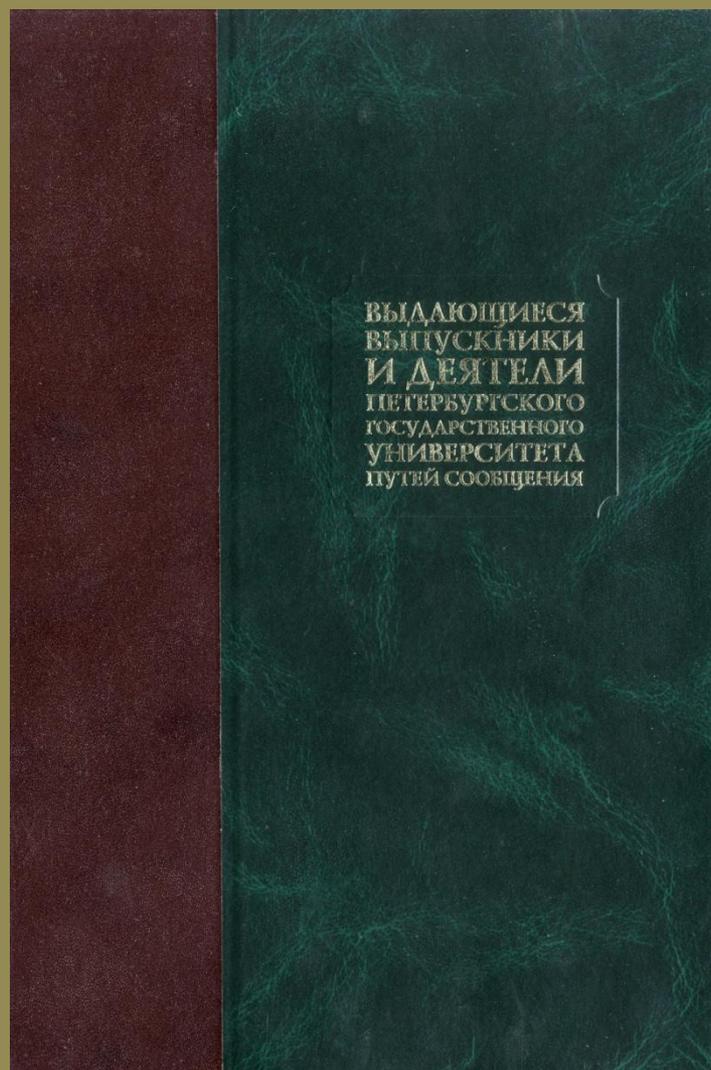


Кунцевич Олег Васильевич



**к 100-летию со дня
рождения**

Олег Васильевич Кунцевич — выпускник
Ленинградского института инженеров путей
сообщения, ученый-материаловед, крупнейший
специалист страны в области морозостойкости бетона.



Олег Васильевич родился 17 июня 1916 г. в Витебске. Обучался в Ленинградском политехникуме путей сообщения, затем перевелся в Ленинградский институт инженеров путей сообщения, который окончил в 1939 году.



**Олег
Васильевич
КУНЦЕВИЧ
(1916–1995)**

Инженер путей сообщения,
специалист
по морозостойкости бетона,
профессор, член
Совета Госстроя СССР

В 1939-1940 гг. Кунцевич был мобилизован в дорожно-эксплуатационную команду железнодорожных войск, участвовал в транспортном обеспечении Красной Армии в Советско-Финляндской войне. В годы Великой Отечественной войны служил в составе спецформирований, работал на военно-восстановительных работах. Олег Васильевич был награжден медалями «За победу над Германией», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

После войны Олег Васильевич возвращается в ЛИИЖТ и поступает в аспирантуру. В 1949 году он защитил кандидатскую диссертацию и стал преподавать на кафедре «Технология строительных материалов». В 50-х годах О. В. Кунцевич начинает изучать морозостойкость и кавитационную стойкость гидротехнических бетонов.

Современная теория прочности бетонов

Проблема проектирования бетонов заданной прочности наиболее остро встала в начале 20-го века в связи с переходом от жестких бетонов к пластичным и литым бетонам, позволяющим интенсивно развивать механизацию строительных работ, особенно при возведении железобетонных конструкций.

Преимущества пластичных и литых бетонов, ускоряющих и удешевляющих строительство, были столь очевидны, что, несмотря на отсутствие научно обоснованных методов определения качества указанных бетонов, они получили широкое распространение. Однако недостаточное знание свойств литого бетона привело в ряде случаев к строительным неудачам, что явилось причиной задержки в распространении литого бетона. Возник даже вопрос о запрещении производства бетонных работ литым способом.

Таким образом, практика строительства потребовала обстоятельного изучения пластичного и литого бетона с тем, чтобы в основу его использования могли быть положены надежные научные данные.

Статья Я. Иохельсона и О. Кунцевича из газеты Наш путь (1954 г.)

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ИМЕНИ АКАДЕМИКА
В. Н. ОБРАЗЦОВА



СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ
ОСНОВАНИЯ
И ФУНДАМЕНТЫ

ВЫПУСК 157

Т Р А Н С Ж Е Л Д О Р И З Д А Т
1959

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СИЛИКАЛЬЦИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Силикатными материалами принято называть искусственные каменные материалы, полученные в результате обработки насыщенным паром высокого давления отформованной смеси кварцевого песка, извести и воды. Широкое распространение силикатных материалов началось с 1880 г., когда был предложен силикатный кирпич.

В 1931 г. в СССР появилась разновидность силикатных материалов — «силикальцит», предложенный проф. В. П. Некрасовым.

В работе «Материалы, повышающие эффективность каменного и бетонного строительства» [1] проф. В. П. Некрасов приводит следующее определение силикальцита:

«Автором было поставлено изучение шихты целиком на молотом песке с известью. При этом оказалось, что особенно тонкий помол излишен. Достаточная тонкость помола песка до остатка на сите 900 *отв/см*² 30—60%, так как важны микрогранулометрия и свежие поверхности молотых частиц, а не сплошь тончайшие фракции песка. Такой камень назван силикальцитом».

Далее проф. Некрасов пишет: «... Для технических силикальцитных камней... достаточно брать молотого песка примерно 15—30% от объема песка немолотого».

Таким образом, в качестве отличительного признака силикальцита проф. Некрасов принимает определенный гранулометрический состав песка исходной смеси.

Определение силикальцита, данное проф. В. П. Некрасовым, не отражает, по нашему мнению, тех знаний, которые накопились в области технологии изготовления силикатных изделий, и не может быть приемлемым.

Силикальцит необходимо рассматривать как группу материалов, разновидности которой могут значительно отличаться друг от друга по своим свойствам.

Мы полагаем, что классификация силикальцитных материалов должна основываться на тех же признаках, которые положены в основу классификации искусственных каменных материалов, изготавливаемых на портланд-цементе [8]. При этом необходимо иметь в виду, что затвердевшие портланд-цементные смеси, с одной сто-

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕССОВАННОГО СИЛИКАЛЬЦИТА И НЕКОТОРЫХ СИЛИКАЛЬЦИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Изучение физико-механических свойств высокопрочного силикальцитного цемента позволило наметить пути его рационального использования в производстве ряда строительных изделий. Силикальцитный цемент без заполнителей наиболее целесообразно применять при изготовлении высокопрочных изделий скорлупного, тонкостенного типа, например, безасбестового шифера, тонких плиток разного назначения, трубчатых изделий и т. п.

В данной статье приводятся результаты исследований свойств цементного камня и некоторых изделий.

Исследования велись в направлении отыскания зависимости механических, а также физических свойств цементного камня от активности и тонкости помола цемента, водо-цементного фактора, величины давления при прессовании образцов и др.

1. Характеристика и обработка исходного сырья

Основная часть опытов по изготовлению силикальцитных образцов производилась на кварцевом песке Павловского завода силикатного кирпича и на маршалите. В качестве известкового компонента применяли маломagneзиальную угловскую известь двух партий. Химический состав песков и извести приведен в табл. 1.

Таблица 1

Наименование материала	Химический состав песков и извести в %						
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	П. п. п.
Песок Павловского завода	90,01	1,02	5,53	0,54	0,11	Нет	0,34
Маршалит	95,0	—	—	—	—	—	—
Угловская известь:							
I партия	0,29	79,36	—	0,83	1,10	0,29	16,0
II партия	0,13	72,37	0,25	0,05	0,25	0,66	25,96

Известь гасили и просеивали через сито размером 0,6 мм для отделения непогасившихся зерен. Помол песка и извести-пушонки

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В. Н. ОБРАЗЦОВА

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ

ЛЕНИНГРАД
1962

ДАННЫЕ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТКОВО-КВАРЦЕВОГО ЦЕМЕНТА

В последние годы в нашей стране в связи с развитием технологии производства материалов автоклавного твердения проведены большие исследования физико-химических и механических свойств структурных составляющих цементного камня.

Глубокие и интересные работы по синтезу и изучению физико-химических и ряда технических свойств индивидуальных гидросиликатов кальция, полученных при гидротермальном твердении известково-кварцевых смесей, выполнены в ЛИСИ, в Институте химии силикатов АН СССР, в лаборатории физических методов исследования НИИ асбестцемента, в физико-химической лаборатории института РОСНИИМС, в НИИ железобетона и др.

Одним из методов, примененных в этих исследованиях, являлся дифференциальный термический анализ. Этот метод, как указывают Ю. М. Бутт и Л. Н. Рашкович¹, может служить не только ценным дополнением к рентгеновскому фазовому анализу, но имеет и самостоятельное значение.

К настоящему времени опубликованы обширные экспериментальные данные по термическому анализу гидросиликатов кальция и магния, синтезированных из химически чистых компонентов.

