

УДК 666.97

doi: 10.33622/0869-7019.2024.04.??-??

Дробленый песок из горных пород для производства бетонов и строительных растворов во Вьетнаме

Танг Ван ЛАМ¹ (Вьетнам), кандидат технических наук, преподаватель-исследователь, lamvantang@gmail.com

Во Динь ЧОНГ¹ (Вьетнам), студент, vodinhtrong2611@gmail.com

Борис Игоревич БУЛГАКОВ², кандидат технических наук, доцент, bulgakovbi@mgsu.ru

Ольга Владимировна АЛЕКСАНДРОВА², кандидат технических наук, доцент, aleksandrovaov@mgsu.ru

Ольга Борисовна ЛЯПИДЕВСКАЯ², кандидат технических наук, доцент, lyapidevskayaob@mgsu.ru

¹ Ханойский горно-геологический университет, 18 Фо Виен, Дык Тханг, Бак Ту Лиём, Ханой, Вьетнам

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337 Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация. Исследована возможность использования во Вьетнаме искусственного песка, который получают путем дробления горных пород. В качестве мелкого заполнителя его применяют для производства бетонов и строительных растворов. Необходимость поиска путей решения указанной проблемы объясняется быстрым истощением в стране ограниченных ресурсов речных и карьерных кварцевых песков. Согласно статистике Министрства строительства Вьетнама к 2025 г. будет ощущаться острая нехватка природного кварцевого песка для производства строительных работ, а также для получения бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей. Поэтому тематика данного исследования актуальна не только для поиска эффективного экономического решения указанной проблемы, но и для улучшения экологии. Рассмотрены характеристики применяемых в настоящее время во Вьетнаме технологий получения строительных песков путем дробления горных пород, требования действующих национальных стандартов к показателям качества подобных песков, пригодных для использования в строительстве. Для получения качественных бетонов и строительных растворов подобрано оптимальное процентное содержание дробленого песка в смеси с природным кварцевым песком.

Ключевые слова: мелкий заполнитель, искусственный дробленый песок, природный кварцевый песок, бетоны, строительные растворы, горные породы

Для цитирования: Лам Т. В., Чонг В. Д., Булгаков Б. И., Александрова О. В., Ляпидевская О. Б. Дробленый песок из горных пород для производства бетонов и строительных растворов во Вьетнаме // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 4. С. ?? – ???. doi: 10.33622/0869-7019.2024.04.??-??

CRUSHED ROCK SAND IN THE PRODUCTION OF CONCRETE AND MORTARS IN VIETNAM

Tang Van Lam¹, lamvantang@gmail.com, **Vo Dinh Trong**¹, vodinhtrong2611@gmail.com

Boris I. Bulgakov², bulgakovbi@mgsu.ru, **Olga V. Aleksandrova**², aleksandrovaov@mgsu.ru

Olga B. Lyapidevskaya², lyapidevskayaob@mgsu.ru

¹ Hanoi University of Mining and Geology, 18 Pho Vien, Duc Thang, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam

² Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavl'skoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

Abstract. The presented article is devoted to the analysis of the possibility of using artificial sand in Vietnam, obtained by crushing rocks and suitable for replacing natural quartz sand as a fine aggregate in the preparation of concretes and mortars. The need to find ways to solve this problem is explained by the rapid depletion of limited river and quarry quartz sand resources in the country. According to statistics from the Ministry of Construction of Vietnam, by 2025 there will be an acute shortage of natural quartz sand in the country for the production of construction works, as well as for the production of concretes, mortars and dry building mixes. Therefore, the subject of this study is relevant both from the point of view of finding an effective economic solution to this problem and from the point of view of ecology. The article describes the technologies currently used in Vietnam for obtaining construction sands by crushing rocks and the requirements of the current national standards for quality indicators of such sands suitable for use in construction.

Keywords: fine aggregate, artificial crushed sand, natural quartz sand, concrete, mortars, rocks

For citation: Lam T. V., Trong V. D., Bulgakov B. I., Aleksandrova O. V., Lyapidevskaya O. B. Crushed rock sand in the production of concrete and mortars in Vietnam. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2024, no. 4, pp. ?? – ???. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2024.04.??-??

