



X Международная научно-практическая конференция:
**«Инновационные технологии: пути повышения межремонтных
сроков службы автомобильных дорог»**

01 февраля 2024 года



**Тема: «Строительство проезжей части мостовых
сооружений с применением современных бетонов»**



Докладчик: **ВАЛИЕВ ШЕРАЛИ НАЗРАЛИЕВИЧ**,
к.т.н., профессор кафедры «Мосты, тоннели и СК» МАДИ,
генеральный директор ООО «МИП «НИЦ Мостов и Сооружений» МАДИ

01 февраля 2024 г.

Москва

Тел.:+7 985 233-99-19

E-mail: Bridgelab@madi.ru

КОНСТРУКЦИЯ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Конструкция и геометрические параметры проезжей части должны:

- отвечать требованиям, установленным для данной дороги или улицы в соответствии с ГОСТ Р 52398, ГОСТ Р 33390, СП 34.13330, СП 42.13330, СП 99.13330.
- обеспечивать **комфортность** и **безопасность** движения пешеходов и транспортных средств со скоростями, соответствующими категории дороги или улицы, на которой расположено мостовое сооружение.

Проезжая часть должна быть запроектирована в увязке со всеми элементами мостового полотна и несущей конструкцией пролетного строения, а также обеспечивать ее защиту от негативного воздействия окружающей среды.

Конструкция проезжей части должна обеспечивать возможность безопасной механизированной уборки проезжей части и тротуаров для службы эксплуатации мостового сооружения.

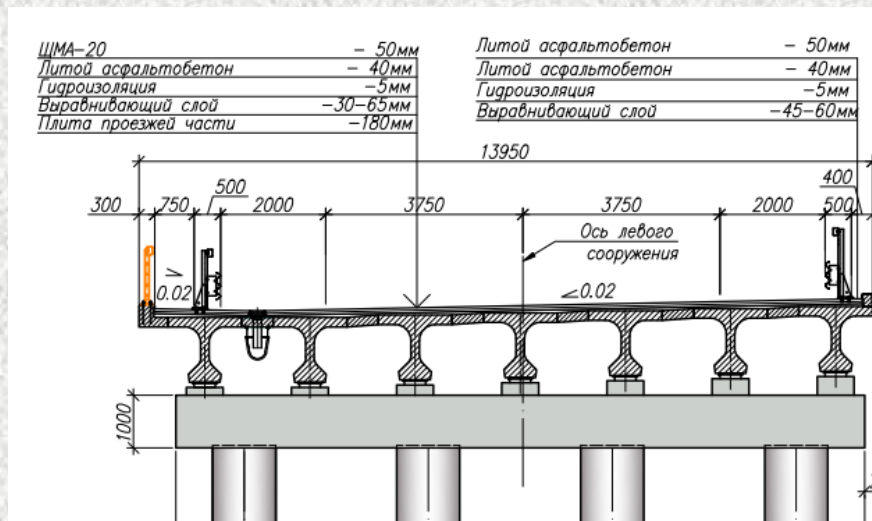


Конструкция проезжей части, стоимость которой в общей стоимости сооружения невелика, но ее влияние на функциональное назначение сооружения **велико**.

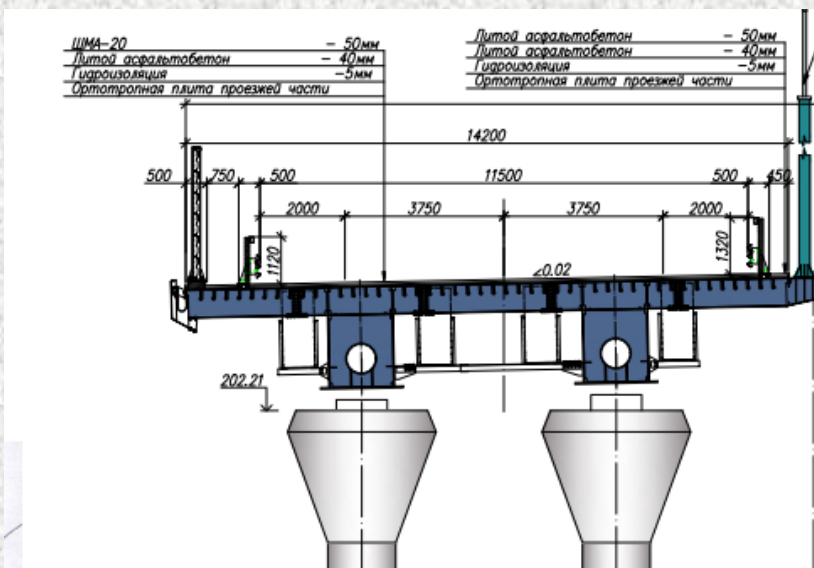
СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ (с асфальтобетонным покрытием)