Однако в литературе еще недостаточно освещены результаты термографических исследований искусственных каменных материалов, получаемых на основе известково-кварцевых цементов, которые изготовлены на сырье заводов силикатных изделий в условиях, близких к промышленному производству.

Надо полагать, что накопление такого рода данных позволит более тесно увязать результаты теоретического изучения систем $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ с практикой произ-

¹ Ю. М. Бутт и Л. Н. Рашкович. Твердение вяжущих веществ при повышенных температурах. Госстройиздат, М., 1961.



БЕТОН и ЖЕЛЕЗО- БЕТОН

УДК 666.972.167

Влияние газообразующей добавки ГКЖ-94 и воздухововлекающей добавки СНВ на морозостойкость бетонов

Канд. техн. наук О. В. КУНЦЕВИЧ, инж. П. Е. АЛЕКСАНДРОВ

Исследования, проведенные в НИИЦементы и в лаборатории коррозии НИИЖБ, показали, что при введении в бетонную смесь добавок некоторых кремнийорганических соединений достигается значительное повышение морозостойкости бетонов [1—5].

По данным проф. В. М. Москвина и кандидатов техн. наук С. Н. Алексева и В. Г. Батракова, добавка ГКЖ-94

позволяет получить более морозостойкие бетоны, чем воздухововлекающая добавка СНВ [4]. Этот вывод в основном подтверждается исследованием, выполненным в Механической лаборатории ЛИИЖТ в связи с проектированием бетонов для гидротехнических сооружений Красноярской ГЭС.

Эксперименты, результаты которых приводятся ниже, свидетельствуют о том, что бетоны с добавкой ГКЖ-94 имеют

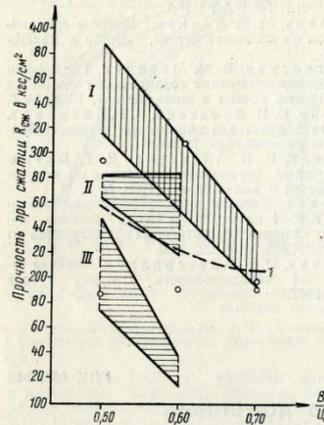


Рис. 1. Зависимость $R_{сж}$ от V/C

r — процент образцов с добавкой ГКЖ-94 после 615 циклов замораживания; $r = 0,33 \pm 0,50$, I, II, III — прочность образцов с добавкой СНВ после 615 циклов замораживания; $r = 0,33$ (III) и $r = 0,50$ (II); r — значение $0,75 R_k$, где R_k — наименьшая прочность контрольных образцов в возрасте 180 суток

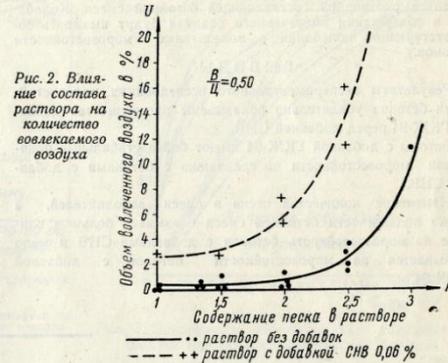


Рис. 2. Влияние состава раствора на количество вовлекаемого воздуха

более стабильные показатели морозостойкости по сравнению с бетонами с добавкой СНВ. В частности, изменение содержания песка в смеси заполнителей и подвижности бетонной смеси оказывает большее влияние на морозостойкость бетонов с добавкой СНВ и значительно меньше сказывается на морозостойкости бетонов с добавкой ГКЖ-94.

В опытах применялись клинкерный портландцемент марки 400 Красноярского завода, песок и гравий Шумковского месторождения, используемые при строительстве Красноярской ГЭС. Минералогический состав цемента в % приведен в таблице.

C_3S	C_2S	C_4A	C_4AF
44,2	29,4	5,6	14,6

На морозостойкость испытывались кубы размером $10 \times 10 \times 10$ см после 28 суток нормального хранения. Образцы изготавливались из пластичных бетонных смесей с осадкой колоды 3—4 см и жестких смесей с показателем удобоукладываемости 40 сек. при трех значениях V/C — 0,50; 0,60 и 0,70, и трех значениях содержания песка в смеси заполнителей — 0,33; 0,40 и 0,50. Дозировка добавки в % от веса цемента составляла: 0,1% для ГКЖ и 0,03% для СНВ.

Насыщение образцов и испытание их на морозостойкость производились в соответствии с указаниями ГОСТ 4800—59 «Методы испытаний бетона». На рис. 1 представлены основные данные о прочности образцов, прошедших 615 циклов замораживания и оттаивания.

Сравнивая прочность образцов, изготовленных при одном и том же водоцементном отношении, видно, что бетоны с добавкой ГКЖ-94 в большинстве случаев после 615 циклов замораживания и оттаивания имели прочность, значительно большую, чем бетоны с добавкой СНВ, прошедшие то же число циклов замораживания.

Характерным является также диапазон колебаний в прочностных характеристиках бетонов. В зависимости от изменений количества песка и подвижности бетонной смеси колебания в прочности образцов, подвергавшихся испытанию на морозостойкость, составляли для бетонов с ГКЖ-94 около 20%, а для бетонов с СНВ — от 60 до 160%. Эти данные показывают, что бетоны с добавкой ГКЖ-94 имеют значительно более стабильные показатели морозостойкости, чем бетоны с добавкой СНВ.

Эффективность добавок может быть оценена также по потерям прочности образцов, подвергавшихся замораживанию

и оттаиванию, принимая, что допустимые потери не должны превышать 25%.

Как видно из рис. 1, область I, соответствующая прочности бетонов с добавкой ГКЖ-94, после 615 циклов замораживания и оттаивания находится выше линии I. Таким образом, потери прочности этих бетонов не превышали 25%. Бетоны с добавкой СНВ, изготовленные при тех же значениях водоцементного отношения и содержании песка в смеси заполнителей, 0,33, имели значительно большие потери прочности, чем 25%. Потери менее 25% имели бетоны с добавкой СНВ, изготовленные при повышенном содержании песка $r=0,50$. Две серии образцов бетонов с СНВ при $r=0,40$ показали также допустимые потери прочности.

На морозостойкость бетонов с добавкой СНВ также влияла характеристика подвижности бетонных смесей, из которых готовились образцы. Это влияние оказалось не однозначным. Так, например, увеличение жесткости бетонных смесей повысило морозостойкость бетонов, изготовленных при $V/C=0,50$ и $r=0,33$ —0,40, и ухудшило морозостойкость бетонов с $V/C=0,60$ и $r=0,40$ —0,50.

Необходимо отметить, что влияние подвижности бетонных смесей и количества в них песка на морозостойкость бетонов неразрывно связаны друг с другом. Этот вопрос является предметом специальных исследований, проводимых в механической лаборатории ЛИИЖТ.

Морозостойкость бетонов с добавкой ГКЖ-94 мало зависела от содержания песка и пластичности бетонной смеси.

Выполненные опыты свидетельствуют также о возможности получения бетонов с большой морозостойкостью и при добавках СНВ. Однако морозостойкость бетонов с добавкой СНВ обуславливается эффектом воздухововлечения в бетонные смеси, который зависит от большого числа начальных условий. В частности, очень существенное значение имеет состав растворной составляющей бетонной смеси.

Как видно из рис. 2, изменение содержания песка в растворной смеси может привести к резкому увеличению или уменьшению количества вовлекаемого воздуха. Добавка СНВ, увеличивая эффект воздухововлечения, принципиально не изменяет характера зависимости количества вовлеченного воздуха от состава растворной смеси, не содержащей поверхностно-активных или газообразующих веществ.

В связи с этим при назначении величины добавки СНВ в долях от веса цемента, как это обычно принято, можно ожидать больших колебаний в количестве вовлекаемого воздуха

¹ При небольшой продолжительности испытаний влияние содержания песка на морозостойкость бетона с добавкой СНВ может быть не выявлено [6].

Кунцевич проводил исследования железобетона для тубингов
Ленинградского метрополитена.

СССР—МПС
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В. Н. ОБРАЗЦОВА

Индекс УДК 666.972:625.42 Кафедра СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Номер государственной регистрации
79028073

Инвентарный № 0282.3 049674

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
Институт Инженеров ж. д. транспорта
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
Зарегистрировано
21. апреля 19 82
/Начальник НИС'а Лосовский

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕТОНА С ЦЕЛЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
(наименование темы)
СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТУБИНГОВ
АВТОКЛАВНЫМ СПОСОБОМ
(наименование отчета)

Записка-отчет
(тип отчета)

Всего томов _____ Том № 1

Тема № 388 Задание № _____

Зав. кафедрой
Д.т.н., профессор
ученая степень, звание
Руководитель работы
Д.т.н., профессор
должность, ученая степень, звание
Ответственный исполнитель
Доцент, к.т.н.
должность, ученая степень, звание

0282 О.В. Кунцевич
дата, подпись, инициалы, фамилия
0282 О.В. Кунцевич
дата, подпись, инициалы, фамилия
0282 В.Б. Федоров
дата, подпись, инициалы, фамилия

Ленинград, 19 82 г.

СССР—МПС
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В. Н. ОБРАЗЦОВА

Индекс УДК 624.19:693.546.3

Кафедра СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Номер государственной регистрации

01825020540

Инвентарный № 0284.0 010541

ОТЧЕТ

СССР—МПС
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
Институт Инженеров ж. д. транспорта
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
Зарегистрировано
22. Декабря 1983г.
Начальник НИС'а *Соловьев*

(наименование темы)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНЫХ ВОД НА ПРОЧНОСТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

(наименование отчета)

Заключительный

(тип отчета)

Всего томов 3

Том № 3

Тема № 390

Задание № _____

Зав. кафедрой

Д.Т.Н., профессор
ученая степень, звание

О.В. Кунцевич
дата, подпись, инициалы, фамилия

Руководитель работы

Д.Т.Н., профессор
должность, ученая степень, звание

О.В. Кунцевич
дата, подпись, инициалы, фамилия

Ответственный исполнитель

М.Л.Н.С.
должность, ученая степень, звание

Н.А. Джаши
дата, подпись, инициалы, фамилия

ВВЕДЕНИЕ

Изучение степени агрессивного воздействия воды-среды на бетон отделки в зоне "Размыва" по данным Ленметрополитена за 1978 г.-1982 г. включительно, показало, что вода характеризуется выщелачивающей агрессивностью.

