

V Международная научно-практическая
конференция «Строительство дорог с
применением цементобетона и минеральных
вяжущих»

10 июля 2025 г.

**Тема: «Строительство ездового полотна мостовых сооружений
с применением фибробетона»**



Докладчик: **Валиев Шерали Назаралиевич**,
Заведующий кафедрой «Мосты, тоннели и СК» МАДИ, профессор,
генеральный директор ООО «МИП «НИЦ Мостов и Сооружений» МАДИ

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЕЗДОВОМУ ПОЛОТНУ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

- иметь достаточное сопротивление износу;
- иметь износостойкость к воздействию нефтепродуктов, воды и минеральных солей;
- иметь слабую восприимчивость к воздействию погодных условий;
- способность деформироваться, сохраняя структуру;
- обеспечить сопротивление скольжению;
- иметь необходимую жесткость, ровность и устойчивость к старению;
- надежно защищать и изолировать нижележащие конструкции.

Преобладающие на сегодняшний день мостовые сооружения с асфальтобетонным покрытием, к сожалению, вызывают очень много вопросов. Традиционные материалы и технические решения по устройству ездового полотна не полностью удовлетворяют технико-эксплуатационным требованиям. Поэтому необходимо **дальнейшее совершенствование конструкций, материалов и технологий**, применяемых при устройстве одежды ездового полотна на мостовых сооружениях. В настоящее время в профессиональном сообществе довольно часто обсуждается вопрос использования **цементобетона** для устройства дорожной одежды на мостовых сооружениях. Исследования в этом направлении проводятся в т.ч. в МАДИ.



асфальтобетон



цементобетон



ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КАЧЕСТВЕ ПОКРЫТИЯ ЕЗДОВОГО ПОЛОТНА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Для устройства дорожной одежды на мостовых сооружениях применяют:

Литой асфальтобетон с ПБВ



Уплотняемый асфальтобетон с ПБВ;



щебеночно-мастичный
асфальтобетон (ЩМА)



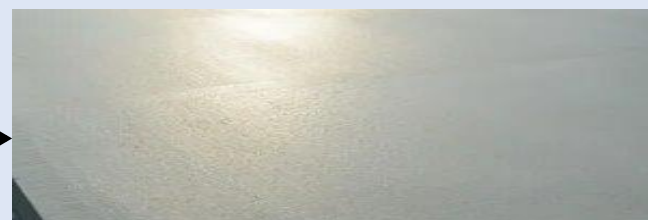
тонкослойное полимерное покрытие



сталефибробетон



высокоплотный
бетон



полимербетон

ТРЕБОВАНИЯ К ПОКРЫТИЮ ЕЗДОВОГО ПОЛОТНА ИЗ ФИБРОБЕТОНА НА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ

п. 5.66, СП 35.13330.2011

При применении цементобетона для покрытия проезжей части его толщину принимают **не менее 120 мм**.

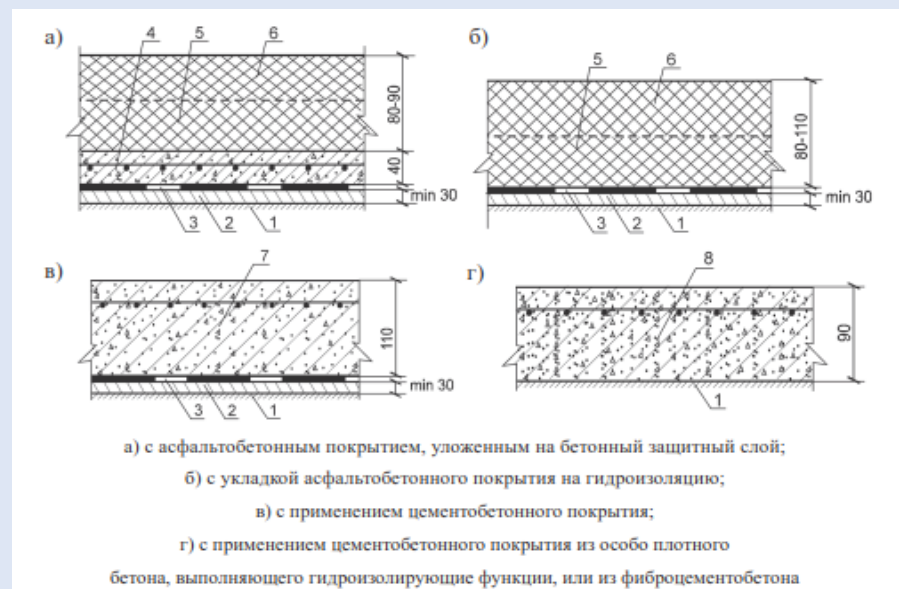
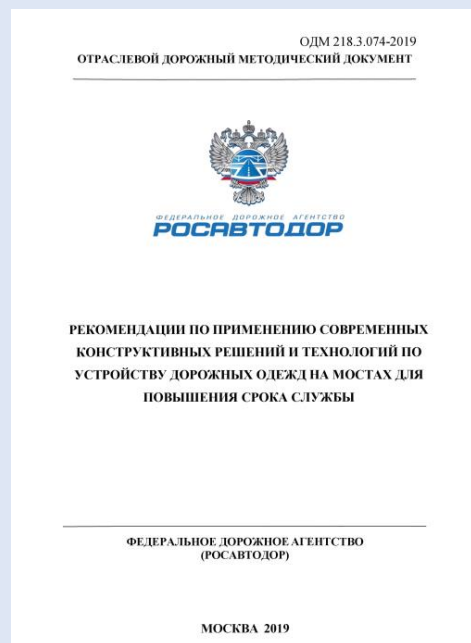
Покрытие выполняют из бетона с $B / C < 0,42$, класса по прочности на сжатие **не ниже В30**, маркой водонепроницаемости **не ниже W8** и маркой по морозостойкости **F300**.

Фибробетон для покрытия ездового полотна мостовых сооружений - это сложно-композитная смесь, обладающая повышенной устойчивостью к интенсивным нагрузкам, отличными гидроизоляционными показателями, устойчивая к сжатию и растяжению, и выдерживающая долгий срок эксплуатации.



