

УДК 625.862:628.477.6

УСТАНОВКА ПО МОДИФИКАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ИЗВЕСТНЯКОВОГО ЩЕБНЯ, МНОГОКРАТНОЕ ПОВЫШЕНИЕ ЕГО ПРОЧНОСТИ

И.Ю. ГЛИНЯНОВА, канд. пед. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве,
В.Т. ФОМИЧЕВ, доктор техн. наук, профессор кафедры общей и неорганической химии,
 Волгоградский государственный технический университет

Ключевые слова: технические лигносульфонаты, известняки, кавитация, ультразвук

Keywords: technical lignosulfonates, limestones, cavitation, ultrasound

Рассмотрена возможность повышения прочности известнякового щебня в результате обработки низкопрочных известняков (марка 400–600) раствором технических лигносульфонатов в разработанной лабораторной установке, в которой использованы принципы ультразвуковой и гидродинамической кавитации. Экспериментальные исследования с применением установки показали повышение прочности известнякового щебня с марки 400–600 до марки 1000–1200, динамику набора прочности модифицированных известняков на 28-е сутки с потерей массы щебня (фр. 10) – 12,32% (M100) на 56-е сутки с потерей массы щебня (фр. 5–10) – 11,32% (M1000) и (фр. 5) – 10,64% (M1200). Модифицированный известняковый щебень может быть востребованным продуктом для различных строительных предприятий и организаций.



Глинянова Ирина Юрьевна



Фомичёв Валерий Тарасович

Известняковый щебень используется в различных отраслях строительного производства. Во многих областях России имеются огромные месторождения известнякового щебня (M200–400–600), который не востребован должным образом на внутреннем рынке ввиду его низкопрочностных характеристик.

Решением задачи повышения прочности известнякового щебня занимались многие ученые. Известны различные способы приготовления черного щебня, обработанного органическим вяжущим [1], расплавленным вязким битумом под давлением 5–15 МПа [3]; шпалопропиточным материалом [4]; раствором силиката натрия и расплава битума [4]; цементно-песчаным раствором [5]; расплавом серы [6]; раствором лигносульфонатов технических [7–8]; гидрофобизирующими кремнийорганическими жидкостями и др. Вышеизложенные способы повышения прочности известнякового щебня констатируют, с одной стороны, высокие энергозатраты технологического процесса пропитки известняков, с другой – недолговечность полученного модифицированного известнякового щебня и др.

Объектом исследования является лабораторная установка для повышения прочности и

долговечности модифицированного известнякового щебня. Основные цели данной работы: разработка, изготовление и сборка опытной лабораторной установки сверхкритического водного окисления (СКВО) по модификации низкосортного известнякового строительного щебня раствором гидролизного производства; модификация щебня раствором лигносульфонатов технических (ЛСТ) при помощи изготовленной установки, испытания модифицированного щебня на прочность.

В ходе выполнения поставленных целей решались следующие задачи:

1. Разработка модели устройства лабораторной установки СКВО для повышения прочностных характеристик известнякового щебня.

2. Экспериментальные исследования повышения прочности модифицированного известнякового щебня с использованием лабораторной установки сверхкритического водного окисления.

Испытания модифицированного известнякового щебня осуществляли в соответствии с ГОСТ 8267–93 [9] – определение прочности известнякового щебня по его дробимости или потере массы при испытании известняков.

Многократное повышение прочности известняков достигалось в разработанной лабораторной установке ультразвуковой и гидродинамической обработки растворов, используемых для пропитки низкосортного известнякового щебня модифицированным (активированным) водным раствором лигносульфонатов технических.

Принципиальная схема лабораторной установки для модификации низкосортного известнякового щебня представлена на рисунке.

