

# СТРОИТЕЛЬСТВО. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

УДК 625.855(597)

## ПРИМЕНЕНИЕ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ ЩЕБНЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Нгуен Дык Ши\**, *Нгуен Ван Лонг\*\**

*\*Данангский университет технологии и образования (г. Дананг, Вьетнам)*

*\*\*Хошиминский университет транспорта (г. Хошимин, Вьетнам)*

В статье обоснована необходимость исследования возможности применения отсева дробления щебня в бетоне для устройства покрытия автомобильных дорог. Приведены результаты экспериментального исследования влияния содержания отсева дробления щебня на прочностные характеристики бетона класса В22.5. Результаты лабораторных испытаний показывают, что бетон В22.5 с содержанием отсева щебня от 25 % до 100 % по массе песка удовлетворяет требованиям для устройства покрытия автомобильных дорог III категории и ниже по 22TCN223-95 [12] и сельских дорог всех категорий по 4927/QĐ-BGTVT [13]. Предложены конструкции жестких дорожных одежд сельских дорог с плитами из бетона В22.5 с содержанием отсева щебня 100 % по массе песка.

**Ключевые слова:** цементобетонное покрытие, отсев дробления щебня, прочность на растяжение, прочность на сжатие, модуль упругости.

## USING WASTE OF RUBBLE CRUSING IN CEMENT CONCRETE PAVEMENT CONSTRUCTION

*Nguyen Duc Sy\**, *Nguyen Van Long\*\**

*\* Danang University of Technology and Education (Danang city, Viet Nam)*

*\*\*Ho Chi Minh City University of Transport (Ho Chi Minh city, Viet Nam)*

The article shows the necessity of studying the possibility of using stone dust in a mixture of concrete for road surface. Research result of the mechanical properties of concrete mixtures with various stone dust content corresponding to the concrete grade B22.5. The experimental results show that concrete with grade B22.5 with stone dust content instead of sand of 25% to 100% is satisfactory for surface road level III or lower according to 22TCN223-95 [12] and for all levels of rural transportation road according to 4927/QĐ-BGTVT [13]. Recommendation of hard surfaced pavement structure for rural transportation with concrete grade B22.5 using 100% stone dust to replace sand.

**Keywords:** cement concrete pavement, waste of rubble crushing, tensile strength, compressive strength, elastic modulus.

Развитие дорожно-транспортной инфраструктуры играет важную роль в развитии экономики, культуры, политики и общества, особенно в сельских местностях. Как отмечено раньше в своей работе [1], большая часть территории Вьетнама занимает сельская местность, где проживают 65,4 % жителей страны. С целью развития местной дорожно-транспортной инфраструктуры в последние годы во Вьетнаме проводили процесс бетонирования сельских дорог. Широкое применение в дорожном строительстве бетон получил, благодаря многим своим преимуществам, перечисленным в [1] по сравнению с другими видами покрытий. Однако при изготовлении традиционного бетона требуется большое количество песка.

Поэтому в последние годы процесс добычи песка для производства бетона происходит очень сложно, и руководство этой деятельности по-прежнему ограничено, легко вызывает оползни речных берегов, осадки и загрязнение окружающей среды.

Кроме того, при производстве щебня фракции 10–20 мм для традиционного бетона сбрасывается в окружающую среду большое количество смеси песчаной фракции размером от 0,14 до 5 мм (рис. 1) и пылевой составляющей, что приводит к негативным воздействиям на неё, а также наносит значительные расходы карьерных предприятий на планирование свалки. Таким образом, исследование возможности применения отходов дробления щебня в качестве мелкого заполнителя в бетоне является актуальной задачей.



Рис. 1. Отходы при дроблении щебня

По данным исследований [2, 3], применение отходов дробления щебня в цементобетонных покрытиях уменьшает негативное воздействие на окружающую среду, решает проблему дефицита песка, а также снижает стоимости строительства автомобильных дорог. Это происходит в связи с сокращением расхода крупного заполнителя на 40–60 %, природного песка – на 30–50 %, снижением транспортных расходов и может составить 6–7,5 тыс. руб. на 1 км покрытия [4].