Современные конструктивно-технологические решения покрытия ездового полотна на основе **фибробетона** направлены на повышение **долговечности, прочности и устойчивости** конструкции мостовых сооружений при снижении затрат на их строительство и эксплуатацию.

УСТРОЙСТВО ПОКРЫТИЙ НА ЕЗДОВОМ ПОЛОТНЕ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ



	НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ СТРОИТЕЛЕЙ Стандарт организации
	Мостовые сооружения УСТРОЙСТВО ПОКРЫТИЙ НА МОСТАХ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ СТО НОСТРОЙ 2.29.113-2013 ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ Москва 2014

5.2.1. Дорожная одежда на пролетных строениях с ж.б. плитой может быть выполнена двух- или однослойной из **бетона особо низкой водонепроницаемости**, выполняющей гидроизолирующие функции и функции покрытия, при условии, что действующие растягивающие напряжения не превосходят **расчетных сопротивлений бетона на растяжение**.

6.4 Покрытие автодорожного моста должно обеспечивать плавный безопасный проезд по сооружению. Покрытие должно обладать:

- достаточной ровностью и плавностью продольного и поперечного профилей;
- высокой износостойкостью;
- шероховатостью;
- прочностью и долговечностью.

10 Технология устройства цементобетонных и фиброцементобетонных покрытий на мостах и искусственных сооружениях

10.1 Общие требования при устройстве покрытий на мостах и искусственных сооружениях из цементобетона и фиброцементобетона

10.1.1 Устройство цементобетонных и фиброцементобетонных покрытий следует производить в соответствии с проектом и ППР.

11.4 Контроль выполнения работ при устройстве покрытия из цементобетона и фиброцементобетона на мостах и искусственных сооружениях

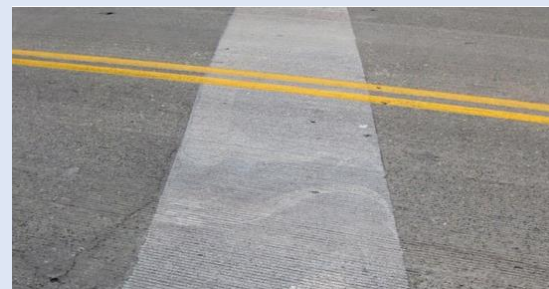
11.4.1 Входной контроль.

11.4.1.1 В соответствии с 11.1.2 следует осуществить входной контроль поставляемых цементобетонных и фиброцементобетонных смесей на соответствие требованиям проекта и ГОСТ 7473.

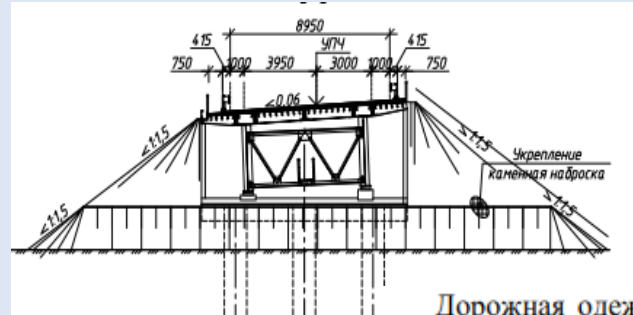
НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОКРЫТИЯМ ИЗ ФИБРОБЕТОНА

включают документы, регламентирующие свойства материала, правила проектирования и технологические требования.

- **наличие сцепления:** связь покрытия с плитой проезжей части должна быть надежной для обеспечения их совместной работы, а также для предотвращения отслаивания и сдвига покрытия относительно плиты проезжей части;
- **гидроизоляция:** повышенная водонепроницаемость, высокие гидроизоляционные характеристики;
- **прочность и долговечность:** покрытие должно воспринимать не только колесную нагрузку, но и другие виды воздействий, такие как ветровое воздействие, изменение температуры и т.д. Оно должно быть устойчивым к воздействию воды, топлива и масла от проезжающего транспорта, а также соленой воды и антигололедных смесей;
- **безопасность:** покрытие должно сохранять шероховатость при ожидаемых условиях эксплуатации на всем протяжении срока службы;
- **малый вес:** одежда ездового полотна должна иметь минимальный вес при сохранении своих функций.



Мост через р. Куланда на а/д Р-504 «Колыма», км 480+942



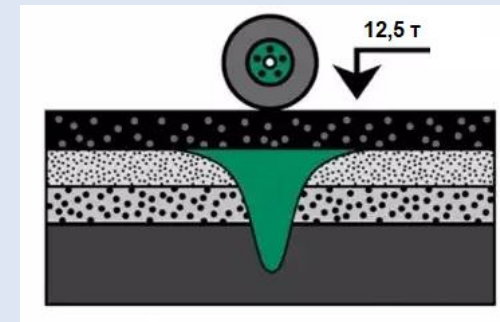
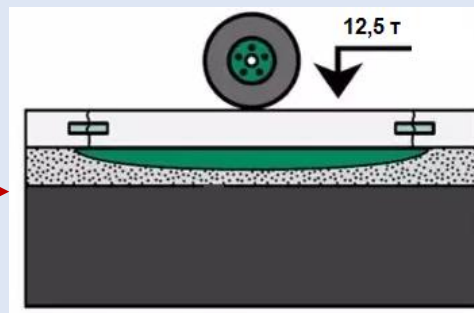
Основные преимущества покрытий из фибробетона

-

2015 г.



ц/б покрытие



а/б покрытие

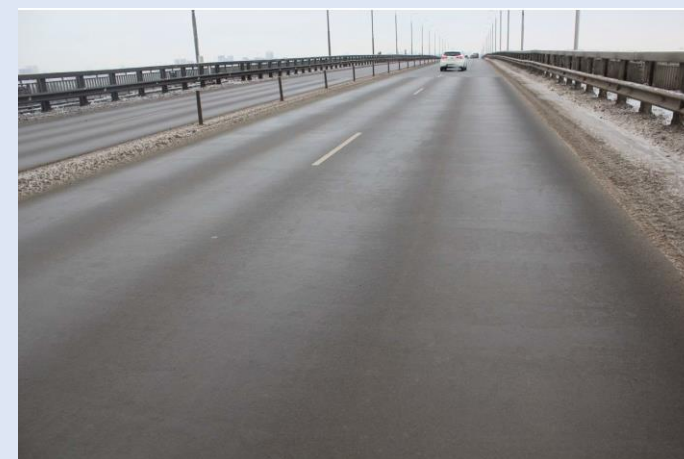
Мост через р. Ока в г. Рязани

(год постройки 1972 г.)

