонный лом утилизируется во всем мире в ограниченных объемах, а совершенно неудовлетворительно утилизируются продукты отсева дробления бетонного лома при дроблении. Вместе с тем, молотые продукты дробления бетонного лома, как крупных фракций, так и отсева могут быть эффективно использованы в качестве минеральных добавок при производстве различных минеральных вяжущих [6,7]. Свойства композиционных вяжущих в значительной мере зависят от плотности упаковки зерен его компонентов, которая в свою очередь зависит от их дисперсности и гранулометрического состава [8]. Авторами настоящей статьи исследована эффективность добавок молотых продуктов дробления бетонного лома при получении композиционных шлакощелочных вяжущих [7,9,10]. Ниже приведены результаты исследований гранулометрического состава молотых модельных продуктов дробления бетонного лома при их различной удельной поверхности.

2. Объекты и методы исследований

Объектами исследований явились молотые камни твердевших в течении 28 сут в нормально-влажностных условиях портландцемента Ульяновского цементного завода ЦЕМ I 32,5Н и цементно-песчаных растворов с различным соотношением содержания кварцевого песка и того же цемента. Цементный камень рассматривался как модельный аналог цементной матрицы цементно-песчаного раствора, который в свою очередь рассматривался как модельный аналог матрицы бетона с крупным заполнителем. Молотые продукты получали дроблением и последующим помолом в лабораторной мельнице МПЛ-1 после высушивания исходных материалов в сушильном шкафу до влажности 1%.

Удельная поверхность ($S_{уд}$) продуктов помола определялась по методу Казеина-Кармана по воздухопроницаемости при атмосферном давлении на приборе ПСХ-9, а их фракционный состав определялся методом лазерной дифракции объекта на приборе «LA-250» (Horiba Instruments Inc).

3. Результаты и обсуждение

3.1. Анализ гранулометрического состава продуктов помола портландцементного камня (ПЦК) с различной удельной поверхностью На рис.1, 2 представлены дифференциальные интегральные кривые, гистограммы распределения частиц

по размерам образцов молотого портландцементного камня (ПЦК) до Суд 200-800 м²/кг. Анализ представленных данных показывает, Рис. 1 -

Дифференциальные и интегральные кривые распределения частиц по размерам образцов ПЦК при Суд 200-800 м²/кг что наибольшие изменения в гранулометрическом составе, заключающиеся в резком увеличении содержания тонких частиц, происходят при увеличении Суд с 200 до 400 м²/кг. В образце ПЦК с Суд 200 м²/кг преобладают частицы с размером >100 мкм - 75,5%, а в пробах с Суд 400-800 м²/кг частицы размером 5-10 мкм - 29,8-36,6% и 10-30 мкм - 54,4-60,6%. При этом с увеличением Суд с 400 до 800 м²/кг содержание фракций размером 5, 5-10 и 10-30 мкм возрастает с 1,3 до 1,7, с 29 до 36,6 и с 54,4 до 60,6%, соответственно, а частиц с размером >30 мкм снижается. Рис. 2 -

Гистограммы распределения частиц по размерам образцов ПЦК при распределении частиц с Суд 200-800 м²/кг 3.2. Анализ гранулометрического состава камня цементно-песчаного раствора (ЦПР) в зависимости от удельной поверхности и соотношения цемент:песок (Ц:П) На рис. 3 и 4 представлены дифференциальные кривые и гистограммы распределения частиц ЦПР по размерам при Суд от 200 до 600 м²/кг и соотношении Ц:П=1:(1-3). а б Рис. 3 -

Дифференциальные и интегральные кривые гранулометрических составов добавок: а) ЦПР1:1; б) ЦПР1:3 а б Рис. 4 - Гистограммы распределения частиц по размерам: а) ЦПР1:1; б) ЦПР1:3 В ЦПР с Суд=200 м²/кг содержание фракций от 5 мкм возрастает при увеличении Ц:П от 1:1 до 1:2 с 3,0 до 11,302%, при Ц:П=1:3 составляет 5,345%. Последнее объясняется значительным уменьшением содержания цементного компонента, который отличается более высокой размалываемостью, чем кварцевый песок. Меньшей размалываемостью кварцевого песка объясняется и повышенное содержание фракций 5-100 мкм и >100 мкм, нарастающее с увеличением П:Ц. Содержание фракций 5-10 мкм и 30-50 мкм при увеличении Ц:П от 1:1 до 1:3 меняется незначительно и составляет в пределах соответственно 40,6-56 и 10,0-11,4%. При помоле ЦПР до 400-600 м²/кг содержание фракций 5 мкм возрастает по мере увеличения Суд и соотношения Ц:П от 1:1 до 1:3 от 3,72 до 14,34%. Содержание фракций 5-10 мкм и 10-30 мкм колеблется соответственно в пределах 27,274 до 36,163% и 50,793% до 58,055%. При этом содержание фракций 50-100 мкм не зафиксировано. Заключение В молотых продуктах дробления бетонного лома гранулометрический состав состоит из зерен от менее 5 мкм до 100 мкм и более. В молотом цементном камне с удельной поверхностью 200 м²/кг частицы с размером более 100 мкм составляют 75,5%, а при удельной поверхности 400-800 м²/кг содержание частиц менее 5 мкм возрастает с 1,3 до 1,7%, частиц 5-10 мкм с 29 до 36,6%, частиц 10-30 мкм с 54,4 до 60,6%. Содержание частиц 50-100 мкм и более 100 мкм уменьшается от 3,4% до нуля. Подобные закономерности изменения гранулометрического состава и молотого камня цементно-песчаного раствора до удельной поверхности от 200 до 600 м²/кг. Однако при этом содержание

фракций менее 5 мкм возрастает с 3 до 14,3% в зависимости от соотношения содержания цемента и кварцевого песка.