В данной статье приведены результаты экспериментального исследования влияния количества отсевов щебня на прочностные характеристики бетона. На основе этого исследования рекомендовано использовать бетон с отсевами щебня для устрой-

ства покрытия автомобильных дорог. Чтобы достичь поставленной цели, авторами были проведены лабораторные испытания бетона при изменении количества отсевов щебня.

В результате анализа научных работ и использования методов планирования эксперимента [2, 3, 4] построена программа исследования следующим образом: исследуемый бетон класса В22.5 (М300); выбранные содержания отсева щебня по массе песка: 0 % (обычный бетон), 25 %, 50 %, 75 % и 100 %.

При испытании были использованы следующие исходные материалы: отсев щебня (ОЩ) из каменного карьера Хоа Ан провинции Бинь Фюок, гранулометрический состав и технические характеристики которого приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Гранулометрический состав отсевов дробления щебня

Размер ячеек сит, мм	Полные остатки, г	Полные остатки, %
5	420	19.4
2.5	1018	47.1
1.25	1269	58.7
0.63	1542	71.3
0.315	1820	84.2
0.14	1966	90.9
< 0.14	2156	99.7
Сумма	2162	100

Таблица 2

Технические характеристики и свойства отсева щебня

Характеристики и свойства	Вел.
Глинистые примеси, %	0
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	2.708
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	1.413
Модуль крупности	3,52

- Щебень (Щ) из каменного карьера Хоа Ан провинции Бинь Фюок в соответствии с требованиями TCVN 7570-2006 [5].

- Песок (П) из песчаного карьера провинции Ан Жанг, имеющий модуль крупности  $M_k=2.38$  и соответствующий требованиям TCVN 7570-2006 [5].

- Цемент РСВ40 в соответствии с требованиями TCVN 6260–2009 [6].

Состав бетона был проектирован по [7]. По требованию 1951/QĐ-BGTVT [8], была выбрана величина осадки конуса бетонной смеси 4–6 см. Весовая пропорция компонентов для 1м<sup>3</sup> бетона класса В22.5 приведен в таблице 3. При повышении содержания отсева щебня в бетон модуль крупности смеси ОЩ-П увеличивается, а её удельная поверхность уменьшается, что приводит к снижению количества цемента и воды.

Таблица 3

Состав бетона В22.5 с различными содержаниями отсева щебня

Смеси	ОЩ – 100 %	ОЩ – 75 %, П – 25 %	ОЩ – 50 %, П – 50 %	ОЩ – 25 %, П – 75 %	П – 100 %
Ц, кг	377,5	377,5	388	388	398,5
ОЩ– П, кг	674,3	648,6	606,2	580,3	538,3
Щ, кг	1221,9	1241,8	1256,2	1277,3	1292,6
В, л	180	180	185	185	190

Были произведены лабораторные испытания определения осадков конуса бетонных смесей. Результаты испытаний, приведенные в таблице 4,

свидетельствуют о том, что осадка проектируемых смесей находится в выбранных пределах значений и удовлетворяет требованиям 1951/QĐ-BGTVT [8].

Таблица 4

Осадка конуса бетонных смей

№	Смеси	Осадка конуса
1	ОЩ - 100 %	4,4
3	ОЩ - 75 %, П - 25 %	4,2
5	ОЩ - 50 %, П - 50 %	4,5
7	ОЩ - 25 %, П - 75 %	4,4
9	П - 100 %	4,5

При испытаниях на определение прочности на сжатие и модуля упругости бетона с отсевами щебня были использованы цилиндрические образцы диаметром 150 мм и высотой 300 мм, а на растяжение - образцы-призмы размерами 150×150×600 мм.