Для определения работоспособности установки произведены расчеты производительности центробежного насоса (м³/с) и расчет диаметра сечения трубки Вентури (м). Для этого сделан рас-

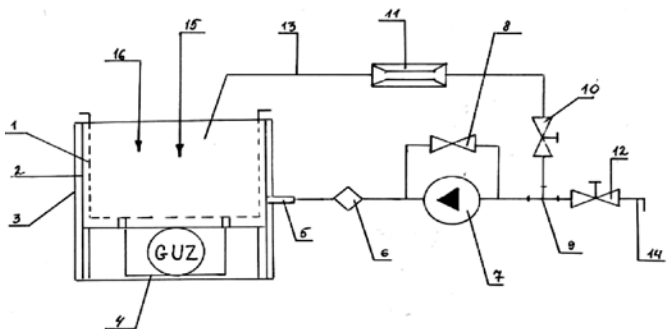


Рисунок. Установка для модификации низкосортного известнякового щебня: 1 – перфорированный бункер для загрузки известнякового щебня; 2 – емкость для сбора водного раствора технических лигносульфонатов; 3 – основание установки; 4 – ультразвуковой генератор; 5 – выход емкости; 6 – компенсатор для исключения распространения ультразвуковых колебаний по трубопроводам; 7 – центробежный насос; 8 – перепускной клапан; 9 – тройник узла трубопроводов; 10 – первый шаровый кран с ручным управлением; 11 – трубка Вентури; 12 – второй шаровый кран с ручным управлением; 13 – наливной трубопровод перекачиваемого раствора лигносульфонатов технических; 14 – сливной патрубков; 15 – конец трубопровода для налива воды; 16 – конец трубы для загрузки лигносульфонатов технических порошкообразных

чет производительности центробежного насоса ($\text{м}^3/\text{с}$) с учетом времени прохождения гомогенизированной жидкости.

В 1 цикле – 30 сек. – 5 л, за минуту через систему пройдет 5 л \times 60/30 = 10 л.

Исходя из производительности насоса 10 л/мин., центробежные насосы должны обладать напором (Н) 15-30 м.

Диаметр сечения трубки Вентури определен по соотношению: $S=Q/V$,

где S – площадь сечения трубки Вентури; V – скорость потока жидкости в трубке Вентури; Q – производительность центробежного насоса.

Учитывая, что $V = \sqrt{2 \cdot gH}$, где $g = 9,8 \text{ м/с}$; $H = 15 \text{ м}$.

$V = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 15} = \sqrt{147} = 12,1243 \text{ м/с}$,

таким образом, сечение трубки Вентури составляет:

$$S = \frac{Q}{12,1243} = \frac{0,0001667}{12,1243} = 0,000014 \text{ (м}^2\text{)}, \text{ а ее диаметр}$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000014}{3,14}} \approx \sqrt{\frac{0,000056}{3,14}} \approx \sqrt{1,7834 \cdot 10^{-5}} \approx 0,004 \text{ (м)} \approx 4 \text{ (мм)}$$

Установка работает следующим образом.

Нагрев воды производили в течение 10-15 мин. до температуры 40-60°C, при этом оба крана (10, 12) закрыты, а ультразвуковой генератор (4) включался. Используемая частота ультразвука – 20-40 кГц.

В горячую кавитационную воду температурой 40-60°C через (16) вводили порошок лигносульфонатов технических в соотношении с водой 1:(0,1-0,4) за 10-15 с и диспергировали водный раствор лигносульфонатов технических в течение 10-15 мин. с частотой ультразвука 20-40 кГц до полного их растворения. После гомогенизации раствора ультразвуковой генератор (4) выключали.

При открытом шаровом кране с ручным управлением (10) включали дополнительно центробежный насос (7) на время перекачки водного раствора лигносульфонатов технических через трубку Вентури (11) обратно в емкость для обратного

сбора водного раствора лигносульфонатов (2). Перекачивание раствора ЛСТ производили в несколько циклов в течение 1-3 мин. со скоростью потока жидкости – 12-13 м/с.