Фильтрация воды сквозь отделку достигает местами значительно-го объема, что неизбежно должно приводить к уменьшению прочности бетона из-за наличия агрессивности воды. В связи с этим кафедрой "Строительные материалы" был сделан вывод о необходимости омоноличивания отделки с целью прекращения фильтрации.

Были намечены два основных направления, по которым может вестись омоноличивание:

1. Введение быстросхватывающихся инъекционных составов для тампонирования трещин и пустот;
2. Применение клеевых инъекционных составов с целью приклеивания теплоизоляции к бетонной части отделки.

Целью исследований 1983 года явилось уточнение составов инъекционных растворов, подобранных ранее, подбор новых составов, исследование долговременной прочности клеевых составов, изучение проникающей способности инъекционных составов и адгезионной прочности на этих составах на малой лабораторной модели.

Существующая металлическая изоляция способна выдерживать без выпучивания и отрыва от бетонной части отделки давление до 4 ати. Поэтому давление нагнетания инъекционных растворов не должно превышать 4 ати.

Адгезионная прочность сцепления металла с бетоном должна быть не менее 10 кгс/см^2 в возрасте 7 суток при твердении в воде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ, ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

I. Изучение степени агрессивности воздействия воды-среды на бетон обделки тоннеля в зоне "Размыва" по данным, представленным Ленметрополитеном с 1978 по 1982 гг., включительно, показало, что вода обладает выщелачивающей агрессивностью.

II. Фильтрация воды через обделку данного участка тоннеля в настоящий момент достигает значительного объема, что должно приводить к уменьшению прочности бетона из-за наличия агрессивности воды. В связи с этим омоноличивание обделки с целью прекращения фильтрации по мнению кафедры "Строительные материалы" ЛПИИТа является обязательным.

III. Мероприятия по осуществлению омоноличивания следует проводить по следующим направлениям:

1) Применение вязких инъекционных составов для приклеивания металлического листа обделки к бетонной части, позволяющих обеспечить сцепление металла с бетоном не менее 10 кгс/см^2 .

2) Введение маловязких инъекционных составов для тампонирования трещин и пустот в бетоне обделки.

IV. По результатам подбора вязких клеящих инъекционных составов нами были выбраны следующие типы суспензий:

A) Суспензии с обычными или удлиненными сроками схватывания:

1) Цементно-латексная суспензия с В/Ц=0,4 (Цемент М-500 Пикалевского завода) на основе латекса СКС-65П-10,0% по массе со стабилизатором ОП-7-10,0% по массе латекса. Суспензия обеспечивает адгезионную прочность металла к бетону не менее 10 кгс/см^2 в возрасте 7 сут. (твердение водное, испытания на малых образцах-восьмерках). Вязкость (начальная по УВЗ-4 составляет 45с.) удовлетворительна.

Давление нагнетания до I ати. Водостойкость клеевого шва со временем не уменьшается.

Под руководством Кунцевича выполнены исследования по цементам, заполнителям и бетонам для основных сооружений Красноярской, Зейской, Братской и других ГЭС.

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В.Н.ОБРАЗЦОВА

ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
БЕТОНА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
И КОНСТРУКЦИЙ

Сборник научных трудов

Под редакцией
д-ра техн. наук
профессора О.В.КУНЦЕВИЧА

Ленинград

1991

О.В. КУНЦЕВИЧ, д-р техн. наук;
В.Ю. ФРИШТЕР

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА СООРУЖЕНИЙ КОЛЬМСКОЙ ГЭС

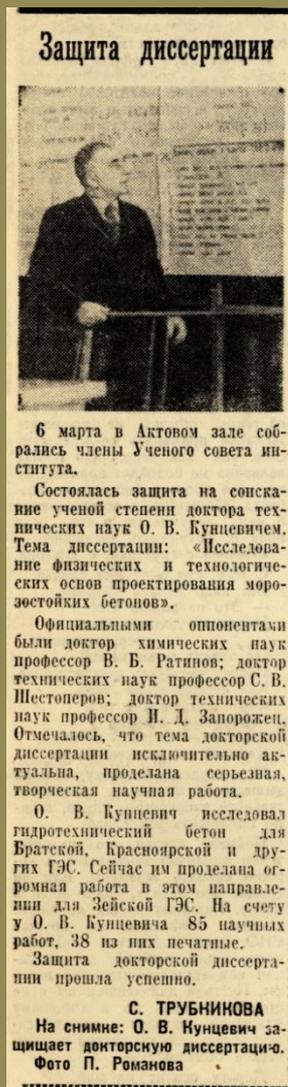
Строительство Кольмской ГЭС ведется в районе с особо суровыми климатическими условиями. В таких условиях к гидротехническому бетону предъявляются повышенные требования по морозостойкости ($F 400 - 500$). В соответствии с существующими нормативными требованиями в проекте бетонных сооружений гидроузла предусмотрено использование в качестве вяжущего портландцемента марки 400 Красноярского завода или других заводов с ограничением содержания C_3A в клинкере до 7%. Однако данное решение вопроса нельзя признать достаточно эффективным, поскольку поставка такого цемента из Красноярска на Кольму сильно затруднена.

На всю обширную территорию Магаданской области поставляется цемент с ближайшего Спасского завода с содержанием C_3A в клинкере до 12%. Использование данного цемента на строительстве даст значительную экономию средств при его транспортировке и снижении при этом потерь цемента.

Для обоснования возможности использования данного высокоалюминатного цемента в бетоне с высокими требованиями по морозостойкости в Центральной строительной лаборатории Кольма-

По результатам исследований Кунцевича на строительстве плотины Зейской ГЭС были внедрены прочные и морозостойкие бетоны на гравии с кремнеорганической добавкой. За эти разработки в 1966 году Олег Васильевич был награжден орденом «Знак Почета», бронзовой медалью ВДНХ и знаком «Строитель Зейской ГЭС».

В 1968 году О. В. Кунцевич защитил докторскую диссертацию на тему «Исследования физических и технологических основ проектирования морозостойких бетонов».



ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В. Н. ОБРАЗЦОВА

О. В. КУНЦЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОРОЗОСТОЙКИХ
БЕТОНОВ**

(№ 484. Строительные материалы, детали и изделия)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

ЛЕНИНГРАД
1968

Морозостойкость бетона является одним из основных критериев долговечности сооружений, находящихся в условиях попеременного увлажнения и замораживания. Поэтому не случайно проблеме морозостойкости искусственных каменных материалов постоянно уделяется большое внимание.

Начало работ в этой области связано с именем выдающегося ученого нашей страны профессора Ленинградского института инженеров путей сообщения Н.А.Белелюбского, впервые предложившего методику исследования морозостойкости каменных материалов (1884 г.).

Представление о механизме разрушения бетона при замораживании, высказанное в начале нашего столетия проф.Н.А.Житкевичем, остается одной из рабочих гипотез для дальнейшего изучения морозостойкости бетона.

Советские ученые продолжают развивать исследования морозостойкости материалов, в особенности бетона. Этим проблеме в последние годы посвящены работы С.В.Шестоперова, Р.Е.Власова, Г.И.Горчакова, В.М.Москвина, Ф.М.Иванова, В.М.Медведева, С.А.Миронова, Н.А.Мощанского, А.Е.Шейкина, В.В.Стольниковца, В.Г.Батракова, Г.Г.Еремеева, М.М.Капкина, Б.М.Мазура, А.М.Подвального, В.Б.Судакова и др.

I

ПОРИСТОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И БЕТОНА

Анализ литературных данных о пористости цементного камня и бетона позволил установить следующее.

Размер и объем пор цементного геля и капиллярных пор цементного камня может зависеть не только от состава исходных смесей и степени гидратации цемента, но и от изменения структуры цементного геля под действием различных факторов, что связано с метастабильностью геля. Поэтому при рассмотрении пористости цементного камня удобно пользоваться терминами: "цементный гель с нормальной структурой" и "цементный гель с измененной структурой".

Нормальной структурой цементного геля можно считать структуру, образующуюся во время твердения портландцемента

ВОЗДУШНАЯ ФАЗА БЕТОНА

При наличии замерзающей воды в цементном камне его деформации, связанные с переходом воды в лед, зависят от содержания и распределения воздуха в порах бетона.

Объем воздушной фазы бетона зависит от воздуха, всегда образующегося в бетонной смеси при ее перемешивании, и воздуха, замещающего часть воды в капиллярных порах бетона в период, предшествующий совместному действию воды и мороза. Этот воздух именуется соответственно "вовлеченный" и "защемленный".

Количество и распределение защемленного воздуха в первую очередь зависят от условий твердения бетонной смеси.

Результаты опытов, проведенных нами, и анализ литературных данных показывают, что не только при твердении бетона в воде, но и на воздухе с относительной влажностью, близкой к 100%, а затем в воде количество защемленного воздуха всегда меньше величины самоосушения цементного теста при гидратации цемента.