Лабораторные образцы твердели в нормальных условиях, при температуре  $t=18\pm 3^{\circ}\text{C}$  и влажности 100 % в течение 28 суток. После набора прочности

образцы хранились в воздушно сухих условиях. Лабораторные испытания на определение прочности на сжатие, прочности на растяжение и модуля упругости бетона были проведены в соответствии с требованиями [9], [10] и [11] соответственно.

Результаты испытаний приведены в таблице 5 и на рис. 2-4.

Таблица 5

Прочностные характеристики бетона

Смеси	$R_{ж}, \text{MPa}$	$R_{рас}, \text{MPa}$	$E, 10^4 \text{MPa}$
ОЩ - 100 %	30,94	4,01	2,17
ОЩ - 75 %, П - 25 %	32,04	4,12	3,21
ОЩ - 50 %, П - 50 %	32,69	4,17	3,42
ОЩ - 25 %, П - 75 %	33,06	4,20	3,26
П - 100 %	33,54	4,22	3,62

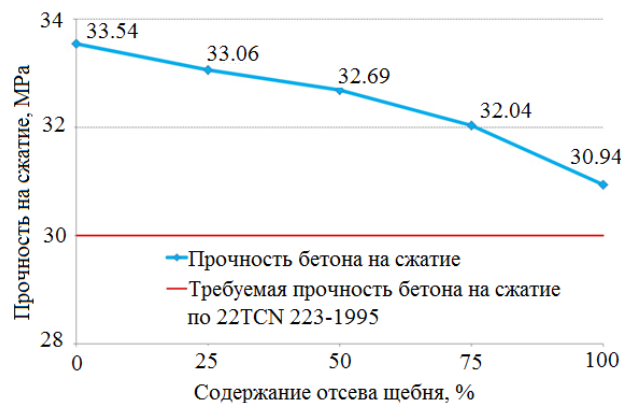


Рис. 2. Зависимость прочности бетона В22.5 на сжатие от содержания отсева щебня

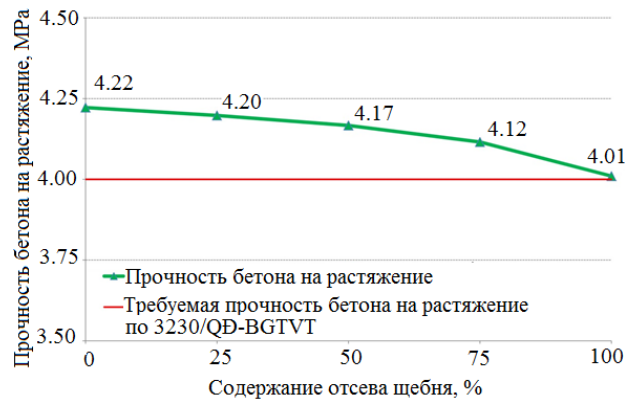


Рис. 3. Зависимость прочности бетона В22.5 на растяжение от содержания отсева щебня

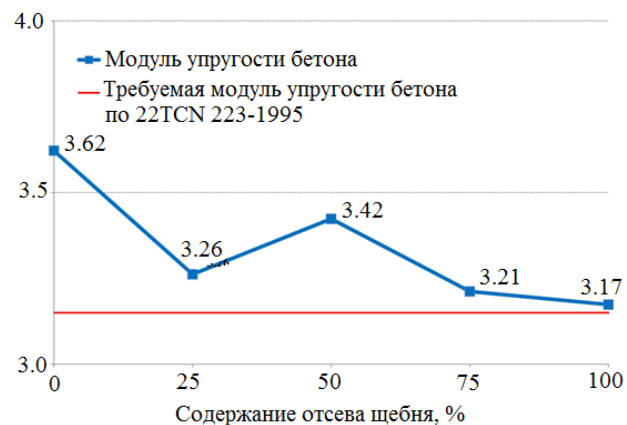


Рис. 4. Зависимость модули упругости бетона В22.5 от содержания отсева щебня

Результаты лабораторных испытаний показывают, что:

- при увеличении содержания отсева щебня модуль крупности смеси ОЩ-П увеличивается, а её удельная поверхность уменьшается, что приводит к ухудшению несущей способности структуры бетона. В результате этого прочностные характеристики бетона В22.5 уменьшаются;
- прочностные характеристики бетона В22.5 с содержанием отсева щебня от 25 % до 100 % по массе песка удовлетворяют требованиям, предъявляемым к бетонам, применяемым для устройства покрытия автомобильных дорог III категории и ниже по 22ТСН223-95 [12] и сельских дорог всех категорий по 4927/ҚӘ-ВГТҮТ [13];
- требуемое количество цемента уменьшается на 2–5 %, что приводит к снижению стоимости производства бетона (таблица 3).

На основе полученных данных, авторами рекомендовано применить бетон В22.5 с содержанием отсева щебня 100 % по массе песка для устройства покрытия автомобильных дорог III категории и ниже по 22ТСН223-95 [12] и сельских дорог всех категорий по 4927/ҚӘ-ВГТҮТ [13].

Авторами были предложены конструкции жестких дорожных одежд сельских дорог с плитами из бетона класса В22.5 (М300) с отсевами щебня:

- сельские дороги категории А: Конструкция дорожных одежд рассчитывается на осевую нагрузку 6т. (рис. 5);
- сельские дороги категории В: конструкция дорожных одежд рассчитывается на осевую нагрузку 2,5 т. (рис. 6);
- конструкции сельских дорог категорий С и В приведены на рис. 7–8.