В полученный кавитационно обработанный раствор ЛСТ загружали перфорированный бункер с малопрочным известняковым щебнем (1) в емкость (2).

После этого включали ультразвуковой генератор (4) при частоте 20 кГц и в течение 15-30 мин. модифицировали известняковый щебень в водном растворе лигносульфонатов.

После обработки закрывают первый шаровый кран (10) и открывают второй шаровый кран (12) для слива отработанного водного раствора ЛСТ через сливной патрубок (14). При этом центробежный насос (7) выключают. Эффективность работы данной установки была подтверждена результатами экспериментальных исследований [10-11].

В качестве исходных компонентов были использованы известняковый щебень М400 из Волгоградской области («Калининский» щебеночный карьер) и известняковый щебень (М600) из Республики Крым (карьер «Биюк-Янкойский», с. Мраморное, Симферопольский район), водный раствор лигносульфонатов технических в соотношении ЛСТ : вода (0,1-0,4):1.

Исходный известняковый щебень М400-600 обрабатывали в приведенной выше установке.

Как следует из полученных данных, модифицированный известняковый щебень фракции 10 из Фроловского карьера Волгоградской области достиг марки прочности 1000 на 14-й день, при этом потеря массы составила 12,62%, с течением времени после пропитки происходил также набор прочности модифицированного известнякового щебня и его стабилизация. Самая высокая марка Волгоградского модифицированного щебня – М1000 (потеря массы щебня при его испытании в 12,32%) наблюдалась у модифицированного известнякового щебня на 28-й день.

Что касается модифицированного крымского известнякового щебня, то, например, на 56-й день (потеря массы при испытании щебня составила – 10,64%) фракция щебня 5 мм, т.е. увеличила свою прочность в 3 раза и из марки 600 перешла в марку 1200. Для фракции 5-10 мм – 11,32% (М1000); фракции 20-40 мм – 11,35% (М1000); фракции 40-70 мм – 11,40% (М1000).

Высокую эффективность упрочнения при деформировании с применением поверхностно-активных веществ (в данном эксперименте были использованы лигносульфонаты технические) можно объяснить эффектом адсорбционного пластифицирования, которое было открыто в 1928 г. П.А. Ребиндером [12]. Явление адсорбционного влияния среды на механические свойства и структуру твердых тел заключается в облегчении деформирования и разрушении твердых тел и самопроизвольном протекании в них структурных изменений в результате понижения их свободной поверхностной энергии при контакте со средой, содержащей вещества, способные к адсорбции на межфазной поверхности.

Разработанная лабораторная установка показывает возможность создания сверхкритических жидкостных сред для более глубокого проникновения химического

реагента (лигносульфоната технического) в структуры известнякового щебня с целью повышения его прочности. Испытания, проведенные сертифицированной строительной лабораторией, показали, что прочность увеличилась с М400-600 до М1000-1200, при этом уменьшились поры и исчезли трещины.

Работа выполнена в рамках гранта Фонда содействия инновациям (Договор №1395/22690 от 24.06.2016 г.) и при поддержке Корпорации развития Волгоградской области.

