

Морозостойкость цементогрунта в зависимости от степени его водонасыщения и температуры замораживания

Ходжамуродов С.К.¹, Джумаев Д.С.², Саидов Ф.Х.³

¹Ходжамуродов Сафар Кавракович / Khojamurodov Safar Kavrakovich – кандидат технических наук, старший научный сотрудник,

кафедра производства строительных материалов, технологии и организации строительства,
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими;

²Джумаев Джамиед Сатторович / Jumaev Jamshed Sattorovich – соискатель,
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии, Академия наук Республики Таджикистан;

³Саидов Фаизиддин Хаκριзович / Saidov Faiziddin Khakrizoevich – соискатель,
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии, Академия наук Республики Таджикистан,
г. Душанбе, Республика Таджикистан

Аннотация: в статье приведены результаты проведенных исследований морозостойкости цементогрунта в зависимости от степени его водонасыщения и температуры замораживания. Определено, что степень заполнения пор водой является доминирующей при определении морозостойкости цементогрунта, а также при снижении скорости замораживания наблюдается повышение морозостойкости цементогрунта.

Ключевые слова: цементогрунт, водонасыщение, температура, морозостойкость, замораживание, прочность.

В результате проведенных исследований был изучен процесс влияния степени водонасыщения, а также температуры замораживания цементогрунта на его морозостойкость. Исследования проводили на обломочных грунтах различного зернового и петрографического состава. Краткая характеристика физико-механических свойств исследуемых грунтов приведена в табл. 1.

При укреплении обломочных грунтов применяли портландцемент Душанбинского цементного завода марки М300, удовлетворяющий требованиям (ГОСТ 10178-62).

Для определения морозостойкости и изменения прочностных свойств обломочных грунтов, укрепленных цементом, готовили две серии образцов-цилиндров диаметром и высотой 10 см. Приготовление и выдерживания образцов проводили по методике, известной в научной литературе [2-4]. Первую серию образцов из смесей №3, 6, 9 и 11, укрепленных 6% цемента, после 28 суток твердения и трехсуточного насыщения водой испытывали на морозостойкость при одинаковой скорости замораживания до температуры 0, -5, -15°С. Контроль за температурой в центре образцов осуществляли при помощи термистров сопротивления, закладываемых в образцы по методу автора. Для достижения указанной температуры образцы выдерживали соответственно 2; 3,5 и 6,5 ч.

Таблица 1. Краткая характеристика физико-механических свойств исследуемых грунтов

№ Смеси	Вид грунта	Класс прочности по износу в барабане (ГОСТ 8267-64)	Содержание, % по весу, частицы размером, мм			Предел текучести, %
			меньше 2,5	меньше 0,63	меньше 0,071	
3	Песчаный	-	85	60	3	10,3
5	Гравийный	3	25	15	5	16,3
6	Гравийный	3	55	37	23	20,6
9	Щебенистый карбонатных пород	5	53	35	23	21,2
11	Щебенистый изверженных пород	1	25	16	5	15,0

Примечание:

1. В смеси 3 использован песок с содержанием карбонатных частиц 30-32%.

2. Смеси 5 и 6 содержит около 24% изверженных и около 76% прочных карбонатных горных пород.

При замораживании до 0 и -5°С образцы за 1 сутки проходили два цикла испытаний. Вторую серию образцов из смесей № 3, 6, и 9, обработанных 4 и 8% цемента, тоже после 28 суток твердения насыщали водой под вакуумом. В холодильную камеру образцы помещали при начальной температуре -5°С, которую затем понижали -10, -20°С. Температура -10°С была достигнута через полчаса, -20°С. - через полтора-два часа. При этом образцы выдерживали до максимального замерзания воды в порах (8 и 6,5 ч).

Образцы двух серий испытывали на морозостойкость 10, 25 и 50 циклов замораживания-оттаивания. Оттаивание проводили при комнатной температуре. Для того чтобы в течение всего срока испытания влажность цементогрунта сохранялась постоянной, образцы помещали в резиновые мешки. Для сравнения результатов испытания часть образцов-близнецов хранили в воздушно-влажной среде. Оценку морозостойкости проводили по прочности на растяжение при расколе, поскольку этот метод более полно (в отличие от показателя прочности сжатия) характеризует работу каменного материала (скелетной части) и дисперсных частиц, склеенных цементом. В табл. 2 приведены данные зависимости (степени) заполнения пор водой (%) в цементогрунте от вида смеси, расхода цемента и способа увлажнения.

Таблица 2. Заполнения пор водой (%) в цементогрунте в зависимости от вида смеси, расхода цемента и способа увлажнения

№ смеси	Расход цемента, % веса	Оптимальная влажность	Капиллярное водонасыщение	Водопоглощение	Оттаивание в воде после замораживания	Под вакуумом
3	6	57	70	87	93	98
6	4	54	66	79	90	97
	6	60	68	73	89	95
	8	66	70	73	93	97
9	4	57	67	77	80	85
	6	65	70	78	83	88
	8	75	78	87	94	97

Обследование дорожных оснований показало, что в весенний или осенний периоды заполнение пор цементогрунта водой не превышает 80%.