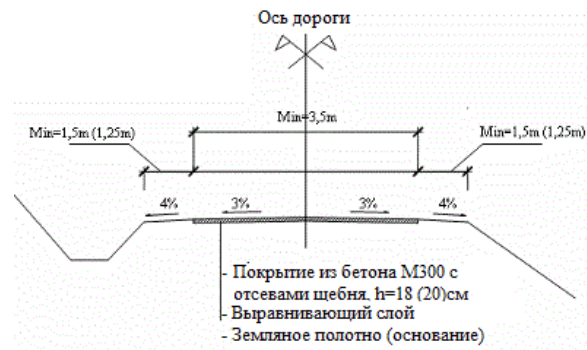


Рис. 5. Конструкция дорожных одежд сельских дорог категории А

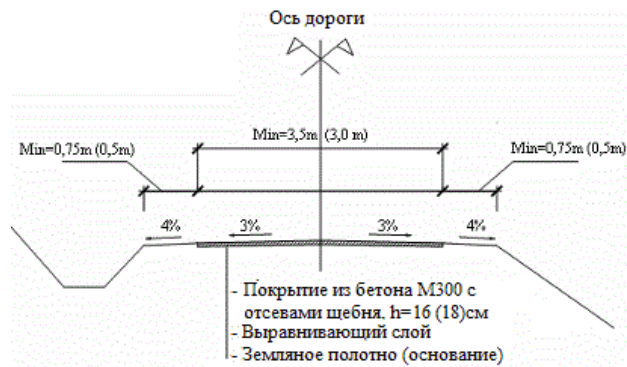


Рис. 6. Конструкция дорожных одежд сельских дорог категории В

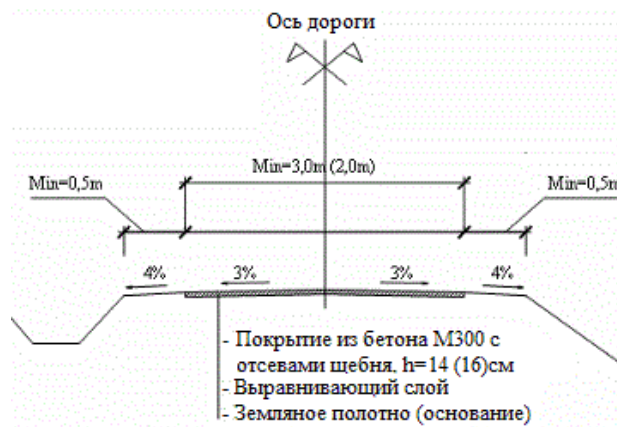


Рис. 7. Конструкция дорожных одежд сельских дорог категории С

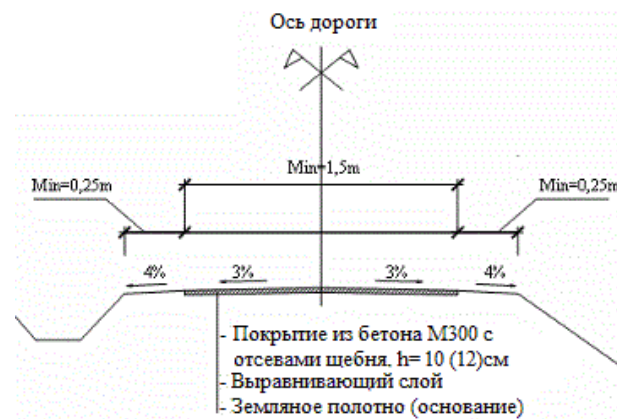


Рис. 8. Конструкция дорожных одежд сельских дорог категории D

**Выводы**

1. Обоснована необходимость исследования возможности применения отсева дробления щебня в бетоне для устройства покрытия автомобильных дорог.
2. При увеличении содержания отсева щебня прочностные характеристики бетона В22.5 уменьшаются.
3. Доказана возможность применения бетона В22.5 с содержанием отсева щебня от 25 % до 100 % по массе песка для устройства покрытия автомобильных дорог III категории и ниже по 22TCN223-

95 [12] и сельских дорог всех категорий по 4927/QĐ-BGTVT [13].

4. Предложено применение бетона В22.5 с содержанием отсева щебня 100 % по массе песка для устройства покрытия автомобильных дорог III категории и ниже по 22TCN223-95 [12] и сельских дорог всех категорий по 4927/QĐ-BGTVT [13].

5. Предложены конструкции жестких дорожных одежд сельских дорог с плитами из бетона В22.5 с отсевами щебня.

**Список литературы**

1. Нгуен Ван Лонг, Нгуен Дык Ши. Обоснование возможности применения сталефибробетона для устройства покрытия сельских дорог // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань, 2017. № 3 (21). С. 35–39.
2. Nguyễn Thanh Sang, Trần Lê Thăng, Nghiên cứu sử dụng đá mặt thải từ mỏ đá làm cốt liệu cho bê tông cát.
3. Phạm Thế Hiệp (2014), Thực nghiệm sử dụng đá nghiền làm cốt liệu mịn trong sản xuất bê tông tại công ty VLXD 1828, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật.
4. Методические рекомендации по применению отсевов дробления гороблагодатского рудоуправления для строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов. Союздорнии. М., 1985.
5. TCVN 7570:2006. Cốt liệu cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật.
6. TCVN 6260:2009 - Tiêu chuẩn xi măng Poóc lăng Hồn hợp.
7. Quyết định 778/1998/QĐ-BXD ngày 04/09/1998. Ban hành Chỉ dẫn kỹ thuật Ngành Xây dựng.
8. Quyết định 1951/QĐ-BGTVT ngày 17 tháng 8 năm 2012. Quyết định ban hành quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông.
9. TCVN 3118:1993. Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ chịu nén.
10. TCVN 3119:1993. Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn.
11. TCVN 5276:1993. Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ lắng trụ và mô đun đàn hồi khi nén tĩnh.
12. 22TCN 223-95 Áo đường cứng đường ô tô - Tiêu chuẩn thiết kế
13. Quyết định số 4927/QĐ-BGTVT về việc ban hành "Hướng dẫn lựa chọn quy mô kỹ thuật đường giao thông nông thôn phục vụ chương trình mục tiêu quốc gia về xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2010-2020".

© Нгуен Дык Ши, Нгуен Ван Лонг

**Ссылка для цитирования:**

Нгуен Дык Ши, Нгуен Ван Лонг. Применение отсевов дробления щебня для строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. № 1 (23). С. 16–21.