3

Железобетонное пролетное строение



Металлическое пролетное строение



**Первый на континенте. Алюминиевый
автодорожный мост**

Сделано в России

Пилотный проект автодорожного моста с пролетными строениями из алюминиевых сплавов через р. Линда (Нижегородская обл.)

АЛЮМИНИЕВАЯ
АССОЦИАЦИЯ



Срок проектных работ:
август – декабрь 2020 г.

Срок строительства:
ноябрь 2021 г. – сентябрь 2022 г.

Длина моста – 72 м.

Схема моста – 18x18x18x18

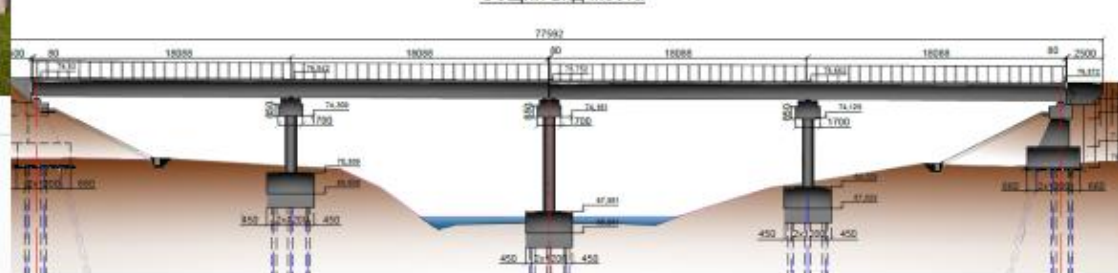
Металлоемкость: 240 тн.

Заказчик: Государственное казенное учреждение
Нижегородской области «Главное управление
автомобильных дорог»

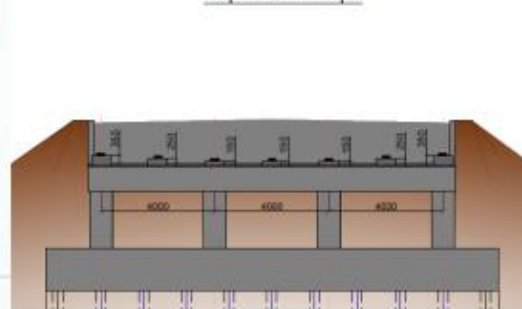
Ген. проектировщик: «Ренова-Строй»