По данным диагностики 2017 г.

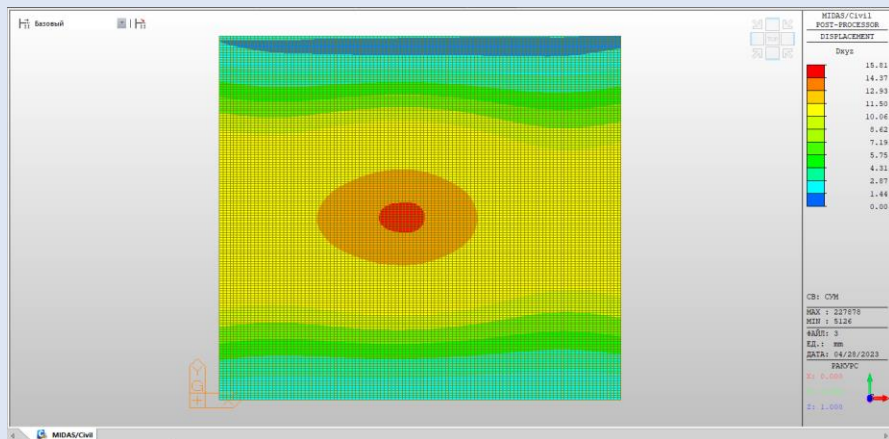


Вид на проезжую часть из гидрофобного цементобетона. Локальные разрушения покрытия.

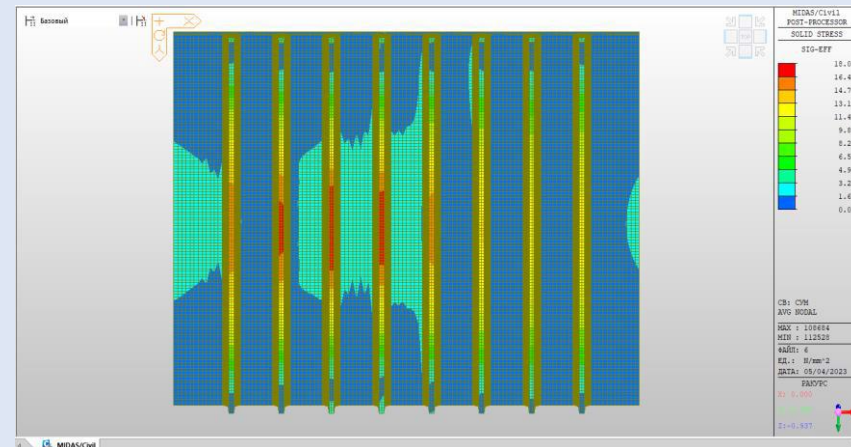


Состояние тонкослойного покрытия на п/ч из полимербетона (2018 г.)

Сравнительное исследование напряженно-деформированного состояния ж.б. пролетного строения с различными покрытиями



Контур перемещений от временной нагрузки А14 с включением д/о из ц/б



Изополя напряжений от временной нагрузки Н14 с включением д/о из ц/б

Результаты сравнительных расчетов

а) Перемещений

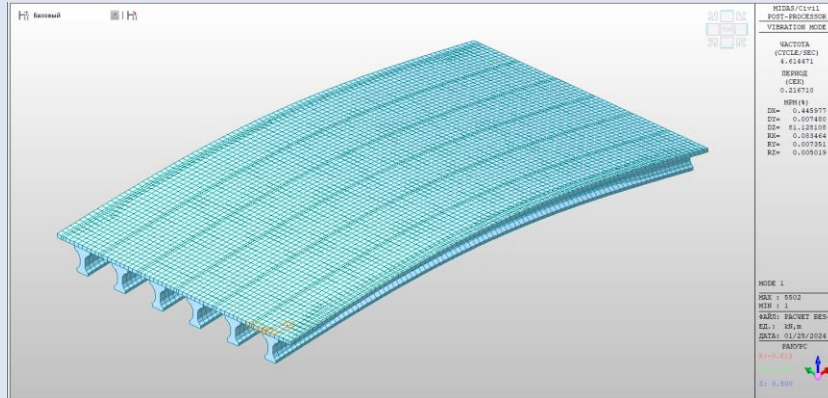
Вид расчета		A14	H14
1	С учетом д/о из а/б	15,81 мм	13,67 мм
2	С учетом д/о из ц/б	12,92 мм	12,02 мм
3	С учетом д/о из фц/б	8,92 мм	9,24 мм

б) Напряжений

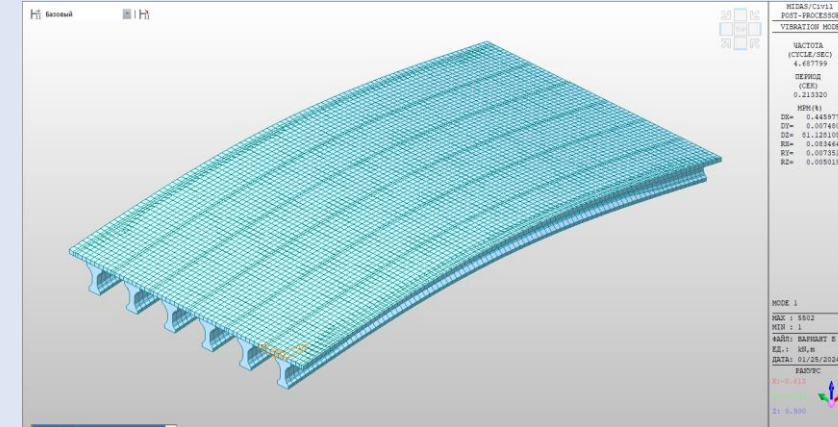
Вид расчета		A14	H14
1	С учетом д/о из а/б	22,01 МПа	18,68 МПа
2	С учетом д/о из ц/б	21,25 МПа	18,04 МПа
3	С учетом д/о из фц/б	18,12 МПа	16,32 МПа

