

5. Пауле В.К. Качество управления – залог процветания любой компании. – Газета «Энергия России», издание РАО «ЕЭС России», № 07(250), апрель, 2007.
6. Кочкин В.Н., Фокин В.К. Опыт и эффективность применения современных регулируемых статических компенсирующих устройств в электрических сетях 110-750 кВ ЕЭС России. – Современные методы и средства расчета, нормирования и снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях: материалы междунар. науч.-техн. семинара. М.: ВНИИЭ, 2000. С.16.
7. Галяев, А. Н., Шевченко И.В. Проблемы повышения энергоэффективности в электроэнергетике. – Финансы и кредит. - 2010. - №11. - С. 8-13.
8. В. Н. Костин. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учеб. пособие. - СПб.: СЗТУ, 2003 - 120 с.
9. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е. Применение математических моделей электрической нагрузки в расчетах устойчивости энергосистем и надежности электроснабжения промышленных потребителей. – М.: ЭЛЕКС-КМ, 2008
10. Крысанов В.Н. Компенсация реактивной мощности линий электропередач высокого напряжения регулятором напряжения. – Научно-технический журнал «Электротехнические комплексы и системы управления», 2008, №3 (11). – Воронеж, ВИТЦ, 2008. – С. 24–27.
11. Шакарян, Ю.Г., Новиков Н.Л. Технологическая платформа (основные средства) Smart grid. – Энергоэксперт. – 2009. – № 4. – С. 30-37.
12. Крысанов, В.Н. Программно-аппаратное обеспечение систем управления ЭЭС на базе технологии FACTS. – Воронеж: ФГБОУ ВО ВГТУ, 2016. – 232 с.
13. Гвоздев Д.Б., Дементьев Ю.А., Дьяков Ф.А., Кочкин В.И., Черезов А.В. Новые технологии в электроэнергетике. Разработка, изготовление и внедрение. – Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2010. № 4. С. 25–27.
14. Папков Б.В. Возможности управления электропотреблением и оценка ущерба от нарушений электроснабжения в структурно сложных технических системах – Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. Том 15, 2006. С. 206-215.
15. В.А. Баринов Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике. - Москва, Московский энергетический институт, 2000.-647 с.
16. K.R. Padiyar, Facts controllers in power transmission and distribution. – New Delhi, New age international, 2007
17. Крысанов, В.Н. Аппаратно-программное управление режимами узлов нагрузки региональных сетей электроснабжения с помощью статических устройств. – Воронеж: ВГТУ, 2017. – 244 с.
18. Крысанов В.Н. Эффективность использования тиристорных конденсаторных установок в промышленных системах электроснабжения. Энергобезопасность и энергосбережение – 2017. – № 3. – С. 15-20.
19. Булатов О.Г., Царенко А.И. Тиристорно-конденсаторные преобразователи. - М.: Энергоиздат, 1982. 216 с.

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВИБРОПРЕССОВАННЫХ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Ямских Анастасия Анатольевна  
ООО «Красивый город» инженер-технолог  
Ендриевская Ирина Геннадьевна  
Сибирский Федеральный Университет  
Руководитель ИЛ СМиХАВ,  
Заведующая кафедрой «Строительные материалы и  
технологии строительства СФУ»*

## **ACTORS AFFECTING THE DURABILITY OF VIBROPRESSED CONCRETE PRODUCTS**

*Yamskikh Anastasia Anatolievna  
LLC "Beautiful city" Process engineer  
Endrievskaya Irina Gennad'evna  
Siberian federal University  
The head IL Smichov,  
Head of the Department "Construction materials and  
SibFU construction technologies»*

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.262](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.1.57.262)

### **АНОТАЦИЯ**

При организации современной, комфортной городской среды, актуальным становится изготовление и применение плит бетонных тротуарных, плит тактильных для инвалидов по зрению, камней бетонных бортовых и элементов ландшафтного дизайна. Основными требованиями к таким элементам являются:

устойчивость к интенсивной эксплуатации, применению противогололедных реагентов. В ходе испытаний оценивали показатель агрессивности воздействия на цементобетон твердых химических ПГМ. Доказано, что наиболее устойчивым к воздействию противогололедных реагентов, является изделия, изготовленные методом полусухого вибропрессования.