Разработчик СТУ: НИЦ МИС (МАДИ). АО ЦНИИТС

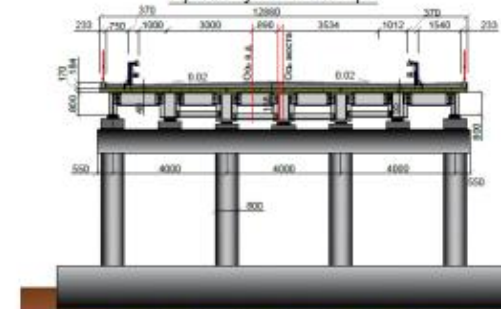
Общий вид моста



Береговая опора



Промежуточная опора

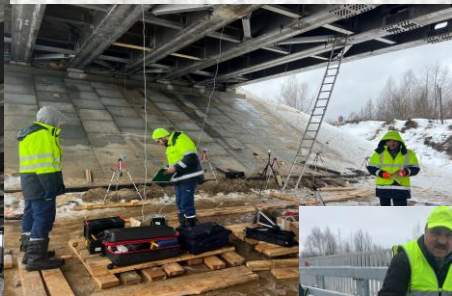
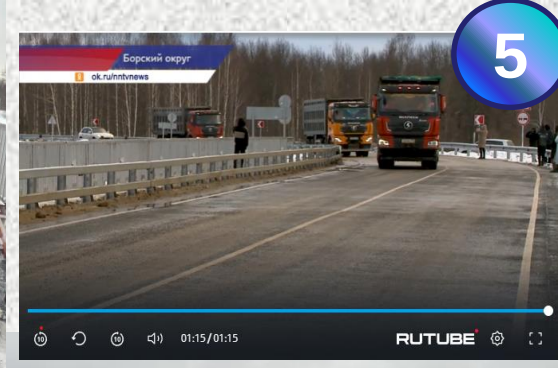


17:41 4G LTE

Алюминиевый мост через Линду в Нижегородской области открыли для проезда



28.12.2023
В Нижегородской области на автодороге
Толоконцево - Могильцы открыли для
проезда алюминиевый мост через реку
Линду. Об этом сообщил губернатор Глеб
Никитин в своем телеграм-канале.



Первый на континенте. Алюминиевый автодорожный мост
Сделано в России с Вячеславом Волковым
В то, что такое возможно мало кто верил. Но, тем не менее, этот мост построен. Первый в Евразии полностью алюминиевый автодорожный мост. Работа над его созданием, а это: нормативная база, и разработка принципиально новых для мостостроения сплавов, испытания сплавов и конструкций из них - заняла 5 лет. Десятки предприятий и отраслевых институтов вовлечены в процесс создания этого моста.
Проект "Сделано в России" наблюдал за всеми процессами с момента рождения идеи до момента запуска движения по новому мосту. Так-что, этот фильм результат нашей совместной с создателями моста работы растянувшейся на годы.
Автор и ведущий: Вячеслав Волков
Операторы: Владимир Юрьев, Александр Заднепровский, Наиль Зарипов, Олег Нефедов, Александр Субботин, Алексей Абгадж.
Режиссер монтажа: Александр Кузнецов, Елена Алаева
Дизайнеры: Артем Ильинов, Иван Янин
Звукорежиссер: Михаил Никитин
Продюсеры: Светлана Листова, Вячеслав Романов, Мария Вахмистрова
Программная дирекция: Сергей Лаврин, Влад Шамурзин

- 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;
- необходимая жесткость, ровность и устойчивость к старению;
- надежно защищать и изолировать нижележащие конструкции.

Преобладающие на сегодняшний день мостовые конструкции с асфальтобетонным покрытием, к сожалению, вызывают очень много вопросов. Традиционные решения по устройству ездового полотна не полностью удовлетворяют технико-эксплуатационным требованиям. Поэтому необходимо **дальнейшее совершенствование конструкций и материалов**, применяемых при устройстве дорожной 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.



ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КАЧЕСТВЕ ПОКРЫТИЯ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

7

Для устройства дорожной одежды на мостовых сооружениях применяют:

литой асфальтобетон с ПБВ;



уплотняемый асфальтобетон с ПБВ;



щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА)



сталефибробетон



тонкослойное полимерное покрытие



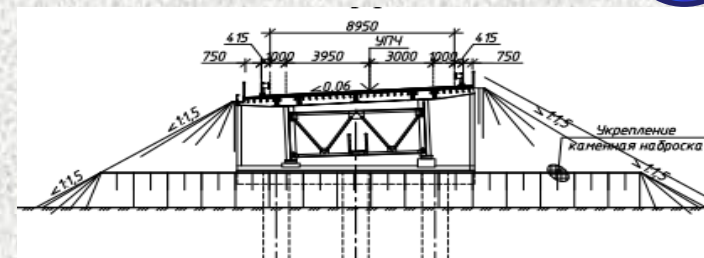
высокоплотный бетон



полимербетон



Мост через р. Сегенях на а/д Р-504 «Колыма», Якутск-Магадан, км 579,409



Дорожная одежда представлена из сталефибробетона $h_{min}=120\text{мм}$ (смесь из тяжёлого бетона на щебне фракции до 20 мм класса прочности на сжатие В40, марка по морозостойкости F300 с испытаниями в хлористых солях и марка по водонепроницаемости W12).