Относительное содержание воздуха (величина $\epsilon_{ка}$), проникающего в цементный камень при его самоосушении, определяется формулой

$$\epsilon_{ка} = \frac{(0.06 + 0.09)m}{V_u + \omega_0}, \quad (9.3)$$

где m - степень гидратации цемента;

V_u - удельный объем цемента;

Таблица I

Величина оводнения пузырьков воздуха в концентрированных водных суспензиях

Состав раствора 1:2,75; В/Ц = 0,50

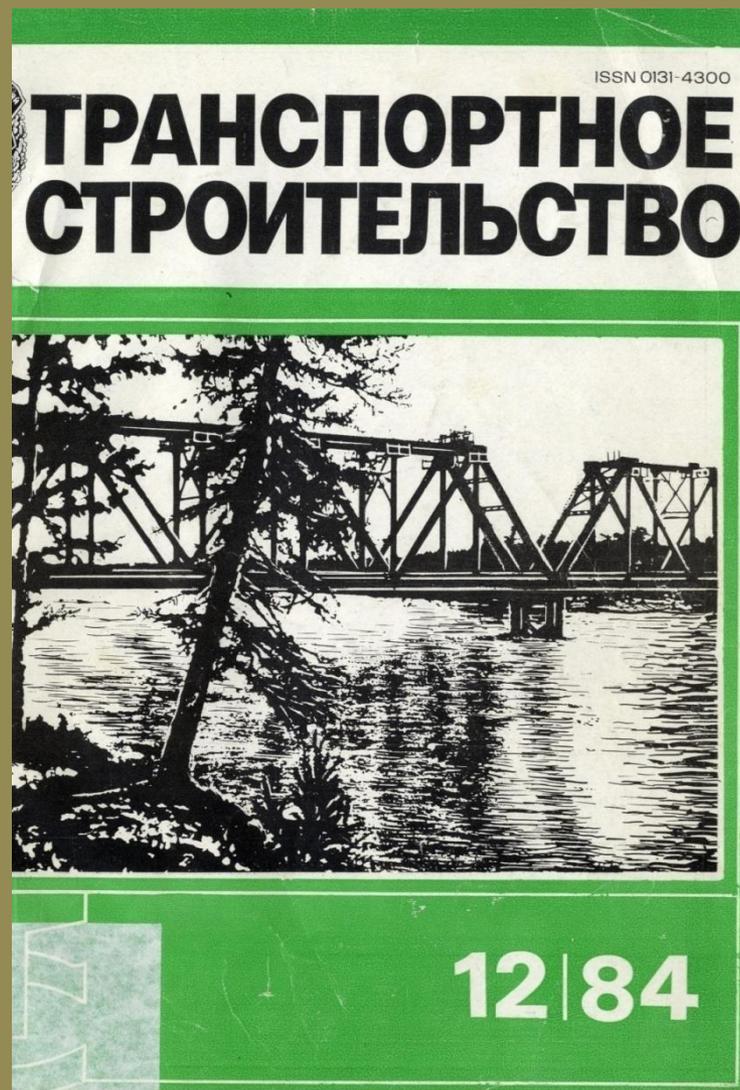
Вид цемента	Добавка СНВ %	Содержание воздуха %	Относительная величина в %		Относительный (в %) объем пузырьков, заполненных водой, через	
			числа пузырьков $d < 100$ мк от общего их количества	объема пузырьков $d < 100$ мк от объема воздуха	I сутки	14 суток
I	2	3	4	5	6	7
Пластифицированный портландцемент	0,06	17,0 ^{х)}	70	13	14	16
		26,0 ^{хх)}	42	7	5	6
Молотый кварцевый песок с удельной поверхностью 4000 см ² /г	0,03	7,7 ^{х)}	-	-	15	28
		без добавки	3,2 ^{х)}	-	-	13

х) При ручном перемешивании смеси.

хх) При перемешивании в скоростной мешалке (800 обор/мин).

быть отнесены: уменьшение воды, повышение содержания песка в цементной смеси, введение добавок типа СНВ и увеличение времени перемешивания.

Под руководством Олега Васильевича Кунцевича были решены вопросы получения высокопрочных и долговечных бетонов на базе местных гравийных заполнителей для мостовых сооружений Байкало-Амурской магистрали.



«СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

Доктор техн. наук, проф. О. В. КУНЦЕВИЧ (ЛИИЖТ)

Использование бетонов с добавкой С-89 в транспортном строительстве и на строительстве промышленных и гражданских зданий дало экономический эффект, превышающий 2 млн. руб.

Повышение долговечности бетона, уменьшение трудо- и энергозатрат на его изготовление и снижение материалоемкости бетонных сооружений и конструкций — основное направление научно-исследовательской работы кафедры.

Комплексный подход к решению основной задачи привел к необходимости решить вопросы, относящиеся к смежным проблемам.

Исследование физико-механических свойств бетонов проводится одновременно с изучением кинетики структурообразования, реологических свойств и параметров структурных составляющих твердеющих цементных смесей на субмикро-, микро- и макроуровнях.

Анализ и обобщение результатов комплексного исследования позволяют развивать главное научное направление кафедры — уточнение известных и установление новых закономерностей физико-химической механики, знание которых определяет возможность управления процессами структурообразования и свойств бетона.

Одно из ответвлений развиваемого научного направления — использование индивидуальных и комплексных добавок для регулирования свойств бетонной смеси и бетона.

Водорастворимые добавки С-89, ДЭГ-1, ТЭГ-17, МФ-17, ММФ-50, впервые исследованные на кафедре, позволили получить водонепроницаемые бетоны с повышенной трещиностойкостью и прочностью, широко внедрены в строительство.

Так, например, бетоны с добавкой С-89 применяются уже более 10 лет на объектах Ленметростроя для обделок участков тоннелей и коллекторов и других конструкций, сооружаемых в сложных геологических условиях, на объектах Мостостроя № 6, в частности, для устройства проезжей части мостов без рулонной гидроизоляции.

Добавка С-89 входит в состав разработанной МИИТом комплексной добавки и широко применяется на строительстве мостов БАМа.

Углубленные исследования бетонов с кремнийорганической добавкой, впервые исследованной в НИИЖБе, позволили получить в ЛИИЖТе бетоны на гравии с маркой по морозостойкости, превышающей Мрз 1000 при температурах замораживания —20 °С и Мрз 300 при температурах замораживания —50 °С.

Массовое внедрение таких бетонов осуществлено ЛИИЖТом, НИИЖБом, Ленгидропроектом на строительстве Зейской ГЭС (уложено 400 тыс. м³ в плотину). Экономический эффект только за 1978—1980 гг. превысил 2 млн. руб.

Опыт Зейской ГЭС и результаты дополнительных исследований, выполненные кафедрой по договору с Гипротранс-мостом, позволили предусмотреть в проектах производства работ по возведению мостов БАМа использование местных заполнителей (гравия) для тех частей сооружений, к бетону которых предъявлялись повышенные требования по морозостойкости.

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В. Н. ОБРАЗЦОВА

Кафедра «Строительные материалы»

О. В. КУНЦЕВИЧ, В. А. СОЛНЦЕВА

К ИЗУЧЕНИЮ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Методические указания

ЛЕНИНГРАД

1978

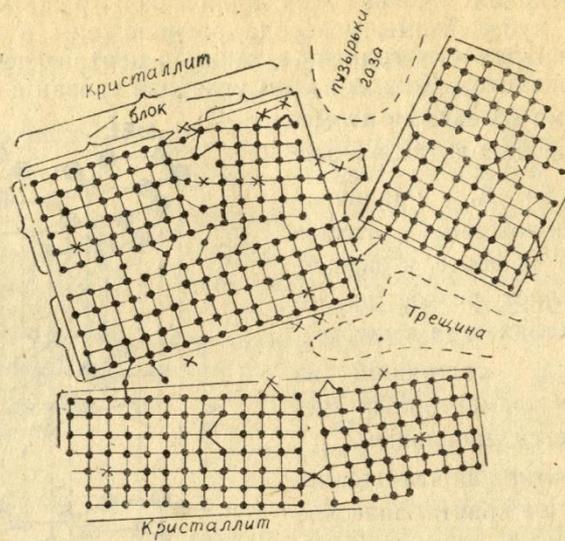


Рис. 6. Схема структуры реального твердого тела

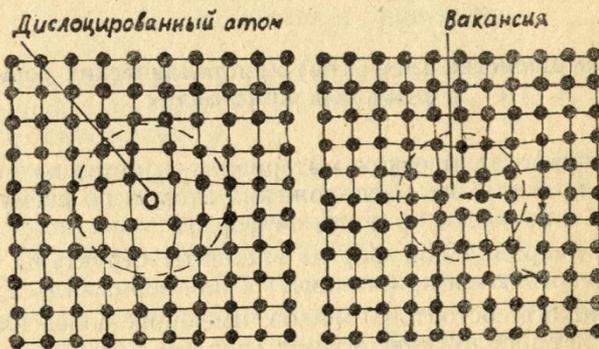


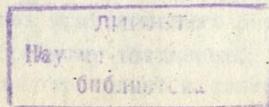
Рис. 7. Точечные дефекты в кристаллической решетке

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В.Н.ОБРАЗЦОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕТОНОВ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ,
ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЛЯ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Посвящается 75-летию со дня
рождения заслуженного деятеля
науки и техники РСФСР, доктора
технических наук, профессора
А.В.Саталкина

Под общей редакцией
доктора технических наук, профессора
О.В.КУНЦЕВИЧА



ЛЕНИНГРАД
1978

О. В. КУНЦЕВИЧ,
доктор техн. наук
Н. А. ДЖАШИ

"ВНУТРЕННЯЯ" ПРОПИТКА БЕТОНА СЕРОЙ КАК СПОСОБ
СОЗДАНИЯ НОВОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО ПОРИСТОГО
СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Наряду с используемым для улучшения структуры бетонов способом пропитки бетонов полимерами и другими импрегнирующими материалами путем погружения в расплав или мономер с последующим отверждением возможен и другой способ пропитки. Такой способ разрабатывается на кафедре "Строительные материалы" ЛИИЖТа.