#### ABSTRACT

When organizing a modern, comfortable urban environment, it becomes relevant to manufacture and use concrete paving slabs, tactile slabs for the visually impaired, concrete side stones and landscape design elements. The main requirements for such elements are: resistance to intensive operation, the use of deicing reagents. In the course of a series of tests, it has been proved that the most resistant to the effects of deicing reagents is products made by semi-dry vibropressing.

**Ключевые слова:** противогололедные, реагенты, вибропрессование

**Keywords:** deicing agents, reagents, vibrocompression

При организации комфортной городской среды в Красноярском крае и, особенно в городе Красноярске, особое значение приобретают вопросы производства и применения современных элементов благоустройства, таких как, плиты бетонные тротуарные, в том числе плиты тактильные для инвалидов по зрению, камни бетонные бортовые, элементы ландшафтного дизайна, вписывающиеся в современную городскую архитектуру. Оценке подлежат такие факторы, как устойчивость к интенсивной эксплуатации в условиях городской жизни, нагрузке от коммунальной техники, применению противогололедных реагентов (ПГР). Получившая в последние годы большое распространение технология изготовления бетонных элементов благоустройства методом полусухого вибропрессования, позволяет создавать широкую номенклатуру продукции, отвечающей современным экономическим и экологическим критериям. Мелкоштучные элементы мощения – камни обладают максимальной эффективностью передачи нагрузки на участках мощения с интенсивным динамическим движением, а также придают стиль, как отдельным участкам города (парки, скверы), так и целым кварталам и жилым комплексам.

Поэтому вопросы долговечности бетонных элементов благоустройства, работающих в жестких условиях агрессивных сред современных городов, весьма актуальны.

Долговечность бетона в зависимости от строения его порового пространства исследовал В. В. Стольников, причем не только зависимость от абсолютной величиной пористости, но и характера пор – замкнутые они или сообщающиеся. Установлено повышение морозостойкости при уменьшении интенсивности капиллярного всасывания, которое регулируется одновременным снижением водоцементного отношения в бетоне и сокращением до минимально необходимого расхода цемента при введении добавок, обеспечивающих формирование замкнутой пористости и эффект гидрофобизации.

Миграция воды в бетоне – одна из основных причин морозной деструкции бетона при попеременном замораживании и оттаивании [9, 11]. Степень насыщения пор материала водой увеличивается вблизи охлаждаемой наружной поверхности, что обуславливает разрушение

наружных слоев бетона в первую очередь – фактурного (при изготовлении двухслойных плит).

Образование трещин при циклическом изменении температуры в зоне контакта «заполнитель - цементный камень» зарубежные исследователи обосновывают их «термической несовместимостью» и указывают одной из причин разрушения бетона [1]. Но в особо плотном бетоне «полусухого формования» замерзание воды в тонких слоях адсорбционно-связанной твердой фазой происходит без увеличения в объеме и расклинивающего давления на структуру, поэтому снижения прочности, отслоения фактурного бетона от основного и большой его потери по массе, при стандартном количестве циклов испытания морозостойкости не наблюдаются [15–23].

При использовании противогололедных реагентов ПГР давлением накопившейся соли, образовавшейся после перенасыщения ее раствора в малых по объемам дефектах структуры цементного камня, в зоне контакта составляющих бетона и микротрещинах (порах) зерен заполнителя. В случае использования хлористых солей-антиобледенителей или испытательных солевых растворов действие означенных факторов на бетон дополняется следующим [29–36]. Во-первых, расклинивающим (в литературе часто называемым «кристаллизационным»). При этом механизм образования и увеличения дефектов структуры может проявиться как за счет роста кристаллов соли, так и за счет возникновения растягивающих усилий в цементном камне при замораживании, вызывающих появление в нем трещин и повышением водопоглощения бетона, в объеме пор которого накапливается соль. Понижение эвтектической точки раствора соли способствует глубокому проникновению жидкой фазы в дефекты структуры все меньшего сечения, углубляет развитие процесса массопереноса соли. В таких условиях возрастает, в сравнении с водой, эффект расклинивающего действия в устье трещин (дефектов) тонких пленок жидкости-раствора, и усиливает эффект деструкции бетона в целом.