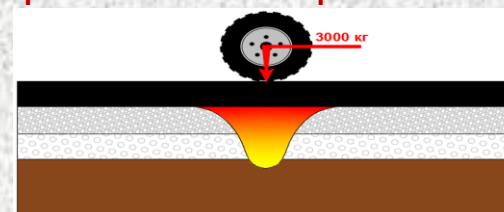
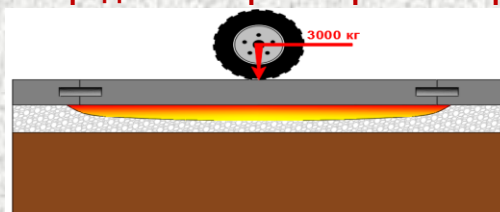
Мост через р. Куланда на а/д Р-504 «Колыма», км 480+942



Преимущества цементобетонна на проезжей части мостов:

- отсутствие деформаций при эксплуатации и погодных условий, хороших сцепных качеств;
- высокая светоотражающая способность – повышенная безопасность движения;
- незначительный износ от воздействия колес транспорта, потока, долговечность при мин. затратах;
- снижение себестоимости (более 35% в течение 50-летнего жизненного цикла);
- экологическую чистоту, благодаря возможности многократного использования);
- эффективное распределение нагрузки от транспортных средств в конструкции дорожной одежды и высокую несущую способность

Распределение транспортной нагрузки на основание при сравнении типов покрытия



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

(год постройки 2015 г)



Обследование 2021 г.



Мост через р. Ока на а/д Спас-Клепики-Рязань в г. Рязани

(год постройки 1972 г.)

10

По данным диагностики 2017 г.



Вид на проезжую часть из ц/б



Локальные разрушения п/ч из ц/б



Около шовные зоны ДШ



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

ТРЕБОВАНИЯ К ПОКРЫТИЮ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА НА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ

11

согласно СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»

п. 5.66

При применении цементобетона для покрытия проезжей части его толщину

принимают **не менее 120 мм**. Покрытие выполняют из бетона с водоцементным

отношением **не выше 0,42**, класса по прочности на сжатие **не ниже В30**, маркой

по водонепроницаемости **не ниже W8** и маркой по морозостойкости **F300** и выше. На пролетных строениях мостовых сооружений дорог IV-V, I-С, II-С категорий допускается в качестве дорожной одежды применять сборные железобетонные плиты толщиной **не менее 120 мм** поверх цементно-песчаной смеси (1:1) толщиной **не менее 50 мм**, уложенной непосредственно на гидроизоляцию. Стыки между плитами должны быть загерметизированы битумно-полимерной мастикой (Изм. №1).



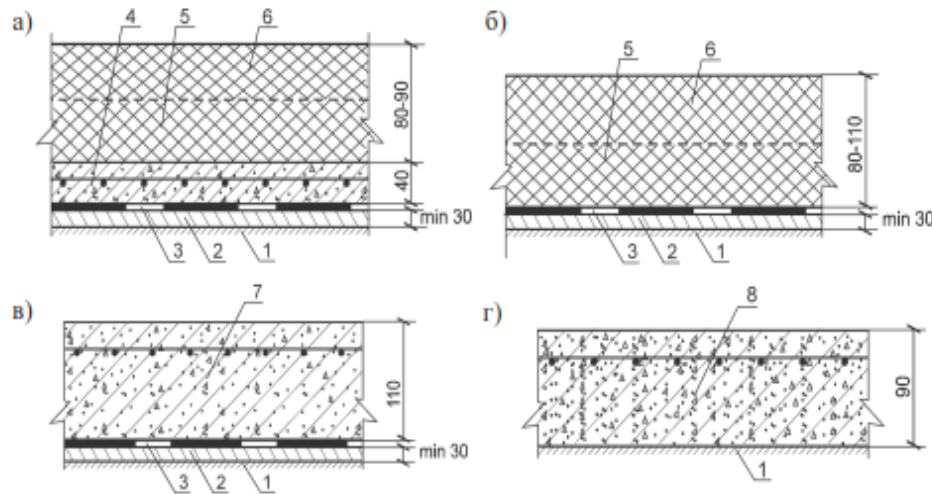
ОДМ 218.3.074-2019
ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ
КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ПО
УСТРОЙСТВУ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА МОСТАХ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОЗОР)

