

## **Щебень из цементогранулята в дорожном строительстве**

Ковалев Д.М., Зиневич С.И., Каюмов А.  
Белорусский национальный технический университет

*Использование вторичного сырья при выполнении дорожных строительно-ремонтных работ позволяет значительно снизить затраты на выполнение этих работ, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Анализ возможности использования цементогранулята (продукта переработки различных поврежденных железобетонных изделий) для дорожных работ выполнен в статье «Цементогранулят как альтернатива природному сырью» (авторы Реут Ж.В. и др.) [1] позволил сделать авторам вывод о возможности использования цементогранулята вместо природных гравийных смесей. В настоящей статье изучается вопрос возможности использования цементогранулята как заменителя щебня при устройстве дорожных одежд.*

### **Стандартные испытания цементогранулята**

Для того что бы сделать заключение о возможности использования цементогранулята вместо щебня из горных пород при устройстве дорожных одежд, были выполнены стандартные испытания этого материала.

Зерновой состав и модуль крупности цементогранулята были определены в выше указанной статье авторов Реут Ж.В., Зиневич С.И., Ковалев Д.М. В данной работе определяли следующие характеристики материала: насыпная плотность, плотность зерен, пустотность и дробимость.

#### *Определение насыпной плотности*

Насыпную плотность определяли путем взвешивания определенного объема цементогранулята в воздушно-сухом состоянии в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 П 4.17 [2] по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V},$$

где  $m$  – масса мерного цилиндра, г;  
 $m_1$  – масса мерного цилиндра с цементогранулятом, г;  
 $V$  – объем мерного цилиндра, см<sup>3</sup>.  
 Результат испытания приведен в таблице 1.

Таблица 1. Определение насыпной плотности цементогранулята

Наименование материала	Объем цилиндра, см <sup>3</sup>	$m$ , г	$m_1$ , г	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Средняя насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>
Цементогранулят фракции 5-20	10000	1545,0	15455	1,391	1,391
		1545,0	15462	1,391	

*Определение плотности зерен цементогранулята*

Среднюю плотность зерен цементогранулята в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 П 4.16.1 [2] определяли по формуле:

$$\rho_3 = \frac{m}{m_1 - m_2} \cdot \rho_6$$

Где  $m$  – масса пробы в сухом состоянии, г;  
 $m_1$  – масса пробы в насыщенном водой состоянии на воздухе, г;  
 $m_2$  – масса пробы в насыщенном водой состоянии в воде, г;  
 $\rho_6$  – плотность воды, г/см<sup>3</sup>.

Результат испытания приведен в таблице 2.

Таблица 2. Определение средней плотности зерен цементогранулята

Наименование материала	Плотность воды, г/см <sup>3</sup>	$m$ , г	$m_1$ , г	$m_2$ , г	Плотность зерен, г/см <sup>3</sup>	Средняя плотность зерен, г/см <sup>3</sup>
Цементогранулят фракции 5-20	1	1000,0	1095,3	703,4	2,551	2,549
		1000,0	1093,7	701,2	2,548	

### Определение пустотности

Пустотность определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений средней плотности зерен и насыпной плотности цементогранулята в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 П 4.16.2 [2].

Пустотность цементогранулята, % по объему, определяют по формуле

$$V_{\text{пор}} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_z}\right) \cdot 100$$

Где  $\rho_n$  - насыпная плотность цементогранулята, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_z$  - средняя плотность зерен цементогранулята, г/см<sup>3</sup>.

Результат расчета приведен в таблице 3.

Таблица 3. Определение пустотности цементогранулята

Наименование материала	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Плотность зерен, г/см <sup>3</sup>	Пустотность цементогранулята, %
Цементогранулята фракции 5-20	1,391	2,549	45,43

### Определение дробимости

Дробимость щебня (гравия) определяют по степени разрушения зерен при сжатии (раздавливании) в цилиндре в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 П4.8 [2]. Испытание производилось на цементогрануляте фракции 5-20. Согласно требованиям, он был рассеян на 2 более узких фракции 5-10 и 10-20. Каждая фракция была испытана отдельно.

Дробимость  $D_p$ , определяют с точностью до 1 % по формуле:

$$D_p = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100,$$

где  $m$  масса испытываемой пробы щебня (цементогранулята), г;

$m_1$  масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы (цементогранулята), г.

Результат расчета приведен в таблице 4

Таблица 4. Определение дробимости цементогранулята

Наименование материала	Контрольные сита, мм	m, г	m <sub>1</sub> , г	Др, %	Марка по дробимости
Цементогранулят фракции 5-10	1,25	317,47	256,44	19,22	600
Цементогранулят фракции 10-20	2,5	285,34	237,55	16,75	600

Из приведенных выше данных можно сделать вывод, что цементогранулят соответствует требованиям, предъявляемым к щебню, для устройства дорожных одежд автомобильных дорог.

На взгляд авторов, использование цементогранулята особенно может быть востребовано при строительстве и реконструкции местных дорог. В настоящее время, как известно, выполняется программа «поднятия» уровня местных дорог, а это около 70 тысяч километров и потребуется огромное количество дорожно – строительных материалов. Использование вторичных ресурсов позволит не только снизить затраты на строительство, но и уменьшит негативное их воздействие на окружающую среду.

### Литература

1. Цементогранулят как альтернатива природному сырью / Ж. В. Реут, С. И. Зиневич, Д. М. Ковалев // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – с. 65-70
2. ГОСТ 8269.0–97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.