



**Инновационные технологии и технические средства для
высокоскоростного железнодорожного движения
в Российской Федерации**



Разработка инновационных технологий и технических средств для реализации проектов высокоскоростного железнодорожного движения в Российской Федерации

1. *Разработка технологии безбалластного верхнего строения пути (БВСП) для ВСЖМ. Система FF-Vogl.*
2. *Разработка комплекта машин и механизмов для сооружения БВСП.*
3. *Разработка технологии по укладке «тощих» бетонов при строительстве линейных железнодорожных объектов в условиях отрицательных (до -15°) температур.*
4. *Разработка элементов инфраструктуры ВСЖМ с применением нанотехнологий (наноцемент, контактный провод).*
5. *Применение трубобетонов и постнапряженных ЖБ конструкций технологии «ИМЭТстрой» на объектах железнодорожной инфраструктуры.*
6. *Разработка шпал и стрелочного бруса для балластной конструкции верхнего строения пути для ВСЖМ.*
7. *Разработка механизированного комплекса и технологии непрерывного бетонирования при устройстве водоотводов, кабель-каналов, с различным поперечным профилем.*
8. *Проектирование конструкций земляного полотна для условий региона строительства, в т.ч. для слабых оснований.*
9. *Использование технологии пути пониженной вибрации LVT.*
10. *Применение современных путевых машин компании Matisa, а также оборудования для мобильной сварки рельс Schlatter*
1. *Разработка методов мониторинга земляного полотна ВСЖМ на стадии строительства и эксплуатации.*
2. *Определение основных характеристик и разработка конструкций шумозащитных экранов для ВСЖМ I.*
3. *Выбор материала и подбор гранулометрического состава щебня для балластного слоя высокоскоростных магистралей, а также технологий его укладки в путь.*
4. *Применение цифровой радиосвязи стандарта GSM-R.*

Технология безбалластного верхнего строения пути

▪ **Опыт эксплуатации безбалластного пути за рубежом – более 35 лет**

▪ **Срок службы – свыше 60 лет**



Высокая экономическая эффективность применения безбалластного верхнего строения пути в строительстве ВСМ доказана многолетним опытом эксплуатации пути аналогичной конструкции в зарубежных странах

- Германия
- Китай

Эффективность технологии в сравнении с укладкой пути на балласте

- Сокращение эксплуатационных затрат на 22 %
- Увеличение срока службы до 60 – 90 лет
- Повышение производительности труда за счет внедрения современных механизированных комплексов и индустриализации производства плит

Общий вывод: Техника и технологии позволяют свести к минимуму «человеческий фактор» при строительстве и эксплуатации.

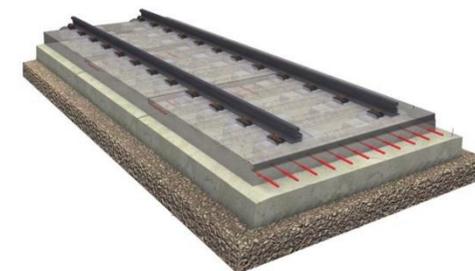


Разработка технологии безбалластного верхнего строения пути (БВСП)

Сегодня российский железнодорожный транспорт не применяет технологию безбалластного верхнего строения пути.

Безбалластное верхнее строение пути – это более современная и надежная конструкция пути, обеспечивающая:

- ✓ стабильность геометрических параметров, долговечность и эксплуатационную готовность;
- ✓ 22% экономии средств на эксплуатационные затраты в сравнении с балластной конструкцией;
- ✓ минимальный объем работ по техническому обслуживанию.



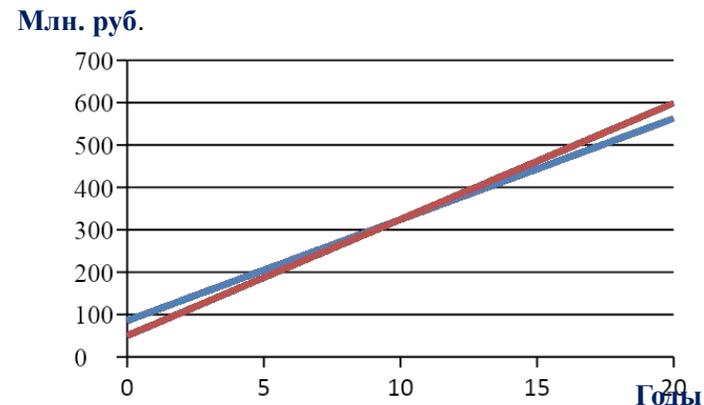
Эффекты:

- ✓ технология в виде **ценного нематериального актива**;
- ✓ создание **дополнительных рабочих мест**.

После строительства ВСЖМ БВСП найдет применение для строительства других ВСМ, а так же при реконструкции главных путей железных дорог России.

Стоимость перепроектирования технологии БВСП с укладкой 1 км. экспериментального участка – **381,1 млн. руб.**