Введение

Огромный спрос на природный кварцевый песок для строительства во Вьетнаме, значительные темпы его добычи, включая нелегальные, приводят к тому, что месторождения природного песка становятся все более дефицитными, а кварцевый песок более дорогим. В ближайшее время прогнозируется острая нехватка песка для строительства. Массовая и зачастую незаконная добыча природного кварцевого песка негативно влияет на экологическую ситуацию в стране. Наиболее реальный выход из складывающейся ситуации — использование мелкого заполнителя, полученного путем измельчения горных пород, речной и морской гальки, а также бетонного лома снесенных зданий и сооружений [1, 2].

Статистические данные последних лет свидетельствуют о том, что потребность в строительном песке во Вьетнаме для приготовления различных бетонов и строительных растворов составляет около 120–130 млн м³/год. Кроме того, ежегодно еще порядка 700 млн м³ песка требуется для устройства различных оснований и выравнивающих слоев. Прогнозируется, что поставки природного песка из районов легальной добычи в скором будущем смогут удовлетворять только около 40–50 % ежегодного спроса [3]. В этой связи исследования возможности замены природного песка дробленным — одно из эффективных решений проблемы дефицита мелкого заполнителя не только с экономической точки зрения, но и экологической [4–7]. Производство дробленого песка на известняковом карьере Киен Кхе в провинции Ханам показано на рис. 1.

Бетоны на дробленном песке обладают высокой прочностью и

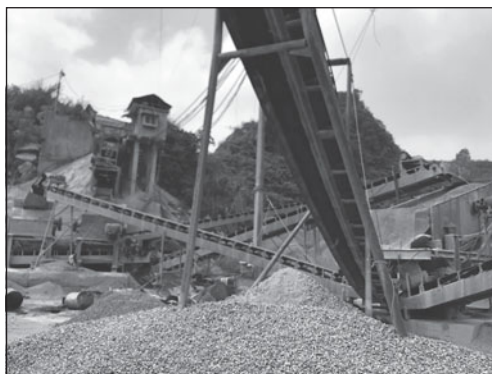


Рис. 1. Производство дробленого песка из известняка в карьере Киен Кхе (провинция Ханам, Вьетнам)

модулем упругости благодаря однородному составу, что снижает пористость цементного камня бетона [8]. Обладая этим преимуществом, искусственный песок способствует созданию несущего каркаса цементно-песчаной матрицы бетона, экономии цемента, повышению прочности и долговечности строительных конструкций [9, 10].

Для производства дробленого песка во Вьетнаме имеются значительные потенциальные возможности, поскольку минеральные ресурсы, особенно известняк и галька, распространены во многих провинциях. Однако производство и использование дробленого песка в стране еще не получило широкого внедрения. Существует много сложностей, а именно: отсутствуют синхронное управление процессом добычи природного песка, необходимое количество документов, регламентирующих производство и использование дробленого песка в бетонах и строительных растворах, а также льготы предприятиям, занимающимся изготовлением подобных песков. Поэтому необходимо предпринять усилия для устранения причин, препятствующих расширению производства и использования в строительстве дробленых песков взамен природного кварцевого [11, 12].

В современном строительстве

искусственный песок применяют не только для замены все более истощающихся запасов природного песка, но и используют его особенности: более однородные зерна, регулируемый модуль крупности и соотношение частиц разного размера в зависимости от требований конкретного бетона или строительного раствора, например, высококачественного, роликотплотняемого и литого бетона, асфальтобетона, кладочного или штукатурного раствора и т. д. [13, 14]. Кроме того, искусственный песок позволяет экономить цемент, битум, а также сокращать сроки строительства и увеличивать продолжительность эксплуатации зданий и сооружений [15, 16].

В силу причин, изложенных выше, во Вьетнаме также придерживаются мировой тенденции использования искусственного дробленого песка для замены природного при изготовлении бетонов и строительных растворов, чему уделяется большое внимание со стороны государства и местных властей. Вьетнамские стандарты TCVN 9205:2012 [17] и TCVN 9382:2012 [18] содержат технические требования к дробленому песку и регламентируют его использование в бетонах и строительных растворах. Качество сырья для его получения на территории Вьетнама неодинаковое, что влияет на качество производимого искусственного песка в отдельных регионах страны.

