

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 различной продукции [1-3]. Одной из разновидностей крупнотоннажных промышленных отходов являются бетонный лом, образующийся при сносе зданий и на предприятиях производства бетона, бетонных и железобетонных изделий. Ежегодно его образуется в европейских странах 340-570 млн.т[4,5], в США – 200-300 млн.т[6]. Большое количество бетонного лома образуется в Москве [7]. Бетонный лом подвергается дроблению, продукты которого преимущественно применяются 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. Молотые продукты дробления бетонного лома, как крупных фракций, так и отсева могут быть эффективно использованы в качестве минеральных добавок при производстве различных минеральных вяжущих [8-10]. Ранее авторами настоящей работы были проведены исследования влияния добавок молотого портландцементного камня, как материала матрицы мелкозернистого бетона на свойства композиционного шлакощелочного вяжущего [9-11]. Ниже приведены результаты исследований влияния добавок молотого камня цементно-песчаного раствора (ЦПР) на нормальную плотность и сроки схватывания теста КШЩВ. Объекты и методы исследований Получение КШЩВ производилось введением в бездобавочное ШЩВ с удельной поверхностью 300 м²/кг добавок молотого камня цементно-песчаного раствора, моделирующего растворную часть бетонного лома. ШЩВ получали помолом доменного гранулированного шлака Челябинского металлургического комбината (ЧМК) следующего химического состава (масс.%): SiO₂ – 37,49; CaO – 36,22; Al₂O₃ – 11,58; MgO – 8,61; MnO – 0,50; Fe₂O₃ – 0,16; TiO₂ – 1,8; Na₂O – 0,64; K₂O – 0,85; P₂O₅ – 0,01. Шлак 2-го сорта с модулем основности – 0,914, модулем активности 0,409 и коэффициентом качества 1,436. Минеральный состав шлака включает акерманит, кварц и рентгеноаморфную фазу. В качестве затворителей КШЩВ применялась кальцинированная сода (ГОСТ 5100-85) и натриевое жидкое стекло (ГОСТ 13078-81) с плотностью растворов 1,15 г/см³ и 1,3г/см³, соответственно. Модельную минеральную добавку с различной удельной поверхностью получали помолом камня ЦПР с различным соотношением содержания цемента и песка (Ц:П) на основе портландцемента ЦЕМ 32,5 Н, твердевших в течении 28 сут в нормально-влажностных условиях. В качестве заполнителя ЦПР применялся кварцевый песок с модулем крупности M_{кр}=2,5, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8736-93. Удельная поверхность (S_{уд}) продуктов помола определялась по методу