Из табл. 2 видно, что при увлажнении цементогрунта при водопоглощении и под вакуумом поры его заполняются водой соответственно на 10-30 и 20-35% больше, чем при оптимальной влажности. Результаты исследований приведены на рис. 1 и 2.

Данные рис. 1 показывают, что при заполнении пор водой на 73÷87% (после водопоглощения) температура замораживания образца до 0, -5, -15°C влияет на изменение прочностных показателей цементогрунта. Так, при испытании до 10 циклов замораживания-оттаивания в смесях №3, 6, 9 и 11, растет прочность цементогрунта до 30% по сравнению с образцами эквивалентного возраста, не подвергавшихся испытанию. Объясняется это тем, что в цементогрунте происходит рост структурных связей за счет негидратированного цемента. При этом прочность на растяжение образцов из смесей, укрепленных 6% цемента, после 10 циклов резко снижается, потому что процесс разрушения структурных связей от действия мороза протекает быстрее, чем образование новых связей. Как показали исследования, прочность цементогрунта после 50 циклов замораживания-оттаивания остается достаточно высокой (0,3-0,7 МПа), а потеря в весе незначительна (не более 0,8%). Величина температуры замораживания после 50 циклов существенно не влияет на процесс разрушения структурных связей.

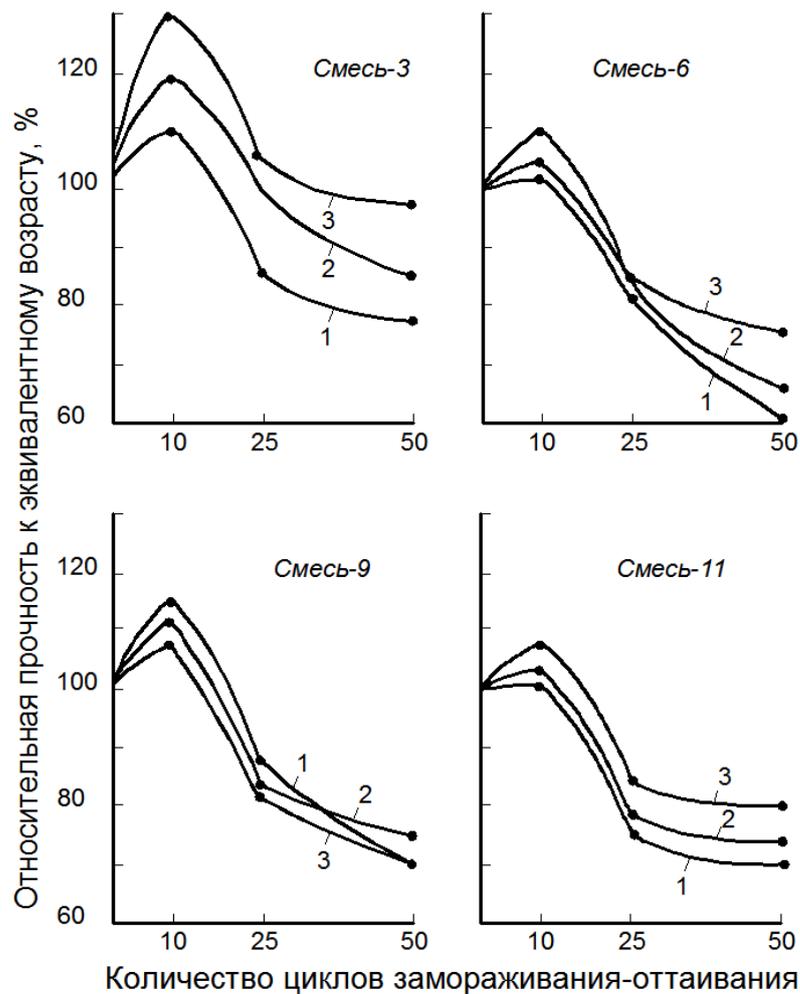


Рис. 1. Изменение относительной прочности цементогрунта в зависимости от температуры и количества циклов замораживания (после водопоглощения).
 Температура замораживания в центре образца: 1) -15°C ; 2) -5°C ; 3) $0/(-1)^{\circ}\text{C}$

Характер процесса разрушения образцов из смесей №3, 6 и 9, укрепленных 4, 6 и 8% цемента, насыщенных водой под вакуумом (заполнение пор водой на 87-98%) и замораживаемых при температуре -10 и -20°C , приведен на рис. 2, из которого видно, что образцы из цементогрунта начинают разрушаться, как правило, с первого цикла испытания. Исключение составляют образцы из смеси №6 и 9, укрепленные 8% цемента, которые при испытании до 25 циклов замораживания при температуре -10°C повысили прочность в среднем на 3-5% по отношению к образцам, не подвергавшимся замораживанию.