Библиографический список

1. Инструкции по устройству покрытий и оснований из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных органическими вяжущими: ВСН 123-77 / Минтрансстрой СССР. – М.: Транспорт, 1978. – 48 с.
2. Пат. 1520043 СССР, МПК С04В26/26. Способ приготовления черного щебня / М.Г. Салихов [и др.]; патентообладатель – Мар. политехн. ин-т, №4134196/23-33, заяв. 01.07.1986; опубл. 07.11.89, бюлл. №41.
3. Пат. 2200717 РФ, МПК С04В26/26, С08Л95/00. Способ приготовления черного щебня / М.Г. Салихов [и др.]; патентообладатель – Мар. гос. техн. ун-т, №2001115350/04, заяв. 04.06.2001; опубл. 20.03.2003, бюлл. №9.
4. Пат. 2204538 РФ, МПК С04В26/26. Способ приготовления черного щебня / М.Г. Салихов [и др.]; патентообладатель – Мар. гос. техн. ун-т. № 2001115116/03, заяв. 04.06.2001; опубл. 20.05.2003, бюлл. №15.
5. Пат. 2436888 РФ, МПК Е01С7/18. Способ приготовления цементно-асфальтобетонной смеси и ее состав / Н.Е. Степашов, С.В. Евтушенко, С.И. Мирошниченко; патентообладатель – ООО «Белдорстрой», №2010107945/03, заяв. 10.09.2011; опубл. 20.12.2011, бюлл. №35.
6. Пат. 201201145 Республика Казахстан, МПК С04В 41/50. Способ повышения прочности известняка-ракушечника методом пропитки расплавом серы / У.С. Карабалин [и др.]; патентообладатель – АО «Казах. институт нефти и газа», №KZ2012/015, заяв. 15.04.2011; опубл. 15.06.2012, бюлл. ЕАПО №3.
7. Пат. 2408550 РФ, МПК С04В24/18. Способ приготовления известнякового строительного щебня / И.Ю. Глинянова [и др.]; патентообладатель – Глинянова И.Ю., №2009135997/03, заяв. 28.09.2009; опубл. 10.01.2011, бюлл. №1.
8. Глинянова И.Ю., Минченко И.П. Повышение прочностных характеристик известнякового щебня наномодифицированным отходом производства / 2-я Всероссийская науч.-техн. конф. «Нанотехнологии и наноматериалы: современное состояние и перспективы развития в условиях Волгоградской области», 17-18 дек. 2009 г. ВолГУ, с. 159-161.
9. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. – Взамен ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-78, ГОСТ 26873-86. Введ. 01.01.95. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – III, – 15 с. Грунта Ж 17.
10. Глинянова И.Ю., Фомичев В.Т. Модификация известнякового строительного щебня Нижнего Поволжья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2017, №11-12, с. 4-6.
11. Глинянова И.Ю., Фомичев В.Т. Исследование прочностных характеристик модифицированного известнякового щебня Республики Крым // Международный научно-исследовательский журнал, 2017, №12(66), ч. 5, декабрь, с. 72-76.
12. Ребиндер П.А. Основные проблемы физико-химической механики дисперсных и высокомолекулярных структур // Рефераты VIII Мендел. съезда по общей и прикл. химии, секц. коллоидн. химии. – М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 87-89.



V МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА



27 ФЕВРАЛЯ • 1 МАРТА 2018
МОСКВА • ЦВК ЭКСПОЦЕНТР

**ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЙ**

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ДЕФЕКТОМЕТРИЯ
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА
ВСТРОЕННЫЙ КОНТРОЛЬ И МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ
АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ
И КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ

АУДИТОРИЯ

РУКОВОДИТЕЛИ
НАЧАЛЬНИКИ ЛАБОРАТОРИЙ
ВЕДУЩИЕ СПЕЦИАЛИСТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И
ХОЛДИНГОВ
ПРЕПОДАВАТЕЛИ И СТУДЕНТЫ ПРОФИЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ
ПРЕДСТАВИТЕЛИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТРУКТУР И ПРОМЫШЛЕННЫХ
АССОЦИАЦИЙ

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

КОНФЕРЕНЦИЯ "ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ":
ОБЩИЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ТД ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В СИСТЕМЕ РОСТЕХНАДЗОРА
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АВИАКОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ

КРУГЛЫЕ СТОЛЫ ПО ВОПРОСАМ
ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ:
В ГРАЖДАНСКОЙ И ВОЕННОЙ АВИАЦИИ
В МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИИ
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ОРГАНИЗАТОР:
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

МОСКВА, 27 ФЕВРАЛЯ - 1 МАРТА
ЦВК ЭКСПОЦЕНТР, ПАВИЛЬОН 7
EXPO.RONKTD.RU