За последние годы вьетнамские ученые провели большое количество исследований по изучению эксплуатационных свойств бетонов, полученных при замене природного песка искусственным. Целью экспериментов было оценить возможности применения каткового уплотнения таких бетонов в ходе строительства



Рис. 2. Производство дробленого песка по технологии мокрого измельчения

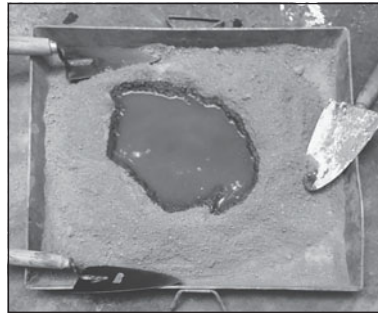


Рис. 3. Приготовление смеси для строительного раствора с использованием природного и дробленого песков



Рис. 4. Крупный дробленый песок

Зерновой состав дробленого песка по стандарту TCVN 9205

Размер отверстий контрольных сит, мм	Суммарный остаток дробленого песка на сите, % по массе	
	крупный	мелкий
2,5	0–25	0
1,25	15–50	0–15
0,63	35–70	5–35
0,315	65–90	10–65
0,14	80–95	65–85

плотин гидроэлектростанций, автомобильных дорог и других объектов [4, 5, 8, 11].

Учитывая тот факт, что запасов природного песка становится все меньше и удовлетворять потребности строительства в мелком заполнителе будет сложно, использование искусственного песка — эффективное решение для экономии истощаемых природных ресурсов. Кроме того, это будет способствовать сокращению незаконной добычи природного песка, которая губительно действует на окружающую среду и вызывает эрозию берегов рек.

Производство дробленого песка во Вьетнаме

Для получения дробленого песка подходят различные горные породы, обладающие достаточной прочностью, например, известняк, гранит, базальт, песчаник, а также речная и морская галька, бетонный лом сносимых зданий и сооружений.

Процедура сравнения свойств природного и искусственного песков достаточно трудоемкий процесс, требующий проведения экспериментальных исследований по многим характеристикам их качества.

В настоящее время для производства дробленого песка применяют две основные технологии.

Сухое измельчение требует использования исходных сырьевых материалов, обладающих высокой чистотой при незначительном содержании примесей. В результате производственного процесса получают два компонента: песок и более мелкий порошок.

Мокрое измельчение (рис. 2) менее требовательно к чистоте сырья, поскольку примеси в виде глины, гумуса и других органических загрязнений удаляются в процессе промывки образующегося песка, в результате чего получается чистый конечный продукт, обеспечивающий надлежащее качество бетона.

Основные требования к дробленому песку

Искусственный песок имеет размеры зерен, аналогичные размерам зерен природного кварцевого песка. В результате дробления исходного сырья образующийся песок гарантированно соответствует предъявляемым к нему требованиям по физико-механическим показателям. Его можно смешивать в соответствующих пропорциях с природным песком при изготовлении бетонов и строительных растворов (рис. 3).

Получаемые дробленые пески должны отвечать техническим требованиям стандарта TCVN 9205:

- зерновой состав должен соответствовать стандартным модулям крупности;
- зерна должны иметь требуемую форму, округлость и гладкость;
- песок не должен содержать глину, перегной и другие органические примеси, негативно влияющие на схватывание бетонных и растворных смесей.

В зависимости от значения модуля крупности по стандарту TCVN 9205 дробленый песок разделяется на две основные группы:

- крупный песок с модулем крупности от 2 и до 3,3 (рис. 4);
- мелкий песок с модулем крупности от 0,7 до 2.

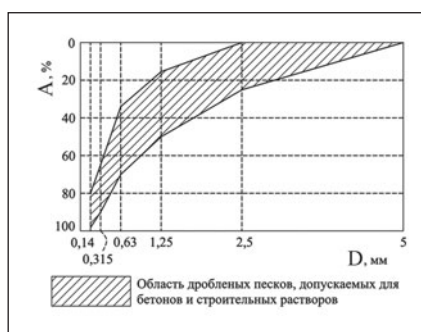


Рис. 5. Зерновой состав дробленого песка по TCVN 9205

В строительной практике Вьетнама крупный дробленый песок используют для получения как бетонов, так и растворов, а мелкий песок — только для строительных растворов.