После 25 циклов замораживания при температуре -20°C образцы из смесей №3, 6 и 9, укрепленные 4-8% цемента, понизили прочность соответственно на 37-60 и 15-20%. Объясняется это тем, что процесс разрушения в этом случае происходит значительно быстрее, чем образование новых структурных связей, возникающих за счет негидратированного цемента. Причем процесс разрушения цементогрунта при замораживании происходит вследствие постепенного накопления деформации с каждым новым циклом испытания. При этом опыты показали, что с уменьшением первоначальной температуры промораживания морозостойкость цемента-грунта повышается.

а)

б)

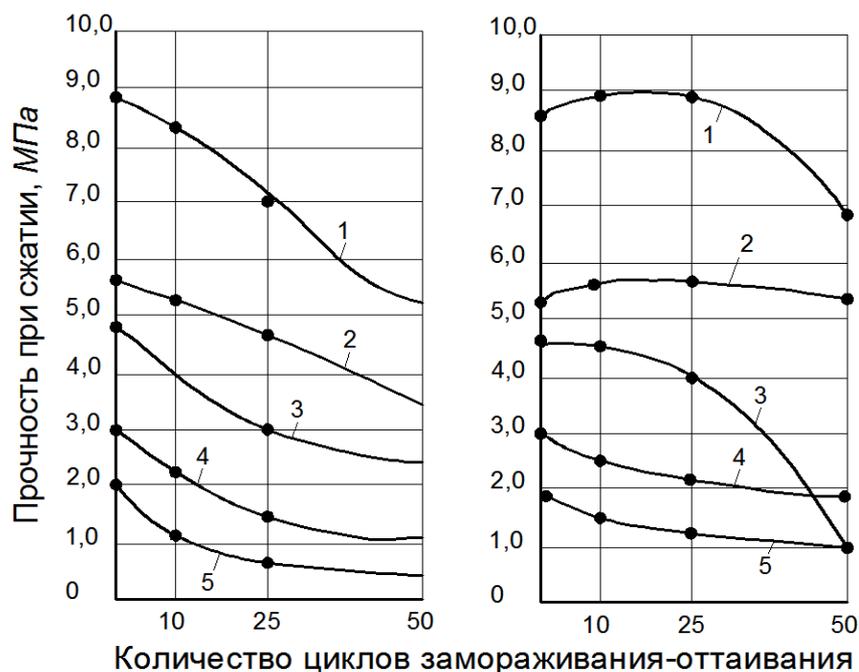


Рис. 2. Изменение прочности цементогрунта в зависимости от температуры и количества циклов замораживания (после увлажнения под вакуумом). а – температура воздуха -20°C (в центре -15°C); б – температура воздуха -10°C (в центре -6°C); 1 – смесь №9, 8% цемента; 2 – смесь №6, 8% цемента; 3 – смесь №9, 4% цемента; 4 – смесь №3, 6% цемента; 5 – смесь №6, 8% цемента

Согласно ранее проведенным исследованиям [1-4] считается, что 25 циклов лабораторных испытаний на морозостойкость эквивалентны 10-20 годам службы бетона в суровом климате при контакте с водой. Дорожные же основания из цементогрунта, построенные с соблюдением действующих технических условий, должны служить 10-20 лет. Это дает основание утверждать, что обломочные материалы, укрепленные цементом и выдержавшие после водопоглощения не менее 25 циклов замораживания-оттаивания, являются долговечными, если прочность их не понизилась более чем на 30%.

Результаты проведенных исследований привели к нижеследующим выводам:

1. При определении морозостойкости цементогрунта, доминирующим фактором по отношению температуры его замораживания является степень заполнения пор водой.

2. Скорость замораживания цементогрунта находится в обратной пропорциональности от его морозостойкости: при снижении скорости замораживания морозостойкость цементогрунта повышается.

3. При изменении величины степени заполнения пор водой в пределах 73-87%, величины температуры замораживания, частоты и количество циклов имеют ничтожно малое влияние на характер изменения относительной прочности цементогрунта.

4. При оценке морозостойкости грунтоцемента следует учитывать реальную картину его использования на практике. Например, в дорожных основаниях в весенний и осенний периоды влажность составляет около 80%, и насыщенность образцов при водопоглощении должна соответствовать этому значению.

Литература

1. Касимов И.К., Халасех Р.М., Рапопорт П.Б. Использование некоторых добавок в наполненных бетонах // Архитектура и строительство Узбекистана. -1990. -№9. -С.30-31.
2. Кобулиев З.В. Теплофизические свойства строительных материалов на основе растительно-вяжущей композиции // Жилищное строительство. -2006. -№9. -С.24-25.
3. Лысенко М.П. Опыт сравнительного изучения подовых и лёссовых пород // Вестник Ленинградского Университета. -1973. -№12. -С.78-81.
4. Микульский В.Г. и др. Строительные материалы (материаловедение): Учеб. изд. / Микульский В.Г., Горчаков Г.И., Козлов В.В. и др. – М.: Изд-во АСВ, 2004. –536 с.
5. Структура и свойства бетонов / А.Е.Шейкин, Ю.В.Чеховский, М.И.Бруссер. -М.: Стройиздат, 1979. –343 с.