В общем случае повышение механических свойств бетона при пропитке объясняется в первую очередь уменьшением его пористости. Ю. М. Баженов [1] отмечает, что помимо уменьшения общей пористости пропитка полимером сообщает материалу некоторое предварительное напряжение вследствие усадки полимера в процессе отверждения. Полимер, покрывающий поверхность твердой фазы, препятствует возникновению микротрещин. Высокая адгезия полимера к твердой фазе приводит к резкому

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В.Н.ОБРАЗЦОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕТОНОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО
И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Сборник трудов
Выпуск 382

Под общей редакцией
докт. техн. наук профессора О.В.КУНЦЕВИЧА



ЛЕНИНГРАД
1975

ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ ЦЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ БЕТОНОВ

Возможны два случая старения цементов: старение перед применением (лежалость) и старение в бетонах, твердеющих при недостаточной влажности окружающей среды.

В первом случае, как известно, может происходить частичная гидратация цемента, которая сопровождается, как правило, карбонизацией гидрата окиси кальция и образованием агрегатов зерен цемента [1]. При этом изменяется химическая активность цемента и его зерновой состав. Такое старение может резко исказить корреляционные зависимости свойств бетонов: при существенном ухудшении одних свойств, другие могут ухудшиться незначительно, а иногда даже улучшиться.

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В.Н.ОБРАЗЦОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕТОНОВ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ,
ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ
ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Сборник трудов
Выпуск 398

Под общей редакцией
доктора техн.наук
профессора О.В.КУНЦЕВИЧА

Ленинград
1976

ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Согласно гидротехническому стандарту [1] морозостойкость крупного заполнителя оценивается по данным непосредственного замораживания и оттаивания зерен заполнителя и по результатам испытания морозостойкости образцов бетонов, изготовленных на исследуемых заполнителях; последние испытания имеют решающее значение для окончательной оценки. Вместе с тем разрушение бетонов при совместном воздействии на них воды и мороза может быть вызвано не только плохим качеством крупного заполнителя, но и малой морозостойкостью цементного камня [2, 3, 4].

Низкая морозостойкость цементного камня в случае использования портландцементов рекомендуемого минералогического состава и заданной тонкости помола при изготовлении бетонов с водоцементным отношением не выше 0,50 обусловлена, главным образом, старением цемента или цементного камня при недостаточной влажности среды, в которой твердеет бетон [3, 4, 5]. Однако существующие стандарты не учитывают этого: допускается твердение образцов бетона на воздухе при влажности от 100 до 90%, что может привести к низкой морозостойкости цементного камня бетона.

При испытании морозостойкости крупного заполнителя в бетонах, изготавливаемых в соответствии с действующим стандартом, качество крупного заполнителя может быть оценено неправильно, поэтому для окончательной оценки морозостойкости крупного заполнителя необходимы испытания, в которых исключалось бы разрушение цементного камня под воздействием воды и мороза при заданном числе циклов замораживания и оттаивания. Это подтверждают результаты наших опытов [2] и исследования, выполненные в механической лаборатории ЛИИЖТа под руководством автора в период с 1957-1969 гг. при выборе карьеров заполнителей для строительства Братской, Красноярской, Беломорской, Путькинской, Подухом-

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В.Н.ОБРАЗЦОВА

ПРИМЕНЕНИЕ БЕТОНОВ
ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ
В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сборник трудов

Посвящается 80-летию со дня
рождения Заслуженного деятеля
науки и техники РСФСР, доктора
технических наук, профессора
А.В.Саталкина

Под общей редакцией
доктора технических наук, профессора
О.В.КУНЦЕВИЧА

Ленинград
1983

О.В.КУНЦЕВИЧ,
доктор техн.наук

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ И КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ
ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНЫХ БЕТОНОВ
В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

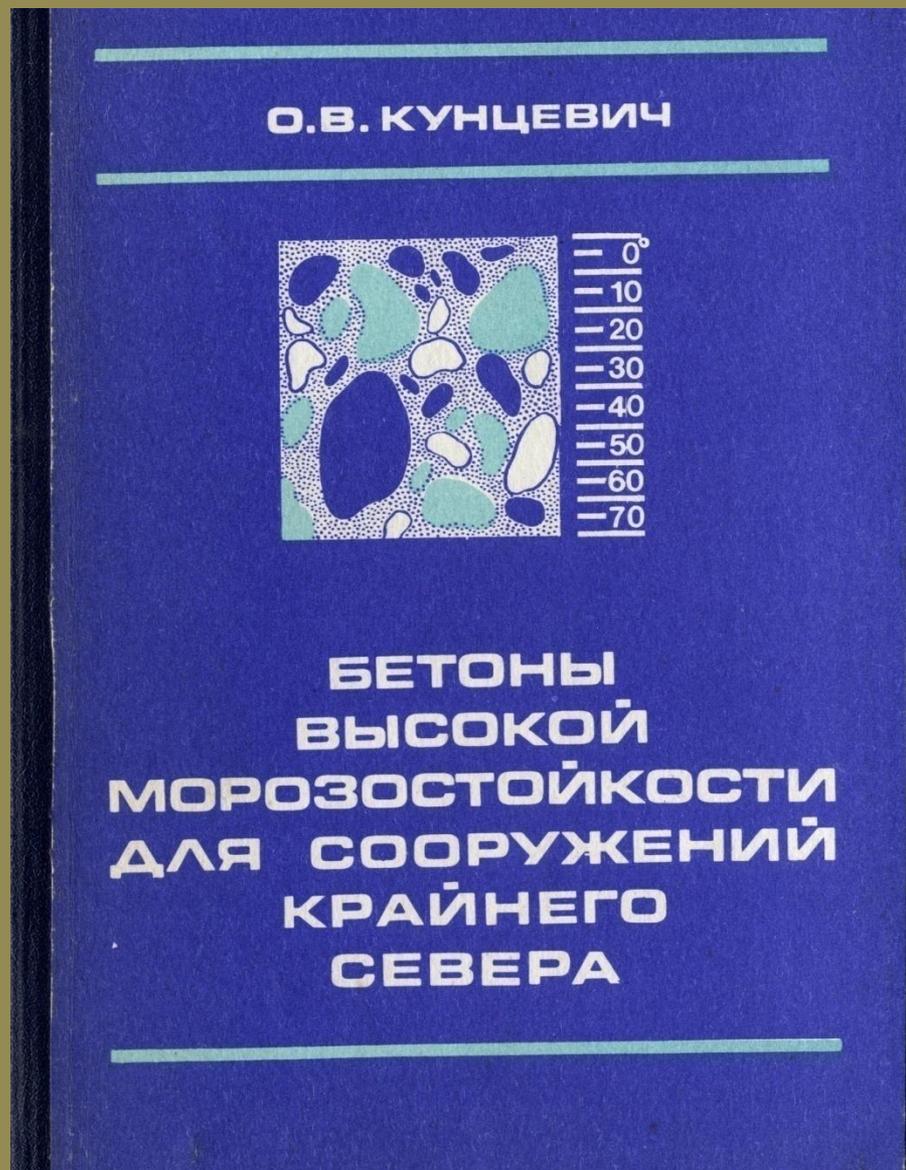
Разработанные в настоящее время новые технологические решения получения высокоподвижных бетонных смесей, бетонов с прочностью 80-120 МПа и бетонов с морозостойкостью выше 1000 циклов, уточнение некоторых основных зависимостей свойств бетона от его структурных особенностей - все это приводит к необходимости рассматривать некоторые ключевые вопросы проектирования состава бетонов.

К числу этих вопросов, в первую очередь, относятся следующие: а) о снижении седиментационной неустойчивости бетонных смесей, в которых система „цемент - вода" обладает малой вязкостью, с одновременным получением в структуре высокопрочного бетона системы условно замкнутых пор, обеспечивающей высокую морозостойкость; б) о приближении адгезионной прочности контакта цементного камня с заполнителем к когезионной прочности цементного камня.

Применение суперпластификаторов типа С-3 или 10-03 позволило получать бетоны с прочностью выше 80 МПа, что достигается значительным снижением величины водоцементного отношения благодаря значительному уменьшению вязкости цементного теста. Однако увеличение прочности бетонов с суперпластификаторами не сопровождается увеличением морозостойкости бетона. Это несоответствие еще раз подтверждает, что из двух основных направлений проектирования морозостойких бетонов: 1) получение бетонов с минимально возможной капиллярной пористостью и 2) получение бетонов

С 1973 по 1990 год Олег Васильевич возглавлял кафедру «Строительные материалы». В течение 15 лет он являлся председателем специализированного совета по защите кандидатских диссертаций. Под его руководством были защищены 20 кандидатских диссертаций. О. В. Кунцевич являлся членом научно-координационного совета по бетону и железобетону Госстроя СССР, работал по государственной программе «Стройпрогресс – 2000». Ему принадлежит более 250 научных трудов и 10 изобретений.

В 1983 году вышла монография Кунцевича «Бетоны высокой прочности для сооружений Крайнего Севера».



Научно-технической библиотеке СМЦХТ
с благодарностью за знания, полученные
автором книги в этом замечательном
хранилище научной мысли

31.01.84

В. Курчевский

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОМОРОЗОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

§ 1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОРОЗОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

1. Понятие о морозостойкости бетона

Имеется несколько определений морозостойкости бетона. Некоторые из них слишком общие [19], другие более конкретны [45], однако они не охватывают всех факторов, воздействующих на бетон при его замораживании и оттаивании. Указанное обстоятельство вполне естественно, так как морозостойкость не является каким-то одним свойством бетонов, а отражает ряд их физических свойств: пористость, водопоглощение, проницаемость, прочность и т.д.