Сравнительное исследование динамических характеристик ж.б. пролетного строения с различными покрытиями

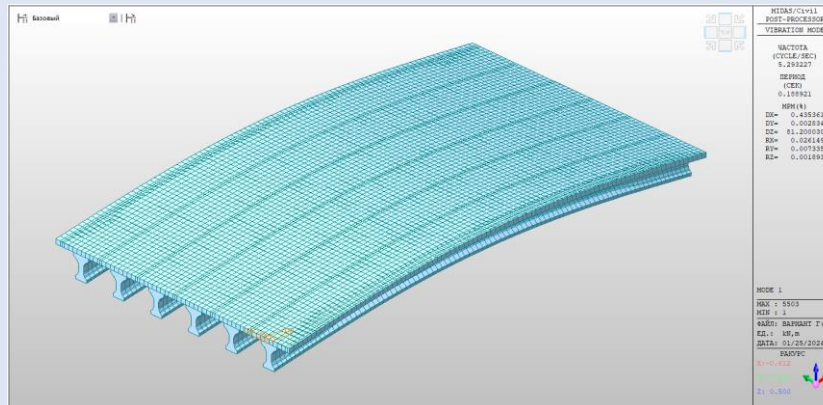
Частота 4,61Гц



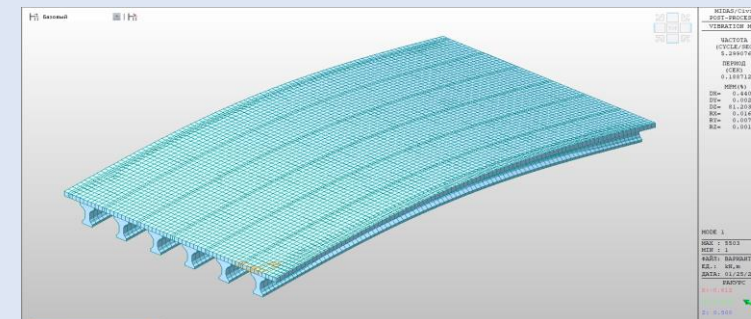
Частота 4,69Гц



Частота 5,29Гц



Частота 5,30 Гц



Варианты	1-ая частота	2-ая частота	3-ая частота
I . Без учета д/о из а/б	4,61	4,86	6,98
II. С учетом д/о из а/б	4,69	4,94	7,09
III С учетом д/о из ц/б	4,67	4,92	7,06
IV.1 С учетом д/о из фц/б, h=6 см	5,29	5,77	9,12
IV.2 С учетом д/о из фц/б, h=9 см	5,47	5,97	9,86

СОВРЕМЕННЫЕ БЕТОНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОСТОВЫХ ООРУЖЕНИЙ

Какими свойствами должны обладать современные бетоны?



Высокая
Водонепроницаемость



Высокая
Сульфатостойкость



Повышение
Прочности



Ускорение
набора прочности



Повышение
Морозостойкости



Пластичность
Связность
Перекачиваемость



Воздухововлечение



Самозалечивание
сквозных трещин



Экологичность



Подземные паркинги



Подземные и подводные тоннели



Плавательные бассейны



Резервуары с питьевой водой

ИНОВАЦИОННЫЕ МАТРИАЛЫ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МОСТОСРОЕНИИ

Высокопрочные бетоны

Как показала экономическая оценка эффективности применения для транспортного строительства высокопрочных бетонов, область их использования достаточно невелика (в СП 35.13330.2011 нормируется класс бетона на сжатие не выше В60).

Эта область применения связана, в основном, с возведением пилонов и столбчатых опор мостов, то есть элементов, которые работают на внецентренное сжатие.



Опыт применения высокопрочного бетона в мире

Область применения	Место строительства	Год	Прочность бетона, МПа	
			на сжатие	при растяжении
Пешеходный мост	Шербрук, Канада	1997	200-350	40
Пешеходный мост Seonyu	Сеул, Корея	2002	180	32
Sakata Mirai пешеходный мост	Саката, Япония	2002	238	40
Вантовый мост (виадук) Millau Viaduct	Автомагистраль A75, Франция	2004	165	30
Автомобильный мост Shepherds creek	Сидней, Австралия	2005	180	-
Пешеходный мост Papatoetoe	Окленд, Новая Зеландия	2006	160	30
Пешеходный мост Glenmore/Legsby	Калгари, Канада	2007	-	-
Мост Gaertnerplatz	Кассель, Германия	2007	150	35
Балочный мост	Айова, США	2006-2008	150	-
Мост Whiteman на автомагистрали 24	Брантфорд, Канада	2011	140	30
Фермовый пешеходный мост из высокопрочного бетона	Испания	2012	150	
Мост через реку Jackpine	Онтарио, Канада	2013	-	-
Деловой центр «Москва-сити»	Москва, Россия	2006-2013	100-120	
Комплекс сооружений, воздвигнутых к Дню победы	Красноярск-40, Россия	2010	180-200	8-12



ИНОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ВЕЗДОВОМ ПОЛОТНЕ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

1. ПОЛИМЕРБЕТОН

Эластомерный вибростойкий ударопрочный материал для переходных зон ДШ.

Основные преимущества полимербетона:

- быстрый набор прочности (прим. 1 час);
- возможность использования при низких температурах (до -25°C);
- простота в работе;
- прочнее бетона;
- полная гидроизоляция;
- высокая химстойкость;
- полная погодоустойчивость;
- отличная износостойкость;
- устойчивость к горячей воде;
- отсутствие трещин;
- устойчивость к антигололедным реагентам;
- высокие электроизоляционные свойства;

2. ГИДРОФОБНЫЙ БЕТОН

Этот материал обеспечивает долговечность проезжей части мостовых сооружений благодаря своим техническим характеристикам:

- повышенная водонепроницаемость, высокие гидроизоляционные характеристики;
- высокий показатель прочности благодаря стойким наполнителям;
- устойчивость к температурным перепадам и повышенная морозостойкость;
- устойчивость к мощным статическим и динамическим нагрузкам;
- минимальная теплоотдача при застывании;
- дает минимальную усадку;
- стойкость к негативному воздействию агрессивной воды и повышенной влажности.