МОСКВА 2019



а) с асфальтобетонным покрытием, уложенным на бетонный защитный слой;

б) с укладкой асфальтобетонного покрытия на гидроизоляцию;

в) с применением цементобетонного покрытия;

г) с применением цементобетонного покрытия из особо плотного
бетона, выполняющего гидроизолирующие функции, или из фиброцементобетона

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 растяжения.

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.

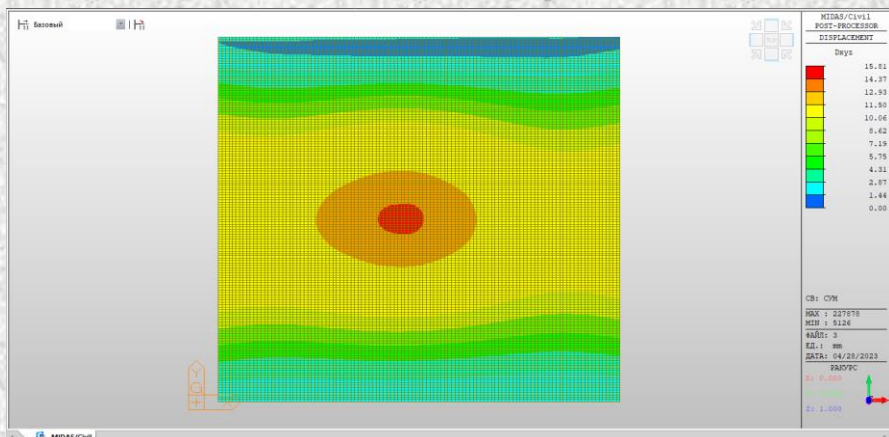
11.4 Контроль выполнения работ при устройстве покрытия из цементобетона и фиброцементобетона на мостах и искусственных сооружениях

11.4.1 Входной контроль.

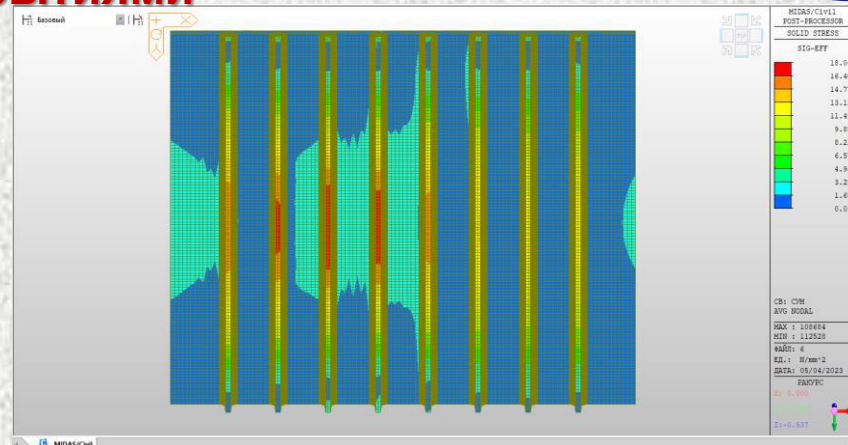
11.4.1.1 В соответствии с 11.1.2 следует осуществить входной контроль поставляемых цементобетонных и фиброцементобетонных смесей на соответствие требованиям проекта и ГОСТ 7473.