Следует отметить, что в реальных условиях эксплуатации элементов, благоустройства (плит бетонных тротуарных, камней бетонных бортовых и пр., т.е. изделий, являющихся объектом исследования) отрицательное (разрушающее) воздействие ПГР не прекращается и при положительной температуре окружающей среды.

Попеременное увлажнение-высушивание, изменение температуры (даже в пределах суток) вызывают соответствующие деформации бетона, побуждают проявление процессов растворения – кристаллизации попавшей в его поры соли, а также эндокринного эффекта, то есть, сопровождается постоянным деструктивным воздействием на бетон.

Для оценки агрессивности воздействия на цементный камень вибропрессованных бетонов применяли 10-ти % раствор NaCl, 10-ти % и 30-ти % растворы многокомпонентного ПГР.

После изготовления образцы были выдержаны в течение 28 суток в нормальных условиях для набора проектной прочности. Затем, образцы насыщались растворами солей – (10% NaCl) и многокомпонентного противогололедного реагента.

После 15-ти циклов замораживания и оттаивания оценивали показатель агрессивности воздействия на цементобетон твердых химических ПГМ – удельное изменение массы (потерю массы по отношению к объёму образцов) с нормой не более 0,07 г/см<sup>3</sup>. Результаты испытаний приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты испытания образцов на морозостойкость в растворах соли и противогололедного реагента**

Вид агрессивной среды	Номер образца	Масса образцов до испытания, г	Масса образцов после испытания, г	Удельное изменение массы образца, г/см <sup>3</sup>
10% раствор NaCl	1	1501	1504	-0,004
	2	1561	1564	-0,004
10% раствор ПГР	3	1514	1511	0,004
	4	1566	1560	0,008
30% раствор ПГР	5	1557	1552	0,007
	6	1530	1527	0,004



Рисунок 1 – образцы после испытаний на морозостойкость

Как видно из результатов испытания, наименее агрессивным воздействием обладает 10% раствор NaCl. Как видно из рис.1 образцы визуально не претерпели изменений, имеют удовлетворительное состояние поверхности, потери массы не наблюдается.

Образцы, испытанные в 10% растворе NaCl имеют отрицательный показатель удельного изменения массы, что свидетельствует о том, что деструктивные процессы в цементном камне еще не начались. Несколько агрессивнее воздействие многокомпонентного ПГР, однако даже повышенная его концентрация (30%) не оказала

значительного влияния на удельное изменение массы.

Таким образом, вибропрессованные бетоны, характеризуются низким начальным водосодержанием (ВЦ 0,36...0,37) и высокой плотностью укладки зерен твердой фазы (средняя плотность бетона 2350 кг/м<sup>3</sup>), поэтому к началу испытаний на морозостойкость практически вся вода находится в химически или физически связанном состоянии и деструктивные явления от замерзания жидкости в теле бетона сводятся к минимуму. Для вибропрессованого бетона характерна непосредственная взаимосвязь и

взаимозависимость качества (пористости) структуры бетона от степени его уплотнения при формовании. При соблюдении этого условия создаются необходимые предпосылки для формирования в объеме бетона изделий слитной структуры цементного теста, трансформирующейся при последующем твердении в плотную, труднопроницаемую структуру цементного камня, что обеспечивает устойчивость бетона к морозной и солевой деструкции при эксплуатации изделий (тротуарных плит, камней мощения, бортового камня и пр.) [24].

Наиболее оптимальной технологией изготовления плит бетонных тротуарных, плит тактильных для инвалидов по зрению, камней бетонных бортовых, с точки зрения более длительного сохранения целостности и внешнего вида при воздействии на изделия противогололедных реагентов, является технология вибропрессования.

#### **Литература:**

1.Э. И. Батяновский, А. И. Бондарович  
/ВИБРОПРЕССОВАННЫЙ БЕТОН:  
ТЕХНОЛОГИЯ И СВОЙСТВА //Минск БНТУ 2018