3. СВЕРХПРОЧНЫЙ ФИБРОБЕТОН (СПФБ)

Разработан национальный стандарт ГОСТ Р 72000-2025, определяющий общие технические условия применения СПФБ в мостостроении.

Разработана методика проектирования составов сверхпрочного фибробетона с заданными свойствами.

Требования к технологии приготовления и применению смеси СПФБ.

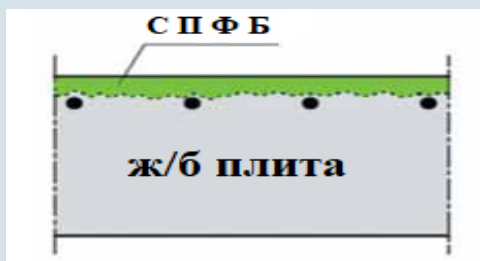
Требования к контролю процессов и характеристик материала на всех этапах изготовления и применения СПФБ.

СПФБ на одном из уязвимых участков эстакады ТТК в районе Москва-Сити

Варианты устройства покрытия из СПФБ на железобетонной плиты проезжей части.

Керн-образец по контакту

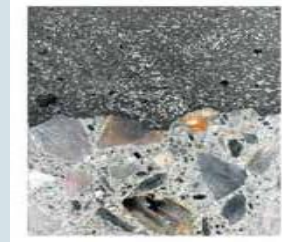
а)



б)



в)



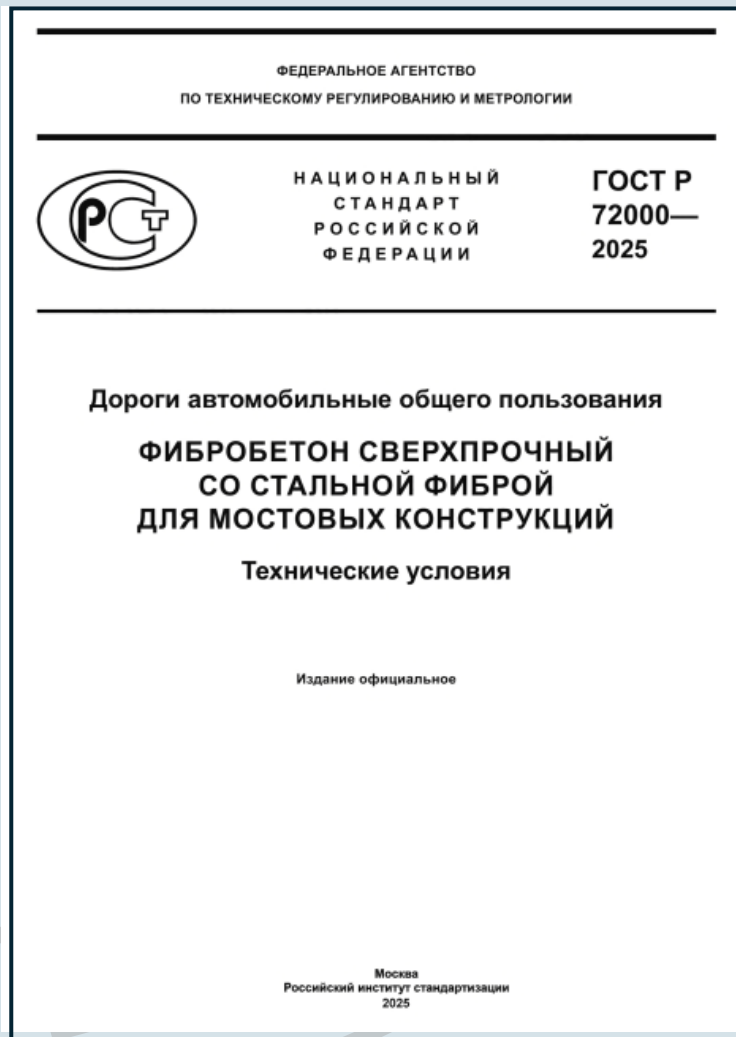
Цель работы: Обеспечить внедрение сверхпрочного сталефибробетона (СПФБ) в отечественное мостостроение.

Отличия, новизна, преимущества: впервые разработаны требования на применение сверхпрочного фибробетона в области мостостроения.

Конечный результат работы: Национальный стандарт ГОСТ Р 72000-2025, определяющий общие технические условия применения СПФБ в мостостроении.

Область применения: Проектирование, строительство, реконструкция, капитальный ремонт и ремонт искусственных дорожных мостовых сооружений с применением СПФБ.

Внедрение результатов: В органы управления дорожным хозяйством, проектные, дорожно-строительные, научно-исследовательские организации и учебные заведения.



ГОСТ Р 72000—2025

Предисловие

- 1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»
- 2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 418 «Дорожное хозяйство»
- 3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 марта 2025 г. № 219-ст
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

ГОСТ Р 72000—2025

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Технические требования	3
5 Правила контроля и оценки качества	4
6 Правила приемки	7
7 Методы контроля	8
8 Указания по применению	8
Приложение А (рекомендуемое) Алгоритм расчета состава сверхпрочного сталефибробетона	9
Приложение Б (рекомендуемое) Методика изготовления сверхпрочного сталефибробетона	10
Приложение В (рекомендуемое) Требования к оборудованию для производства сверхпрочного сталефибробетона	12
Приложение Г (рекомендуемое) Методика испытаний стандартных контрольных образцов сверхпрочного сталефибробетона на осевое растяжение	15
Библиография	18

ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПФБ

Испытание образцов на изгиб



Характер разрушения



Внешний вид образца №2

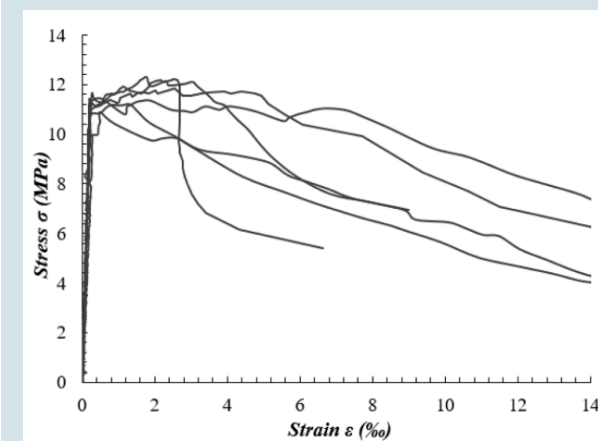
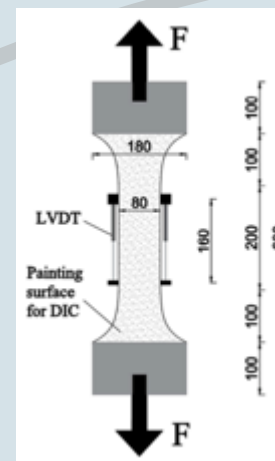
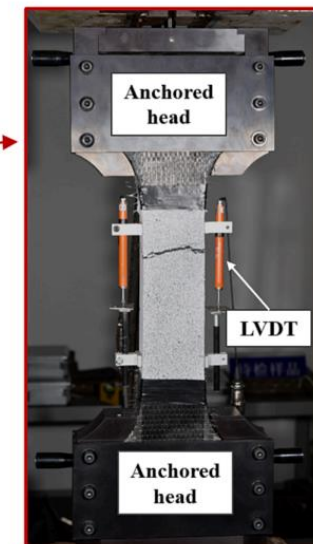
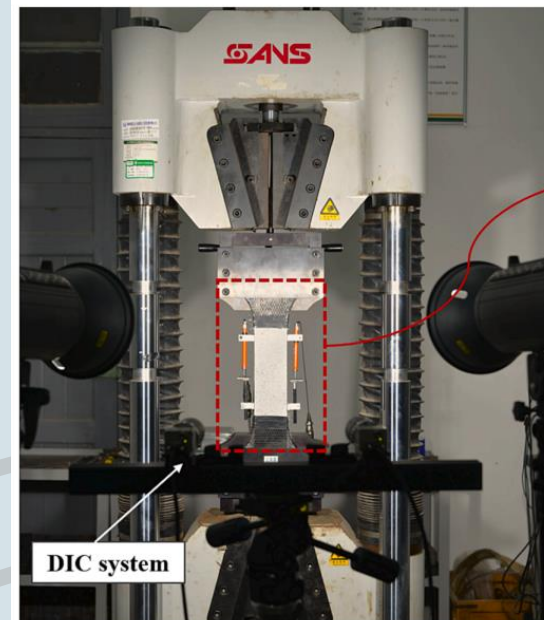