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

13



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	А14	Н14
1	Без учета д/о из а/б	21,04 мм	16,40 мм
2	С учетом д/о из а/б	15,81 мм	13,67 мм
3	С учетом д/о из ц/б	12,92 мм	12,02 мм

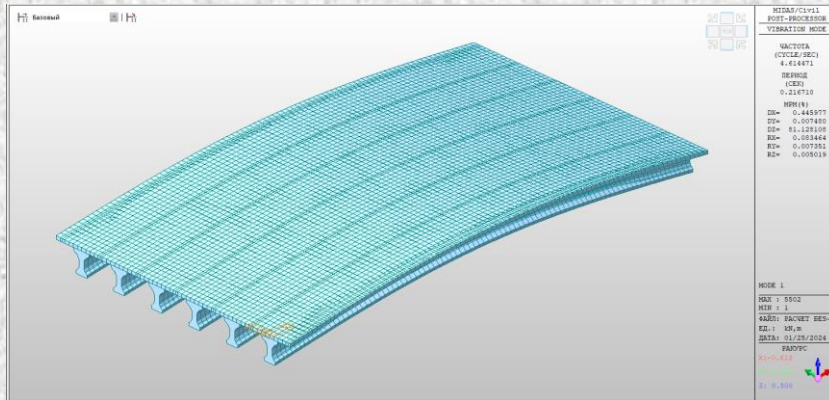
б) Напряжений

	Вид расчета	А14	Н14
1	Без учета д/о из а/б	26,46 МПа	20,70 МПа
2	С учетом д/о из а/б	22,01 МПа	18,68 МПа
3	С учетом д/о из ц/б	21,25 МПа	18,04 МПа

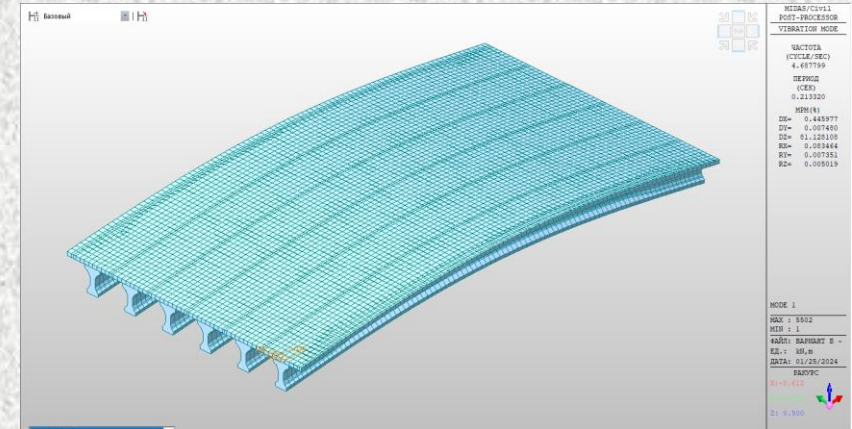
Сравнительное исследование динамических характеристик ж.б. пролетного строения с различными покрытиями