Зерновой состав дробленых песков (рис. 5) по аналогии с природным кварцевым песком определяется путем просева пробы песка массой 1 кг на ситах стандартного набора (рис. 6) и нормируется стандартом TCVN 9205, требования которого представлены в таблице.

Кроме того, стандарт TCVN 9205 также содержит ряд других положений, а именно:

- частный остаток на сите не должен превышать 45 %;
- для бетонных конструкций, подвергающихся истиранию и

ударным нагрузкам, содержание частиц, проходящих через сито с размером отверстий 0,14 мм, не должно быть более 15 %;

- в зависимости от конкретных требований возможно применение дробленого песка с большим содержанием частиц, проходящих через сито с таким же размером отверстий, если при этом результаты испытаний не показывают снижения качества бетона.

Выводы

1. Стоимость производства дробленого песка во Вьетнаме составляет примерно половину от стоимости добываемого природного кварцевого песка. Однако, несмотря на ряд преимуществ дробленого песка, качество бетонов и строительных растворов, полученных с его использованием, уступает качеству бетонов и строительных растворов на природном кварцевом песке, что в настоящее время ограничивает внедрение дробленого песка для строительства во Вьетнаме (всего 10 % общего количества потребляемого мелкого заполнителя).

2. Поскольку дробленным песком нельзя полностью заменить



Рис. 6. Стандартный набор сит для просеивания пробы при определении зернового состава дробленого песка

природный кварцевый песок, то оптимальным решением станет применение их смесей с долей дробленого песка 30–40 % по массе.

3. Правительство Социалистической Республики Вьетнам в настоящее время предпринимает ряд законодательных мер, в том числе разрабатываются соответствующие нормативные акты и регламентирующие документы, направленные на более широкое внедрение искусственного песка в строительстве взамен природного кварцевого песка в связи с истощением его ресурсов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Коровкин М. О., Шестернин А. И., Ерошкина Н. А. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона // Инженерный вестник Дона. 2015. № 3. С. 85–95.
1. Korovkin M. O., Shesternin A. I., Yeroshkina N. A. Use of crushed concrete scrap as a filler for self-compacting concrete. *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2015, no. 3, pp. 85–95. (In Russ.).
2. Загер И. Ю., Яшинькина А. А., Андропова Л. Н. Сравнительная оценка продуктов дробления горных пород месторождений нерудных строительных материалов Ямало-Ненецкого АО // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 84–86.
2. Zager I. Yu., Yashin'kina A. A., Andronova L. N. Comparative assessment of rock crushing products from deposits of non-metallic building materials of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *Stroitel'nyye materialy*, 2011, no. 5, pp. 84–86. (In Russ.).
3. Le Viet Dung, Tong Ton Kien, Do Trong Thanh, Nguyen Ba Lam. Experimental study to evaluate the possibility of using crushed stone of limestone origin for reinforced concrete columns [Экспериментальное исследование по оценке возможности использования щебня известнякового происхождения для железобетонных колонн]. *Journal of Construction Science and Technology (Science and Construction)*. University of Science and Technology, 2021, no. 3B, pp. 93–103. (In Viet.).
4. Bach Dinh Thien. An artificial aggregate used in concrete works [Искусственный заполнитель, используемый в бетонных работах]. *Construction magazine*, 2020, no. 11, pp. 25–28. (In Viet.).
5. Nguyen Hong Chuong, Phung Van Lu, Nguyen Manh Phat. Research on the use of sandstone in the production of low-cement concrete [Исследования по использованию песчаника в производстве малоцементных бетонов]. *Journal of Construction Science*