Распределение трещин
в нижней части плиты



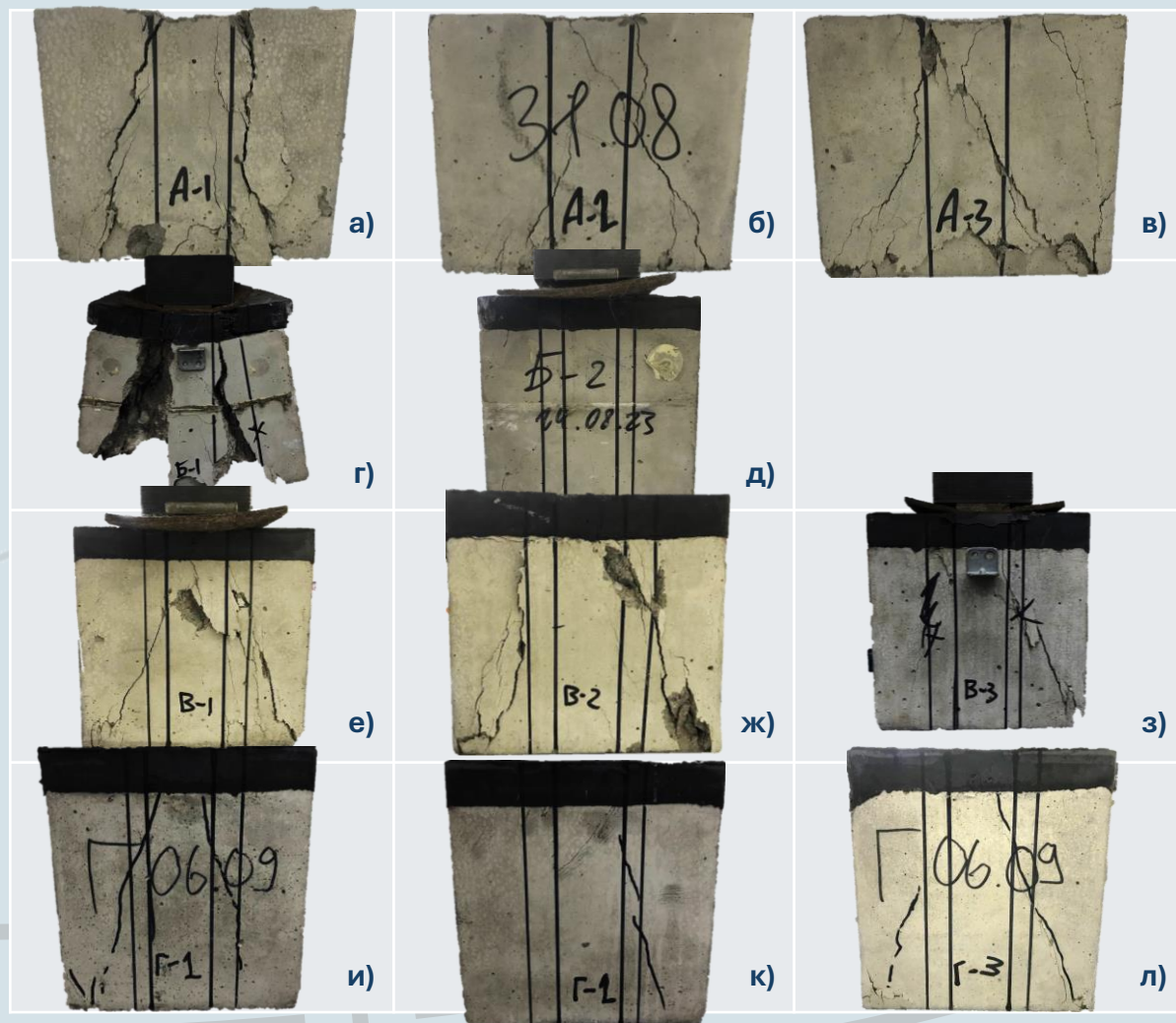
Распределение трещин
в ребре образца

Испытание на осевое растяжение



РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПФБ

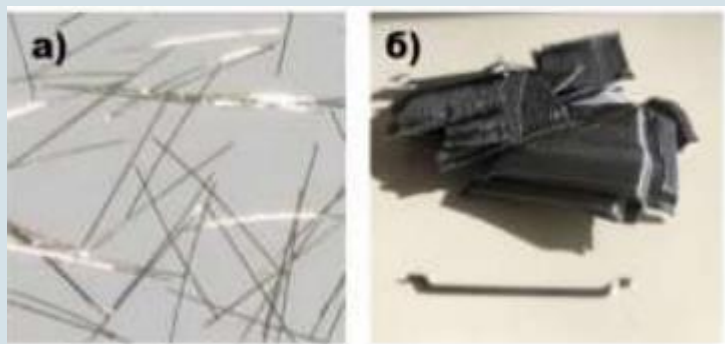
Образцы после испытаний: а-в) серия А; г-д) серия Б; е-з) серия В; и-л) серия Г



Серия	Образец	Нагрузка при появлении первой трещины, кН		Максимальная нагрузка, кН		Место появления первой трещины
		Отдельного образца	Среднее серии образцов	Отдельного образца	Среднее серии образцов	
А	1	350	256,7	527,5	535,3	Бетон основания
	2	320		581,7		Бетон основания
	3	100		496,8		Бетон основания
Б	1	700	700,0	>950	>950	Бетон основания
	2	700		>950		Бетон основания
	3	-		-		Бетон основания
В	1	450	400,0	833	850,0	Бетон основания
	2	400		767		Бетон основания
	3	350		950		Слой СПФБ
Г	1	800	766,7	>950	>950	Бетон основания
	2	750		>950		Бетон основания
	3	750		>950		Бетон основания

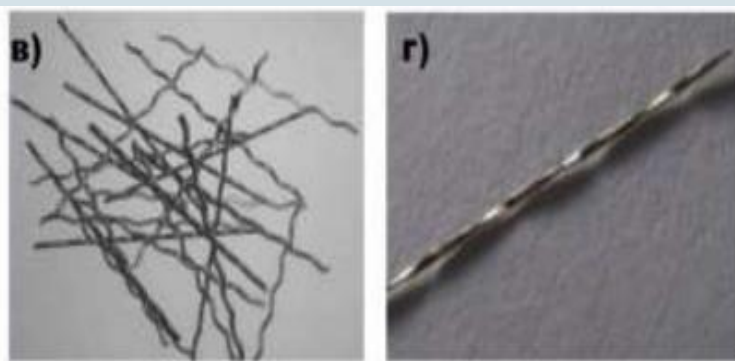
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПФБ

Виды стальной фибры:



а) прямая

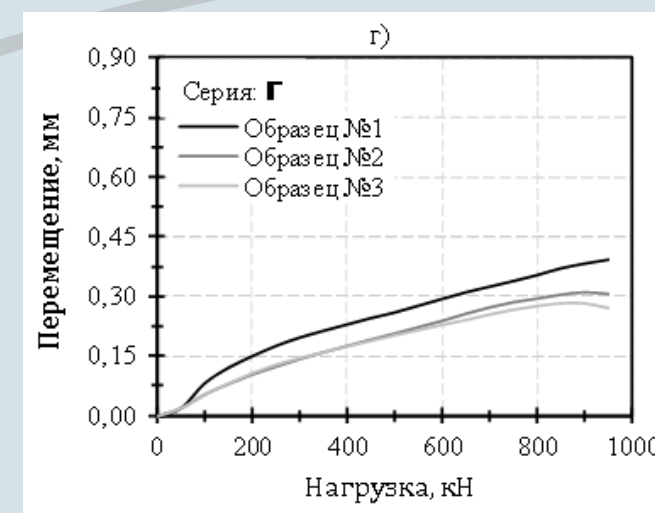
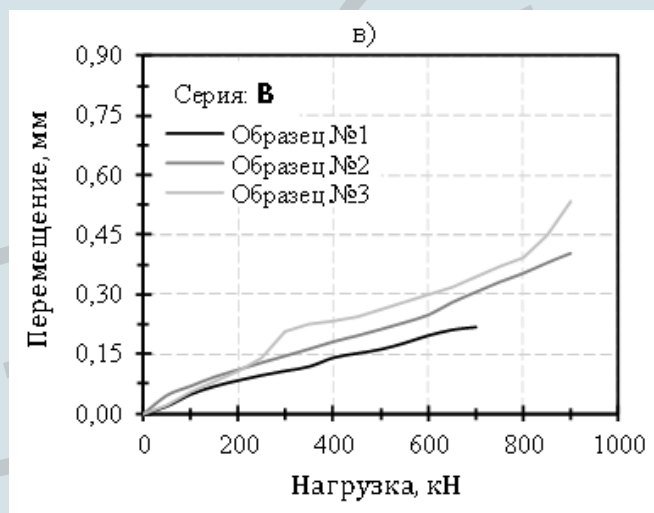
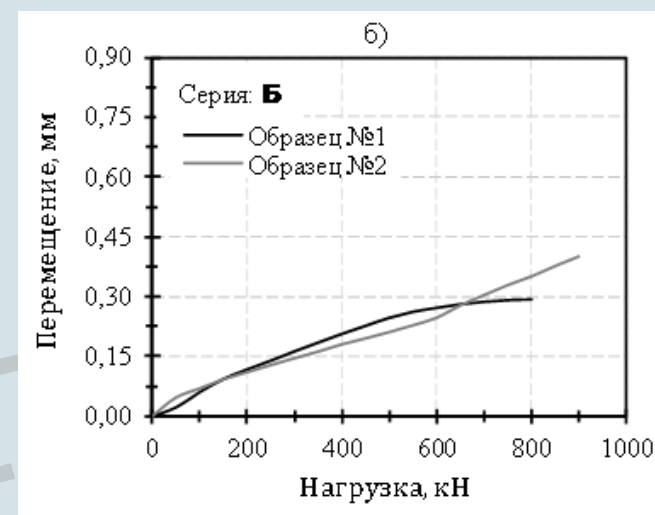
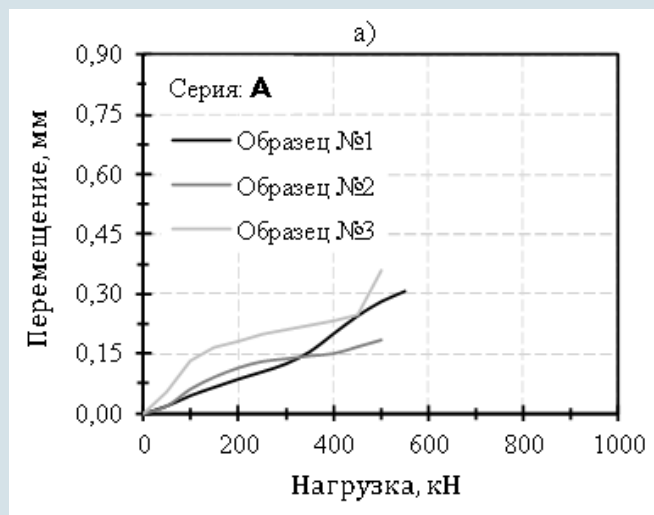
б) анкерная