14

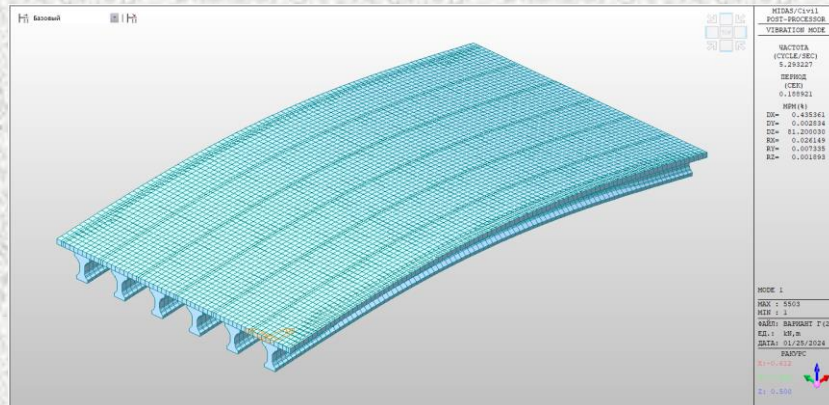
Частота 4,61Гц



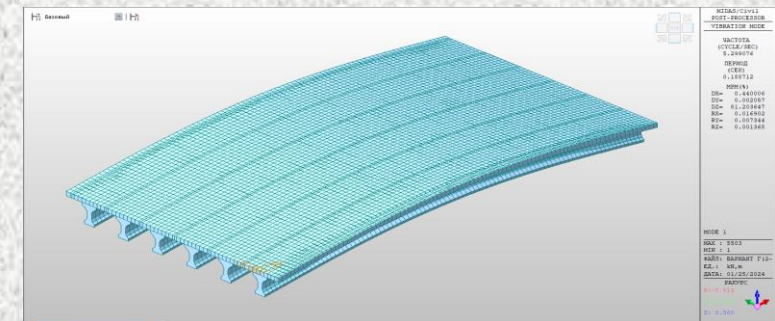
Частота 4,69Гц



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 Без учета д/о из ц/б

4,67

4,92

7,06

IV.1 С учетом д/о из ц/б, h=6 см

5,29

5,77

9,12

IV.2 С учетом д/о из ц/б, h=9 см

5,30

5,87

9,76

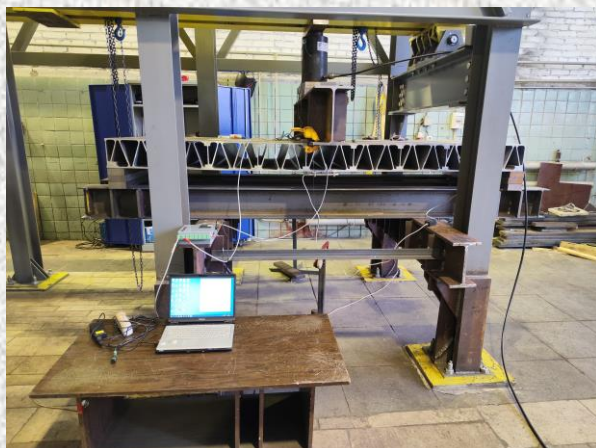
СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ И ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ (полигон МАДИ)

15

Общий вид стенда



Статическое испытание



Испытание на усталостную долговечность



УСТРОЙСТВО ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ БЕТОНОВ

16

Какие свойства 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

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

Подготовлена первая редакция проекта национального стандарта, определяющего требования к составам, технологии промышленного производства и свойствам сверхпрочного фибробетона (СПФБ) для мостовых конструкций.

Разработана методика проектирования составов сверхпрочного фибробетона с заданными свойствами.

Требования к технологии приготовления и применению смеси СПФБ.

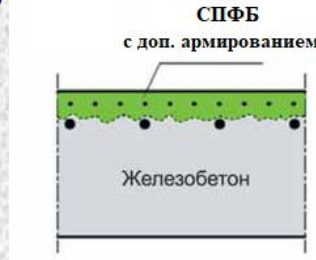
Требования к контролю процессов и характеристик материала на всех этапах изготовления и применения СПФБ.

Варианты устройства СПФБ на железобетонной плите проезжей части. Керн-образец по контакту

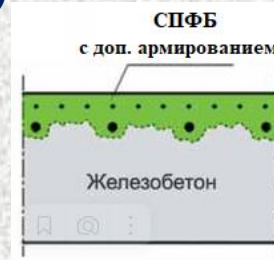
а)



б)



в)



г)



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



ВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕТОН

18

Бетон в качестве строительного материала известен уже десятки лет. А относительно недавно улучшение технологий производства позволило увеличить его эксплуатационные качества. Появился новый вид — высокопрочный бетон, который по своим параметрам значительно превосходит обычные марки.

Вид бетона	Прочность, МПа	Водоцементное соотношение	Химические добавки	Минеральные добавки
Обычный	15-50	$>0,45$	Нет	-
Высокопрочный	50-100	$0,45-0,3$	Есть	Зола-унос
Особовысокопрочный	100-150	$0,3-0,25$	Есть	Микрокремнезем/ Зола-унос
Сверхвысокопрочный	>150	$<0,25$	Есть	Микрокремнезем/ Зола-унос

Повышенная прочность на сжатие и увеличенная несущая способность позволили использовать высокопрочный бетон в условиях серьезных статических и динамических нагрузок и при возведении ответственных сооружений.