Для систематического изучения сопротивления бетона совместно воздействию воды и мороза, по-видимому, лучше всего применять общую формулировку морозостойкости материала, дополнив ее перечнем причин, вызывающих разрушение бетона при замораживании и оттаивании. Можно предложить следующее определение: морозостойкость бетона — это его способность переносить без снижения прочности повторные деформации (как общие, так и локальные), возникающие при действии попеременного замораживания и оттаивания в результате замерзания воды, содержащейся в порах материала, различия коэффициентов температурного расширения цементного камня, льда и заполнителя, наличия нестационарного температурного поля в теле бетонного сооружения, взаимодействия солей водной среды, окружающей бетон, с минералами цементного камня и других причин.

Если рассматривать только одну из причин возникновения деформаций бетона, а именно замерзание воды в порах материала, то можно дать следующее узкое определение: морозостойкость бетона есть его способность переносить без снижения прочности повторные деформации, возникновение которых связано с образованием льда в порах материала.

Это определение морозостойкости бетона используется в данной работе для четкого ограничения круга рассматриваемых вопросов.

Таблица 9

Величина коэффициента водопроницаемости [93], В/Ц = 0,60

Продолжительность твердения, сутки	Пористость, %	Коэффициент проницаемости k , см/с
Свежеприготовленное тесто	67	$1,15 \cdot 10^{-3}$
1	63	$3,63 \cdot 10^{-5}$
2	60	$2,05 \cdot 10^{-6}$
3	57	$1,91 \cdot 10^{-7}$
4	55	$2,30 \cdot 10^{-8}$
5	53	$5,90 \cdot 10^{-9}$
7	52	$1,95 \cdot 10^{-10}$
12	51	$4,60 \cdot 10^{-11}$

Рис. 7. Кинетика поглощения воды твердеющими концентрированными суспензиями, изготовленными на пластифицированном портландцементе завода им. Воровского с добавкой СНВ = 0,06%

1 — раствор состава 1:2,75, В/Ц = 0,50, А = 21,1%, до контакта с водой образцы твердели 24 ч на воздухе ($\theta = 100\%$); 2 — состав тот же; контакт с водой через 5 мин после изготовления растворной смеси; 3 — раствор состава 1:3,50, В/Ц = 0,70, А = 21,5%, до контакта с водой образцы твердели 24 ч на воздухе ($\theta = 100\%$); 4 — состав тот же, контакт с водой через 5 мин; 5 — $\omega_k = 0,254 \omega_H$

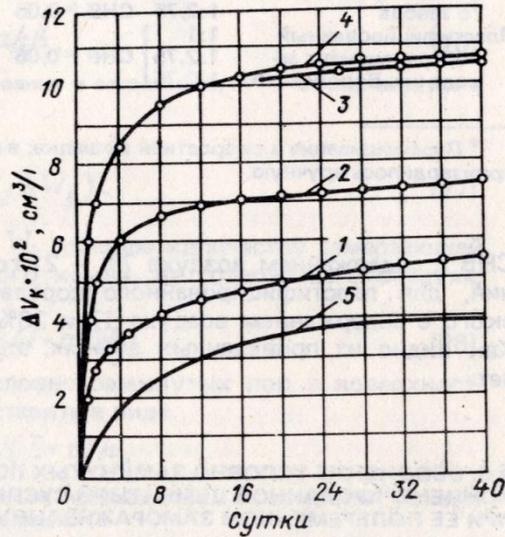


Таблица 19

Влияние различных факторов на изменение параметров
условно замкнутых пор в бетоне с воздухововлекающей добавкой

Фактор	A	α_0	\bar{L}	Источник данных, использованных при составлении таблицы
1. Увеличение добавки натриево-го мыла древесной смолы в бетоне с расходом цемента 300 кг/м ³ , %:				
от 0,006 до 0,013	2,1	1,2	-1,8	[82]
" 0,013 " 0,033	1,3	1,5	-2,1	
2. Увеличение добавки СНВ, %:				
в бетоне с расходом цемента 235-270 кг/м ³ :				
от 0,02 до 0,04	1,9	-	-	
" 0,04 " 0,06	1,5	-	-	
" 0,06 " 0,08	1,3	-	-	[65]
в бетоне с расходом цемента 336-346 кг/м ³ :				
от 0,01 до 0,04	2,8	-	-	
" 0,04 " 0,08	1,9	-	-	
3. Повышение содержания щелочей в цементе до 1,2%	1,03	-1,4	1,4	[82]
4. Увеличение содержания песка в смеси заполнителей на 0,1	1,3-1,4	-	-	[98]
5. Повышение величины В/Ц:				
от 0,45 до 0,80	1,85	-2,1	1,1	[101]
" 0,40 " 0,80	2,36	-1,67	1,1	[82]
6. Увеличение времени перемешивания с 1,5 до 5 мин	-1,2	1,2	-1,1	[101]
7. Увеличение времени вибрирования, с:				
с 12 до 20	-1,1	1,1	≈1	
" 20 " 30	-1,25	1,3	≈1	[82]
" 30 " 50	-1,1	1	≈1	
" 12 " 50	-1,58	1,27	1,2	
8. Увеличение времени вибрирования от 12 до 50 с:				
бетонной смеси с осадкой конуса 1,5 см и В/Ц=0,44 при частоте колебаний 6,8·10 ³ мин ⁻¹	-1,14	-	-	[85]
то же, 13·10 ³ мин ⁻¹	-1,27	-	-	
бетонной смеси с осадкой конуса 10 см и В/Ц=0,53 при частоте колебаний 6,8·10 ³ мин ⁻¹	-1,47	-	-	
то же, 13·10 ³ мин ⁻¹	-2,0	-	-	
9. Увеличение времени выдержки бетонной смеси до момента ее виброуплотнения с 5 до 30 мин	-2,0			[76]
10. Изменение температуры бетонной смеси, °С:				
от 4,4 до 21,1	-1,4	-	-	
" 21 " 32,2	-1,1	-	-	
" 2,5 " 15	-1,38	1,1	-1,1	[101]

П р и м е ч а н и е. Положительные числа в колонке показывают, во сколько раз фактор увеличивает параметр, отрицательные числа — во сколько раз уменьшает.

Влияние количества песка в бетонной смеси на морозостойкость бетона

Состав бетона	В/Ц	Расход цемента, кг/м ³	Содержание песка в смеси заполнителей	Добавки абиетата натрия, % от массы цемента	Количество циклов замораживания	Потери прочности, %	Потери массы, %
1:0:4,55	0,40	—	0	0	200	Образцы разрушились на 70-м цикле	—
1:0:4,55	0,40	—	0	0,03	200	—	1,74
1:2,04:4,06	0,50	340	0,33	0	200	Три образца разрушились на 107—120-м цикле	—
1:2,34:4,67	0,50	304	0,33	0,03	200	0	0,29
1:2,40:3,60	0,50	346	0,40	0	200	27,4	0,47
1:2,59:3,89	0,50	315	0,40	0,03	400	0	0,23
1:2,68:2,68	0,50	380	0,50	0	400	0	0,30
1:3,14:3,14	0,50	325	0,50	0,03	400	0	0,30

Примечание. Крупный заполнитель — гравий. Образцы-кубы размером 10x10x10 см. $\Phi K = 3 \div 4$ см.

Т а б л и ц а 49

Статистические характеристики гранулометрического состава песка* [8]

Показатели	Влажность, %	Содержание зерен крупностью 5 мм, %	Полные остатки на ситах, %					Модуль крупности
			2,5	1,25	0,63	0,31	0,14	
Средний	6,0	4,43	16,36	26,7	45,0	79,3	97,1	2,37
Среднее квадратичное отклонение	1,93	2,52	3,52	3,9	4,5	6,1	1,4	0,17
Коэффициент изменчивости	32,2	0,57	0,21	0,15	0,10	0,08	0,01	0,07

*По контрольным пробам с конвейерных лент бетонного завода. Число проб 231.

Т а б л и ц а 50

Статистические характеристики гранулометрического состава гравия* [8]

Фракция, мм	Показатели	Полные остатки на ситах, %					
		80	40	20	10	5	< 5
40—80	Средний	13,5	80,2	95,6	98,4	99,1	0,8
	Среднее квадратичное отклонение	4,3	6,6	1,32	1,2	0,43	0,46
	Коэффициент изменчивости	0,32	0,08	0,01	0,01	0,004	0,57
20—40	Средний		7,4	87,8	97,4	92,1	0,8
	Среднее квадратичное отклонение		3,6	3,2	1,5	0,64	0,43
	Коэффициент изменчивости		0,48	3,63	0,01	0,006	0,53
5—20	Средний			37,6	61,4	96,9	2,9
	Среднее квадратичное отклонение			0,64	4,1	1,4	0,98
	Коэффициент изменчивости			0,17	0,06	0,01	33,8

*По контрольным пробам с конвейерных лент бетонного завода. Количество проб от 233 до 252.