- and Technology, University of Civil Engineering, 2009, no. 3(1), pp. 11–19. (In Viet.).
6. Hoang Pham Dinh Huy, Nguyen Thanh Sang, Vu Ba Duc. Effect of recycled clay brick and waste concrete aggregate content on the mechanical properties of high-strength concrete [Влияние содержания вторичного заполнителя из обожженного глиняного кирпича и отходов бетона на механические свойства высокопрочного бетона]. *Journal of Transportation Science*, 2020, no. 8, pp. 944–955. (In Viet.).
 7. Wigum B. J., Danielsen S. W. *Production and utilisation of manufactured sand* [Производство и использование искусственного песка]. State-of-the-art report, COIN Project Report 12, 2009, Norway. 85 p.
 8. Еличев К. А., Сергеев М. О. Экспериментальная оценка свойств горных пород с целью возможности их использования для изготовления декоративных бетонных блоков // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. С. 179–185.
 8. Elichev K. A., Sergeyev M. O. Experimental assessment of the properties of rocks with a view to the possibility of their use for the manufacture of decorative concrete blocks. *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2019, no. 1, pp. 179–185. (In Russ.).
 9. Nguyen Van Doan. Using crushed sand to prepare concrete and mortar [Использование дробленого песка для приготовления бетона и строительного раствора]. *Collection of reports of the National Scientific and Technical Conference "Crushed stone replaces natural sand – Environmentally friendly materials"*. Ed. Construction, 2018, pp. 116–129. (In Viet.).
 10. Кузнецова Г. В. Известковое вяжущее для стеновых силикатных изделий из отсеков дробления горных пород // Строительные материалы. 2014. № 12. С. 34–37.
 10. Kuznetsova G. V. Lime binder for silicate wall products from rock-crushing screenings. *Stroitel'nyye materialy*, 2014, no. 12, pp. 34–37. (In Russ.).
 11. Hoang Hong Van, Ha Duy Hieu, Nguyen Manh Cuong et al. Study of the influence of artificial sand and natural sand mixture on the basic properties of concrete [Исследование влияния искусственного песка и природной песчаной смеси на основные свойства бетона]. *Scientific Journal on Architecture and Construction*, 2018, no. 11, pp. 90–94. (In Viet.).
 12. Tong Ton Kien, Tran Hoang Hanh, Cao Thi Huong. To explore the possibility of using sandstone products to replace natural sand in construction work [Исследования возможности использования изделий из песчаника для замены природного песка в строительных работах]. *Collection of reports of the National Scientific and Technical Conference "Crushed stone replaces natural sand Environmentally friendly materials"*. Ed. Construction, 2018, pp. 83–91. (In Viet.).
 13. Некрасова С. А., Хамидулина Д. Д. Мелкозернистый бетон на основе дробленого песка для дорожного строительства // В сб. «Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура», 2003. С. 173–174.
 13. Nekrasova S. A., Khamidulina D. D. Fine-grained concrete based on crushed sand for road construction. *Dorozhno-transportnyy kompleks, ekonomika, ekologiya, stroitel'stvo i arkhitektura*, 2003, pp. 173–174. (In Russ.).
 14. Еличев К. А., Петровнина И. Н., Козицын В. С., Андрияхина Е. О. Исследование свойств заполнителей из горных пород для производства декоративного бетона // Инженерный вестник Дона. 2022. № 5. С. 422–432.
 14. Elichev K. A., Petrovnina I. N., Kozitsyn V. S., Andryukhina Ye. O. Study of the properties of rock aggregates for the production of decorative concrete. *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2022, no. 5, pp. 422–432. (In Russ.).
 15. Ilangovana R., Mahendrana N., Nagamanib K. Strength and durability properties of concrete containing quarry rock dust as fine aggregate [Прочностные и долговечные свойства бетона, содержащего в качестве мелкого заполнителя каменную пыль]. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2008, vol. 3(5), pp. 20–26.
 16. Mundra S., Sindhi P. R., Chandwani V. Et al. Crushed rock-sand an economical and ecological alternative to natural sand to optimize concrete mix [Песок, полученный дроблением щебня, – экономичная и экологическая альтернатива природному песку для оптимизации бетонной смеси]. *Perspectives in Science*, 2016, vol. 8, pp. 345–347.
 17. TCVN 9205:2012. *Crushed sand for concrete and mortar* [Дробленый песок для бетона и раствора]. (In Viet.).
 18. TCVN 9382:2012. *Technical guidelines for the selection of concrete components using crushed sand* [Технические указания по подбору компонентов бетона с использованием дробленого песка]. (In Viet.).