Благодаря низкому коэффициенту водопоглощения, использование высокопрочных бетонов оправдано в том числе и в сложных климатических условиях. Высокая влажность таким составам не страшна, они не практически не впитывают воду, поэтому поры не расширяются при замерзании, и не образуются трещины. Поэтому даже очень низкие температуры воздуха или попеременные циклы замерзания и оттаивания не влияют на конструкции, изготовленные из таких составов.

Производство **литых и самоуплотняющихся бетонных смесей** считается наиболее перспективным направлением в технологии бетона, так как позволяет подать и уложить бетонные смеси, хорошо проникающие среди арматуры в межпалубное пространство.

К **литым бетонным смесям** относятся смеси с маркой Р5 по расплыву конуса 56-62 см и подвижностью П5 и более. Основная технологическая задача – обеспечение высокой подвижности бетонной смеси с ее сохранением в течение 1-2 часов при минимальном водосодержании за счет этого бетон не расслоится и не потеряет

Таблица 1. Европейская классификация самоуплотняющихся бетонных смесей

Вид бетонной смеси	Обозначение	Технологическая характеристика	Величина характеристики
Высокоподвижная	SF1	Распływ конуса	550-650 мм
	SF2		660-750 мм
	SF3		760-850 мм
Вязкая	VS1/VF1	Вязкость	8 сек
	VS2/VF2		9-25 сек
Легкоформируемая	PA1	Зависит от частоты армирования сооружения	Зависит от частоты армирования сооружения
	PA2		
Устойчивая к расслоению	SR1	Расслаиваемость	<20%
	SR2		<15%

Таблица 2. Сравнительная стоимость 1 м³ строительных бетонных смесей в РФ

Традиционный бетон	Литой бетон	Самоуплотняющийся бетон
2500-2900 руб.	3400-3900 руб.	6600-7200 руб.



а) Подача бетона автобетононасосом б) Укладка бетона без виброуплотнения

Рис. 7. Подача и укладка литого бетона на наноцементе 55 без виброуплотнения, г. Астана, Республика Казахстан, 2017 г.

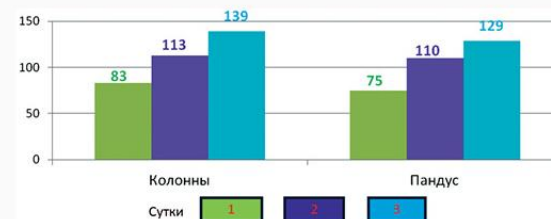


Рис. 8. Динамика набора прочности литого бетона на основе наноцемента 55 на конструкциях строящегося объекта в г. Астана, %

1. Существующие системы дорожной одежды на мостовых сооружениях являются недостаточными и неэффективными 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 проектирования, строительства и эксплуатации цементобетонных покрытий на проезжей части мостовых сооружений с применением современных бетонов. Изучение работы цементобетонного покрытия в совокупности с работой железобетонных и металлических пролетных строений мостовых сооружений.
5. Разработка **пилотного проекта** и **опытного строительства** проезжей части мостовых сооружений с применением **современных бетонов** с целью детальнейшего исследования механизмов эксплуатационных воздействий на цементобетонное покрытие в системе: состав-структура-свойства, и а также разработка новых технологических средств, обеспечивающих долговечность и надежность одежды ездового полотна мостовых сооружений с **цементобетонным покрытием**.
6. Для постановки задач комплексного решения проблем, связанных с долговечностью конструкций дорожной одежды на мостовых сооружениях и пути их решения, необходима **организация рабочей комиссии** из представителей подрядных, проектных и научных специализированных организаций, а также производителей материалов.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!



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



ВАЛИЕВ

Шерали Назаралиевич

Академик Российской академии транспорта

Профессор МАДИ

Генеральный директор

ООО МИП "НИЦ Мостов и Сооружений"

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

<http://www.bridgelab.ru>

E-mail: bridgelab@madi.ru

vshn2014@gmail.com

Тел.: (499) 155 0356, 155 0369

Тел./Факс: (499) 155 0876

Тел.Моб.: 8 (985) 233 9919