Таблица 56

Результаты испытаний кернов, выбуренных из блоков плотины Зейской ГЭС

Размеры, см		Разрушающий груз, кН	R_k , МПа	Прочность керна, приведенная к проч- ности образца куба, МПа
высота	диаметр			

Керны, прошедшие 500 циклов замораживания и оттаивания

13,7	13,3	455	32,8	37,0
14,5	13,4	610	43,3	50,0
13,3	13,2	490	35,8	39,7
13,7	13,2	437	32,0	36,0
13,5	13,2	365	26,7	29,9
13,8	13,1	410	30,5	34,8
13,8	13,2	370	27,1	30,8
14,5	13,2	520	36,0	44,1
14,0	14,1	740	46,8	51,4
13,0	14,1	570	36,1	38,1
14,2	14,8	760	44,2	48,1
14,6	14,1	830	52,5	58,8
13,4	14,8	600	34,9	36,4
12,2	14,4	780	47,8	47,7
14,4	14,6	470	28,2	31,0
13,5	14,6	520	31,2	32,9
13,5	14,8	590	34,3	35,7
13,5	14,8	790	45,9	47,8
				42,4

Керны, не подвергавшиеся испытаниям на морозостойкость

13,1	13,1	422	31,3	34,7
14,0	11,1	302	31,2	38,0
14,2	12,0	427	37,8	44,8
14,3	12,6	403	32,3	37,7
12,7	14,6	770	46,1	47,1
13,8	14,0	500	32,5	35,7
13,5	14,1	640	40,5	44,1
13,8	14,0	660	42,8	47,1
11,4	14,1	910	57,6	55,6
12,5	13,5	680	46,9	49,4
12,0	14,1	770	48,7	48,6
12,7	14,2	500	31,5	32,5
13,1	14,3	530	33,1	34,8
12,3	13,3	640	45,4	47,8
14,3	14,3	730	45,6	46,9
13,2	14,8	780	45,4	46,9
				42,9

Т а б л и ц а 58

Содержание воздуха в цементном камне, обеспечивающее его морозостойкость по условиям (45) и (47)

Характеристика цементного камня и скорость охлаждения	Величины, входящие в уравнения					Количество воздуха a , %, необходимое для обеспечения морозостойкости цементного камня по уравнению			
	$Z \cdot 10^3$, Па·с	$B \cdot 10^{17}$, см ²	$X \cdot 10^6$, с ⁻¹	$\sigma_p \cdot 10^{-6}$, Па	X , см	(45) при		(47) при	
						$\alpha = 10 \text{ мм}^{-1}$	$\alpha = 40 \text{ мм}^{-1}$	$\alpha = 10 \text{ мм}^{-1}$	$\alpha = 40 \text{ мм}^{-1}$
Плотный цементный камень, В/Ц = 0,45; скорость охлаждения 30 °С/ч	2	1	5	6,0	0,11	7,8	0,7	8,3	2,2
Плотный цементный камень, В/Ц = 45; скорость охлаждения 3 °С/ч	2	1	0,5	6,0	0,35	1,0	< 0,1	2,8	0,7
Пористый цементный камень, В/Ц = 0,70; скорость охлаждения 30 °С/ч	2	100	5	3,5	0,84	< 0,1	< 0,1	1,2	0,3

Т а б л и ц а 59

Содержание воздуха в цементном камне, обеспечивающее его морозостойкость по условиям (47)

В/Ц	Величины, входящие в уравнение (42)					a , %, по уравнению (47) при		Примечание
	$Z \cdot 10^3$, Па·с	$B \cdot 10^{18}$, см ²	$X \cdot 10^6$, с ⁻¹	$\sigma_p \cdot 10^{-6}$, Па	$X \cdot 10$, см	$\alpha = 10 \text{ мм}^{-1}$	$\alpha = 40 \text{ мм}^{-1}$	
0,45	2	10	5	6	1,1	8,3	2,2	По данным [101] значение коэффициента B принято по [94] для цементного геля. По данным [101] значение B взято для цементного геля. Значение B взято для цементного геля; значение X — для переохлажденной воды.
0,45	2	1	5	6	0,35	22	6,7	
0,70	2	1000	5	3,5	8,4	1,2	0,3	
0,70	2	1	5	3,5	0,27	27	3,5	
0,45	2	1	3000	6	0,014	88	64	

П р и м е ч а н и е. При расчете по формуле (47) коэффициент 0,82 не учитывался.

Таблица 60

Расчетная и фактическая морозостойкость бетона [81]

Добавка, % от массы цемента	В/Ц	Подвижность смеси, см	Объем вовлеченного воздуха, %	Φ_K	Морозостойкость бетона, циклы	
					рассчитанная по Φ_K	по ГОСТ 10060-76
СДБ = 0,2	0,4	2-3	3,42	0,955	252	300
СДБ = 0,3	0,4	3-4	4,03	1,08	320	350
СНВ = 0,02	0,4	3	4,04	1,08	460	600
СНВ = 0,02 + СДБ - 0,2	0,55	4	4,8	0,67	210	250
СНВ = 0,015	0,4	6	3,3	0,76	255	300
Без добавки	0,7	5	2	0,25	36	142

где V_B — объем воздуха или газа в уплотненной смеси, %; V_K — объем контракционных пор в бетоне, %; V_f — объем замерзающей при -20°C воды в бетоне, %; ρ_c, ρ_B — плотность цемента и воды, принимаемая равной соответственно 3100 и 1000 кг/м³; В, Ц — содержание воды и цемента в 1 м³ бетона, кг.

После ухода с должности заведующего кафедрой в 1990 году, Олег Васильевич сосредоточился на учебной и научной деятельности.
Умер в 1995 году.

СССР—МПС
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени академика В. Н. ОБРАЗЦОВА

Индекс УДК 691.32 Кафедра СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
гос. регистрации 01900041469
Ив. № 02920 004790 -
СССР—МПС
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ Ж. Д. ТРАНСПОРТА
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР
Зарегистрировано № 1562
28.12.1991 г.
Начальник ИИС Ливанов

«УТВЕРЖДАЮ»
Профессор по научной работе
Сапожников В.В.
(инициалы, фамилия)
28.12.91
(дата)

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
АНАЛИЗ И КОРРЕКТИРОВКА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА ПРИ
(наименование темы)
СЕРИЙНОМ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОЛОНЫ И РИГЕЛЕЙ С ОБОБЩЕНИЕМ
ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛЯ НАПИСАНИЯ ПОСТОЯННЫХ ТУ
(наименование отчета)

(Заключительный)
(вид отчета — промежуточный, заключительный)

Всего частей I Часть № _____
Тема № I52 Задание _____

Зав. кафедрой
Д.т.н. профессор Комохов П.Г.
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)
25.12.91
(дата)

Руководитель работы
Д.т.н. профессор Кунцевич О.В.
(должность, ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)
25.12.91
(дата)

Ответственный исполнитель
К.т.н. доцент Федоров В.Б.
(должность, ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)
К.т.н. ст.н.с. Макаревич О.Е.
(подпись) (инициалы, фамилия)
25.12.91
(дата)

1. АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА КОЛОНН И РИГЕЛЕЙ
ПРИ МАССОВОМ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЛЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ "ПАРК КУЛЬТУРЫ"

1.1. Общие сведения

Бетонную смесь при бетонировании колонн и ригелей для экспериментальной станции "Парк Культуры" Ленинградского метрополитена готовили на заводе ЖБИД Ленметростроя. Причем, для опытной партии изделий это осуществлялось полностью по тюбинговой технологии, которая включала использование мытого и фракционированного гранитного щебня, не мытого горного песка, с перемешиванием в бетоносмесителе принудительного действия.

В дальнейшем, при массовом бетонировании изделий колонно-прогонного комплекса для указанной станции, по настоянию руководства завода, перемешивание бетонной смеси осуществлялось в бетоносмесителе свободного падения (БСУ-1), при этом горный песок был также не мытый. Все это вместе взятое являлось нарушением требований "Временных технических условий" и несомненно сказалось на качестве бетона.

Колонны и ригеля бетонировали в основном в два слоя, поскольку высота их сечения составляла около 1 м и они были густо армированы стальной арматурой. Каждый слой смеси одновременно уплотняли несколькими глубинными вибраторами с диаметром головки от 35...50 мм. Перерыв во времени бетонирования отдельных слоев был равен в среднем 20 мин.

Общий объем смеси для изготовления одной колонны составлял 2,6 м³, а для ригеля - 3,0 м³.

Таблица I.I

Прочность бетона железобетонных конструкций опытной партии

Наименование конструкций	№№ слоев бетона	Средний предел прочности кубов при сжатии, МПа, в возрасте, сутки						Примечание
		I	3	7	28	180	365	
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Колонна № I	I	18,0	40,8	-	54,5			Нарушение температурно-влажностного режимов твердения
	2	16,0	38,2	-	56,5			
То же № 2	I	15,7	-	40,3	52,8	65,0	71,4	То же
	2	14,3	-	32,8	54,0	65,0		
То же № 3	I	18,6	49,6	59,8	43,7	-		Перемешивание бетонной смеси на старой бетономешалке Наличие в образцах красного щебня, разрушение по щебню
	2	20,9	52,0	38,0	54,0	-		
То же № 4	I	-	44,1	48,2	43,3	-		Применение Волховского цемента
	2	-	45,8	50,4	45,0	-		
То же № 5	I	15,2	-	56,7	51,2	-		Применение Волховского цемента
	2	14,9	-	49,7	50,8	52,1	61,4	
То же № 6	I	22,4 ^{x)}	-	40,1	36,4	-	60,1	Применение Волховского цемента
	2	-	-	-	-	-		
То же № 7	I	30,5 ^{x)}	-	40,0	54,6	38,5	42,1	То же
	2	31,2 ^{x)}	-	35,0	56,8	-		
То же № 8	I	-	36,8	36,2	51,5			Применение Волховского цемента
	2	-	34,5	-	-			

МПС РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Индекс УДК 691.32

Кафедра СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

№ гос. регистрации 01900055364

Инв. № СССР-МПС



Сопожников В.В.
(инициалы, фамилия)

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ И МОРОЗОСОЛЕСТОЙКОСТИ
(наименование темы)
БЕТОНА С КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА
С-3 и МИКРОКРЕМНЕЗЕМА
(наименование отчета)

(Заключительный)

(вид отчета — промежуточный, заключительный)

Всего частей 1

Часть № _____

Тема № Г39

Задание _____

Зав. кафедрой

Д.т.н. профессор
(ученая степень, звание)

П.Г. Комохов
(подпись)

П.Г. Комохов
(инициалы, фамилия)

19.11.92
(дата)

Руководитель работы

Д.т.н. профессор
(должность, ученая степень, звание)

О.В. Кунцевич
(подпись)

О.В. Кунцевич
(инициалы, фамилия)

19.11.92
(дата)

Ответственный исполнитель

Ст.н.с.
(должность, ученая степень, звание)
Научн. сотр.