в) волновая

г) спиральная

Диаграммы «перемещение-нагрузка»,
построенные по результатам испытаний кубов



ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПФБ

Основные физико-механические характеристики	Ед. изм.	Классы прочности СПФБ		
		Bf120	Bf140	Bf160
Прочность при сжатии	МПа	150	175	200
Прочность при растяжении,	МПа	8,3	9,2	10,0
Модуль упругости	ГПа	43,7	47,2	50,4
Коэффициент Пуассона	-	0,15	0,15	0,15

По показателям качества СПФБ классифицируется:

а) по прочности:

1) на классы прочности на сжатие: B_f120 ; B_f130 ; B_f140 ; B_f150 ; B_f160 ; B_f170 ; B_f180 ;

2) на классы прочности на осевое растяжение до начала трещинообразования (показатель, определяемый как точка на диаграмме/графике «напряжения-относительные деформации», в которой происходит первое резкое изменение угла наклона графика): $B_{ft,cr}6,0$; $B_{ft,cr}6,4$; $B_{ft,cr}6,8$; $B_{ft,cr}7,2$; $B_{ft,cr}7,6$; $B_{ft,cr}8,0$; $B_{ft,cr}8,4$; $B_{ft,cr}8,8$; $B_{ft,cr}9,2$; $B_{ft,cr}9,6$; $B_{ft,cr}10,0$; $B_{ft,cr}10,4$; $B_{ft,cr}10,8$; $B_{ft,cr}11,2$; $B_{ft,cr}11,6$; $B_{ft,cr}12,0$; $B_{ft,cr}12,4$; $B_{ft,cr}12,8$; $B_{ft,cr}13,2$; $B_{ft,cr}13,6$; $B_{ft,cr}14,0$; $B_{ft,cr}14,4$; $B_{ft,cr}14,8$; $B_{ft,cr}15,2$; $B_{ft,cr}15,6$; $B_{ft,cr}16,0$.

3) по классам остаточной прочности на осевое растяжение: $B_{ft,r}6,0$; $B_{ft,r}6,3$; $B_{ft,r}6,6$; $B_{ft,r}6,9$; $B_{ft,r}7,2$; $B_{ft,r}7,5$; $B_{ft,r}7,8$; $B_{ft,r}8,1$; $B_{ft,r}8,4$; $B_{ft,r}8,7$; $B_{ft,r}9,0$

б) по морозостойкости на марки: F_21000 ;

в) по водонепроницаемости на марки: $W20$;

г) по истираемости: $G1$.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Существующие конструкции дорожной одежды на мостовых сооружениях являются недостаточно эффективными по следующим причинам:
 - имеющиеся конструктивные и технологические несовершенства;
 - недостаточный срок службы;
 - недостаточно адаптированы к влиянию агрессивной эксплуатационной среды, а также к условиям увеличивающейся транспортной нагрузки.
2. Наиболее перспективным представляется устройство покрытия проезжей части из **высокомарочного бетона** и **фиброцементобетона** на железобетонных и металлических ортотропных плитах пролетного строения с комплексным решением обеспечения технико-эксплуатационных качеств покрытия.
3. Обладая исключительными физико-механическими характеристиками и прочностными свойствами, **высокомарочный бетон** и **фиброцементобетона**, дополняемый при необходимости **стержневой арматурой**, служит эффективным фактором, повышающим *прочность* и *выносливость* железобетонных конструкций мостов. Данные материалы, обладающие высокой износостойкостью и водостойкостью, позволяют увеличить срок службы бетонных покрытий на мостовых сооружениях более чем на 30 лет.
4. Необходимо проведение комплексных теоретических и конструктивно-технологических исследований в области управления свойства покрытий на проезжей части мостовых сооружений с применением современных бетонов. Изучение совместной работы фиброцементобетонного покрытия в совокупности с железобетонными и металлическими пролетными строениями мостовых сооружений.

Спасибо за внимание!

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)
Д С И Кафедра «Мостов, тоннелей и СК»



ВАЛИЕВ
Шерали Назаралиевич

*Заведующий кафедрой
профессор
Академик Российской академии транспорта
Генеральный директор
ООО "МИП Мостов и Сооружений"*

125319, Москва
Ленинградский проспект, д.64,133А

<http://www.bridgelab.ru>
E-mail: Sh.Valiev@mai.ru
VShN2014@gmail.com

Тел.: (499) 155 0356, 155 0369
Тел. моб.: (985) 233 9919