Казеини-Кармана по воздухопроницаемости при атмосферном давлении на приборе ПСХ-9. Нормальная густота и сроки схватывания КШЩВ определялись по ГОСТ 310.3.81. Результаты и обсуждение Приведенные на рис.1 данные показывают увеличение или уменьшение водопотребности теста КШЩВ с содовым затворителем в зависимости от Суд ЦПР и соотношения Ц:П. Приведенные на рис.1 данные показывают увеличение или уменьшение водопотребности теста КШЩВ с содовым затворителем в зависимости от Суд ЦПР и соотношения Ц:П. С введением добавок ЦПР 1:1 нормальная густота повышается в зависимости от Суд и при Суд 200-600 м²/кг и содержании ЦПР до 60% возрастает на 31,0, 72,9, 98,8%, соответственно. Увеличение содержание песка в ЦПР до соотношения Ц:П 1:1,5-1:3 при Суд 200 м²/кг уменьшает водопотребность добавки и нормальная густота теста снижается до 9,3-13,6% при содержании ЦПР до 60%. Дальнейшее увеличение Суд ЦПР до 600 м²/кг приводит и к повышению нормальной густоты, зависящему от соотношения Ц:П. Так, при введении ЦПР при Суд до 400-600 м²/кг с Ц:П 1:1,5 нормальная густота повышается на 48,1-74,8%, при соотношении 1:2 на 36,8-56,2%, 1:3 на 32,9-52,3%. Исследования влияния содержания и Суд ЦПР на нормальную густоту теста КШЩВ с жидкостекольным затворителем были проведены с использованием ЦПР при соотношении Ц:П 1:1,5 (рис.2). Как и в случае с содой добавление до 60% ЦПР 1:1,5 при Суд 200 м²/кг к ШЩВ снижает нормальную густоту теста на 14,6%, а с 400 и 600 м²/кг увеличивает на 21,9 и 52,7%, соответственно. Рис. 1 - Влияние добавок ЦПР на нормальную густоту теста КШЩВ на основе ЧМК и раствора соды: а) ЦПР1:1; б) ЦПР1:3 Рис. 2 - Влияние добавок ЦПР1:1,5 на нормальную густоту теста КШЩВ на основе ЧМК и жидкого стекла Результаты исследований влияния добавок ЦПР на сроки схватывания представлены в табл.1. Как видно, и увеличение содержания и Суд в целом сокращает сроки схватывания теста КШЩВ. Однако, с увеличением содержания песка в ЦПР ослабевает интенсифицирующее влияние ЦПР на схватывание теста КШЩВ. При содержании ЦПР в количестве 15% с Суд 400 м²/кг и Ц:П 1:1 начало схватывания теста КШЩВ - 31 мин, конец 1 ч 58 мин, Ц:П 1:1,5 - 33 мин и 2 ч 01 мин, Ц:П 1:2 - 36 мин и 2 ч 08 мин, Ц:П 1:3 - 39 мин и 2 ч 11 мин. Сроки схватывания с жидкостекольным затворителем в целом значительно короче (табл.2). Приведенные в таблицах 1 и 2 результаты исследований показывают, что введение добавок молотого камня ЦПР в состав КШЩВ в зависимости от состава и тонкости помола позволяют в широких пределах регулировать сроки схватывания. Заключение Добавки в композиционные шлакощелочные вяжущие молотого камня цементно-песчаных растворов в зависимости от содержания, удельной поверхности и соотношения компонентов позволяют: - регулировать нормальную густоту вяжущих как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения; - получать вяжущие с различными сроками схватывания - нормально-, быстро-, особобыстро- и сверхбыстротвердеющие. Таблица 1 -

Влияние содержания, соотношения Ц:П и Суд добавок ЦПР на сроки схватывания КШЩВ на основе ЧМК и раствора соды Содержание ЦПР, % Сроки схватывания шлакощелочного теста (начало/конец), в зависимости от содержания, соотношения цемент:песок и удельной поверхности ЦПР (м²/кг), ч-мин 1:1 1:1,5 1:3 200 400 600 200 400 600 200 400 600 - 0-50 3-00 0-50 3-00 0-50 3-00 0-50 3-00 0-50 3-00 7,5 0-46 2-39 0-39 2-27 0-30 2-13 0-46 2-43 0-39 2-28 0-32 2-14 0-48 2-47 0-43 2-35 0-39 2-27 15 0-40 2-15 0-31 1-58 0-20 1-40 0-42 2-20 0-33 2-01 0-24 1-41 0-45 2-27 0-39 2-11 0-30 2-01 30 0-26 1-26 0-19 1-10 0-12 0-48 0-31 1-30 0-22 1-13 0-14 0-56 0-35 1-40 0-28 1-27 0-21 1-17 45 0-21 0-47 0-15 0-35 0-08 0-22 0-23 0-51 0-15 0-39 0-08 0-27 0-28 1-01 0-21 0-53 0-14 0-44 60 0-14 0-20 0-09 0-15 0-05 0-09 0-17 0-25 0-11 0-18 0-06 0-12 0-24 0-34 0-16 0-29 0-11 0-22 Таблица 2 - Влияние содержания и Суд добавки ЦПР1:1,5 на сроки схватывания теста КШЩВ с жидкостекольнымзатворителем Содержание ЦПР1:1,5,% Сроки схватывания теста КШЩВ (начало/конец), в зависимости от Суд шлака (м²/кг), ч-мин 200 400 600 - 1-20 2-10 1-20 2-10 1-20 2-10 7,5 1-06 1-46 0-57 1-38 0-52 1-30 15 0-43 1-19 0-35 1-08 0-28 0-58 30 0-24 0-47 0-16 0-40 0-12 0-33 45 0-14 0-30 0-10 0-23 0-05 0-18 60 0-08 0-20 0-06 0-15 0-02 0-12