А.М. Полтавченко
(подпись)

А.М. Полтавченко
(инициалы, фамилия)
В.В. МАХИНИН

19.11.92
(дата)

19.11.92

Санкт-Петербург — 19 92

Таблица I.2

Состояние эксплуатируемых покрытий в зависимости
от состава бетона (по данным /33/)

МК, %	Расход це- мента, кг/м ³	В		Параметры УЭП			Количество зимних се- зонов служ- бы покрытия	Состо- яние покры- тия
		Ц + МК		A, %	d, мм ⁻¹	L, мкм		
0	35I	0,43		7,7	26,1	145	3	отл.
7,6	286	0,49		4,8	19,6	250	3	отл.
0	320	0,43		4,9	25,0	203	3	отл.
8,0	280	0,51		6,7	22,8	200	3	отл.
0	410	0,39		8,2	19,7	200	2	отл.
II	270	0,53		6,3	15,4	300	2	неуд.
10	315	0,50		4,2	21,1	270	4	хор.
15	315	0,55		3,3	14,5	430	4	хор.
10	200	0,50		7,4	16,0	220	5	удовл.
15	195	0,55		6,1	14,1	300	4	удовл.
20	195	0,60		3,7	14,9	370	4	неуд.

См. примечание 2 к табл. I.1.

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Кафедра «Строительные материалы и технологии»

**РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОНА
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ
ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания
к выполнению
учебно-исследовательской работы

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1995



С ЮБИЛЕЕМ, ПРОФЕССОР

Олег Васильевич Кунцевич — питомец нашего института, который он окончил в 1939 году и в котором более 45 лет проходила его научная и педагогическая деятельность. Она прерывалась службой О. В. Кунцевича в рядах Советской Армии — он участвовал в военных кампаниях в 1939—1940 гг. и работал в составе спецформирования на военно-восстановительных работах во время Великой Отечественной войны с 1942 по 1945 год.

После войны О. В. Кунцевич возвращается в институт и поступает в аспирантуру, после окончания ее работает ассистентом, старшим научным сотрудником, доцентом, а после защиты в 1969 году докторской диссертации он — профессор кафедры.

С 1973 по 1990 год Олег Васильевич был заведующим кафедрой «Строительные материалы». За этот период кафедре достигла высоких показателей в учебной и научной работе. Являясь крупным ученым в области технологии бетона, О. В. Кунцевич возглавляет научное направление по повышению морозостойкости материалов сооружений, эксплуатируемых в условиях Северо-Западного региона, а также в экстремальных условиях Сибири и крайнего Севера. Под его руководством и при непосредственном участии выполнены комплексные исследования бетонов для таких важных народнохозяйственных объектов, как Краснодарская, Зейская и другие ГЭС, мосты БАМа, Ленинградский метрополитен.

За высокую результативность научно-исследовательских работ, внедренных при строительстве Зейской ГЭС, он награжден орденом «Знак Почета», Бронзовою медалью ВДНХ и значком

«Строитель Зейской ГЭС». Заслуги О. В. Кунцевича отмечены и другими высокими правительственными наградами: медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.», «За победу над Германией», значком «Почетный железнодорожник», именными часами МПС и МТС. Он занесен в Книгу почета ЛИИЖТа и избран Почетным профессором ЛИИЖТа.

Плодотворен творческий путь О. В. Кунцевича. Им написано более 250 научных работ, он является автором более 10 изобретений, которые внедряются в строительстве и принесли государству значительный экономический эффект — более 4 млн. рублей. Под его руководством выполнено и защищено более 20 кандидатских диссертаций.

Обширная эрудиция, живой интерес к техническому прогрессу и постоянная готовность служить общему делу развития науки в нашей стране обусловили активное участие Олега Васильевича в работе научно-координационного Совета по бетону и железобетону Госстроя СССР, в выполнении важнейшей программы развития «Стройпрогресс—2000». На протяжении 15 лет он возглавлял специализированный Совет по защите кандидатских диссертаций, является членом двух советов по защите докторских диссертаций, проводя при этом огромную работу по экспертной оценке поступающих работ.

Весь коллектив сотрудников кафедры желает дорогому юбиляру, находящемуся в расцвете творческих сил, доброго здоровья, бодрости, большого личного счастья и дальнейших успехов в научной и педагогической деятельности. Ю. ЖУКОВ, доцент кафедры «Строительные материалы»

Библиография:

Книги, сборники

1. Выдающиеся выпускники и деятели Петербургского государственного университета путей сообщения [Текст] / Н. А. Бабинцев [и др.] ; ред.: В. В. Сапожников, Г. А. Глащенко, В. Е. Павлов. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2009. - 417 с.
2. Высокопрочные бетоны [Текст]: Сборник трудов Вып. 299/ ЛИИЖТ; под общ. ред. А. В. Саталкина. - Ленинград: Транспорт, 1962. - 124 с.
3. Исследование бетонов для транспортного и гидротехнического строительства [Текст]: Сборник трудов Вып. 382 / ЛИИЖТ ; ред. О. В. Кунцевич. - Ленинград: ЛИИЖТ, 1975. - 140 с.
4. Исследование бетонов повышенной прочности, водонепроницаемости и долговечности для транспортного строительства [Текст]: Сборник трудов. Вып. 398 / ЛИИЖТ; под общ. ред О. В. Кунцевича. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1976. – 123 с.
5. Исследование бетонов повышенной прочности, водонепроницаемости и долговечности для транспортного строительства [Текст]: Сборник трудов / ЛИИЖТ; под общ. ред О. В. Кунцевича. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1978. – 122 с.
6. Кунцевич Олег Васильевич (1916-1995) [Текст]: Библиография: 124 назв. / сост. Н. А. Копеко. - СПб. : ПГУПС, 2000. - 18 с.
7. Кунцевич О. В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера [Текст] / О. В. Кунцевич. – Ленинград: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1983. – 131 с.
8. Кунцевич О. В. Исследования физических и технологических основ проектирования морозостойких бетонов [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: № 484. Строительные материалы, детали и изделия / О. В. Кунцевич; ЛИИЖТ. – Ленинград, 1968. – 40 с.
9. Кунцевич О. В. К изучению структуры и свойств строительных материалов, применяемых на транспорте [Текст]: методические указания / О. В. Кунцевич, В. А. Солнцева; ЛИИЖТ. Каф. «Строительные материалы» – Ленинград: ЛИИЖТ, 1978. – 29 с.
10. ЛИИЖТ на службе Родины 1809-1984 [Текст] / ЛИИЖТ ; ред. Е. Я. Красковский. - Л. : Транспорт, 1984. - 238 с.

11. Применение бетонов повышенной прочности и долговечности в железнодорожном строительстве [Текст]: Сборник трудов / ЛИИЖТ; под общ. ред О. В. Кунцевича. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1983. – 101 с.
12. Прогрессивная технология бетона для транспортных сооружений и конструкций [Текст]: Сборник научных трудов/ ЛИИЖТ; под общ. ред О. В. Кунцевича. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1991. – 109 с.
13. Ресурсосберегающая технология бетона и технико-экономическое обоснование выбора материалов: методические указания к выполнению учебно-исследовательской работы / ПГУПС, каф. "Строительные материалы и технологии"; сост.: П. Г. Комохов [и др.]. – Санкт-Петербург, 1995. – 44 с.
14. Строительные материалы. Основания и фундаменты [Текст]: Сборник трудов Вып. 157 / ЛИИЖТ ; ред. С. Р. Абрагам. - Москва: Трансжелдориздат, 1959. - 188 с.

Отчеты о НИР

15. Анализ и корректировка параметров технологии бетона при серийном изготовлении колонн и ригелей с обобщением полученных результатов для написания постоянных ТУ [Текст] Отчет о НИР (заключительный): Тема № 152 / ЛИИЖТ, каф. «Строительные материалы»; рук. Работы О. В. Кунцевич. – Ленинград, 1991
16. Исследование бетона с целью совершенствования состава и технологии изготовления тюбингов автоклавным способом [Текст] Отчет о НИР (заключительный): Тема № 388 / ЛИИЖТ, каф. «Строительные материалы»; рук. Работы О. В. Кунцевич. – Ленинград, 1982
17. Исследование морозостойкости и морозозосолестойкости бетона с комплексными добавками на основе суперпластификатора С-3 и микрокремнезема [Текст] Отчет о НИР (заключительный): Тема № 139 / ПИИТ, каф. «Строительные материалы»; рук. Работы О. В. Кунцевич. – Санкт-Петербург, 1992. – 111 с.
18. Определение воздействия агрессивных вод на прочностные характеристики железобетона [Текст] Отчет о НИР (заключительный): Тема № 390 / ЛИИЖТ, каф. «Строительные материалы»; рук. Работы О. В. Кунцевич. – Ленинград, 1983

Статьи из журналов и газет

19. Жуков Ю. С юбилеем, профессор [Текст] / Ю. Жуков // Наш путь. – 1991. - №-№ 20 (24 июня). – с.3
20. Иохельсон Я. Современная теория прочности бетонов [Текст] / Я. Иохельсон, О. Кунцевич // Наш путь– 1954. - № 1 (2 апреля). – с. 2
21. Кунцевич О. В. Влияние газообразующей добавки ГКЖ-94 и воздухововлекающей добавки на морозостойкость бетонов [Текст] / О. В. Кунцевич, П. Е. Александров // Бетон и железобетон. – 1964. – № 2. – с.70-72
22. Кунцевич О. В. Строительные материалы [Текст] / О. В. Кунцевич // Транспортное строительство. – 1984. - № 12. – с. 25-26
23. Трубникова С. Защита диссертации [Текст] / С. Трубникова // Наш путь. – 1969. - № 10 (18 марта). - с. 3

24. Каталоги и картотеки Научно-технической библиотеки ФГБОУ ВО ПГУПС
25. Сайт ФГБОУ ВО ПГУПС <http://www.pgups.ru/>