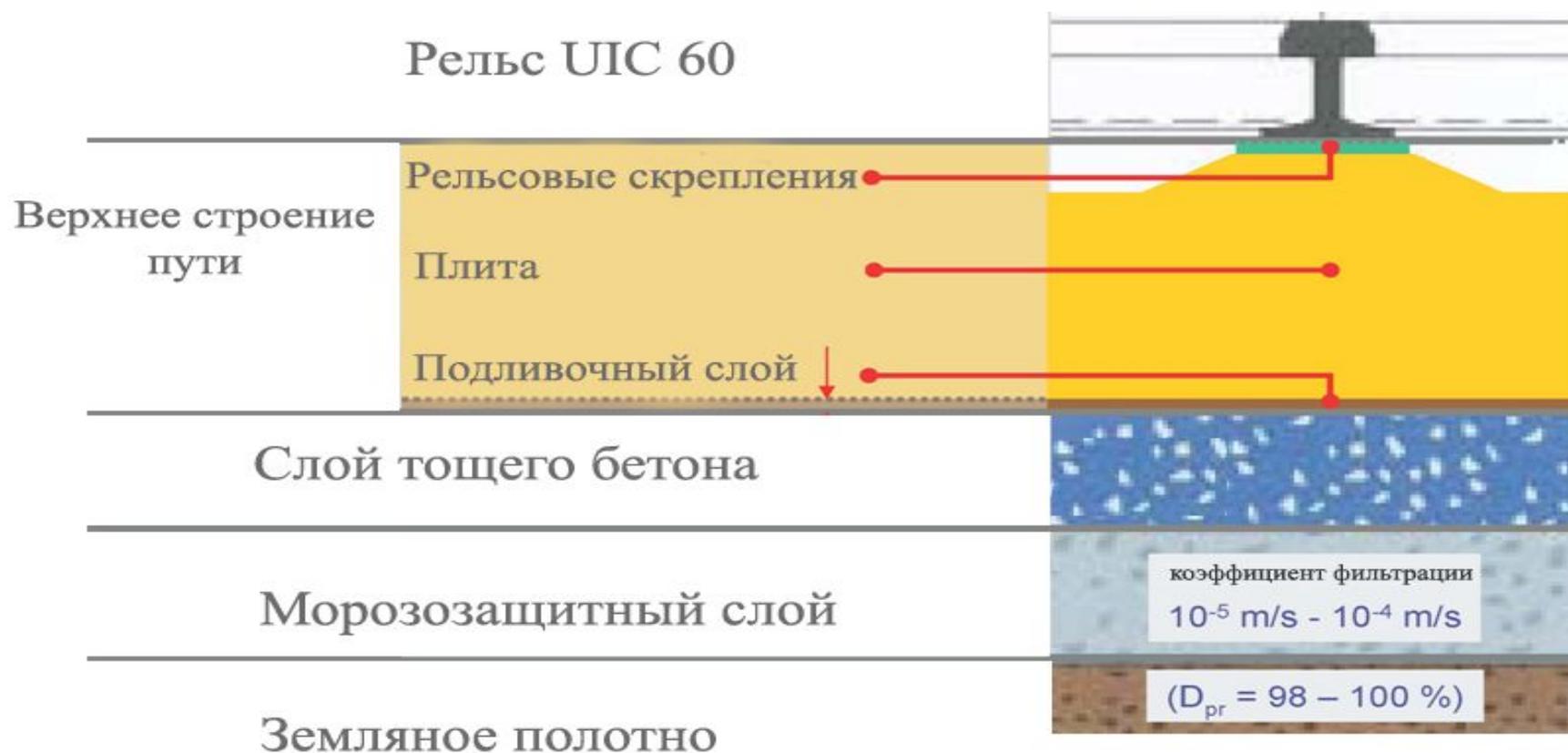
Сравнение суммарных затрат БВСП и ВСП на балласте





Описание системы FF-Bögl

Поперечный разрез сборной конструкции

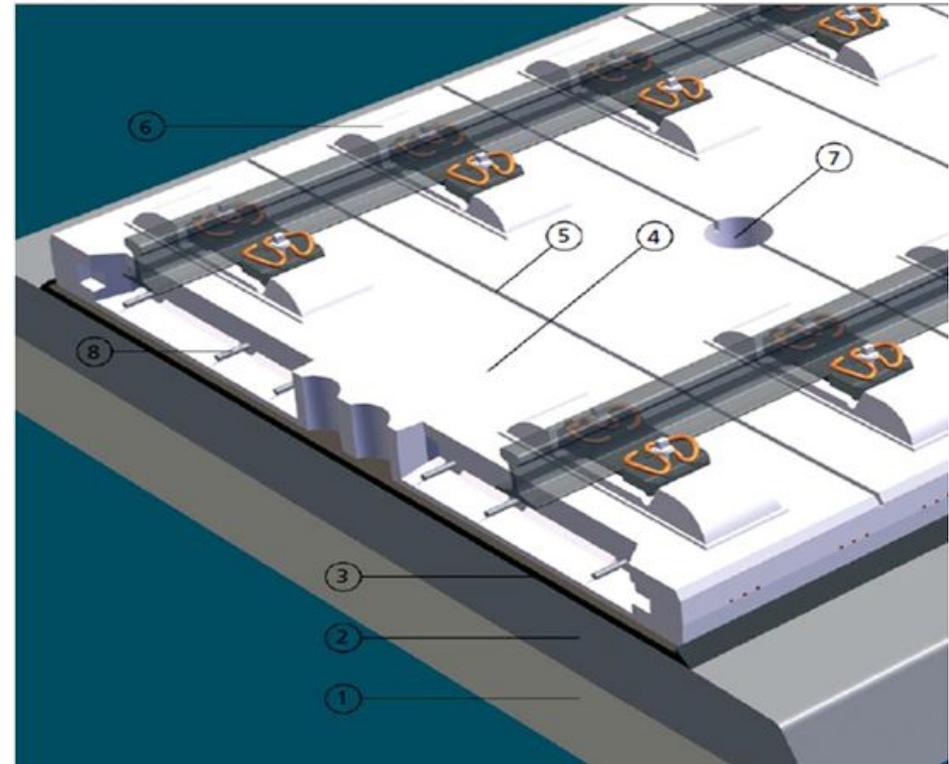




Конструкция безбалластного верхнего строения пути FF-Bögl (Германия)

Основные элементы конструкции:

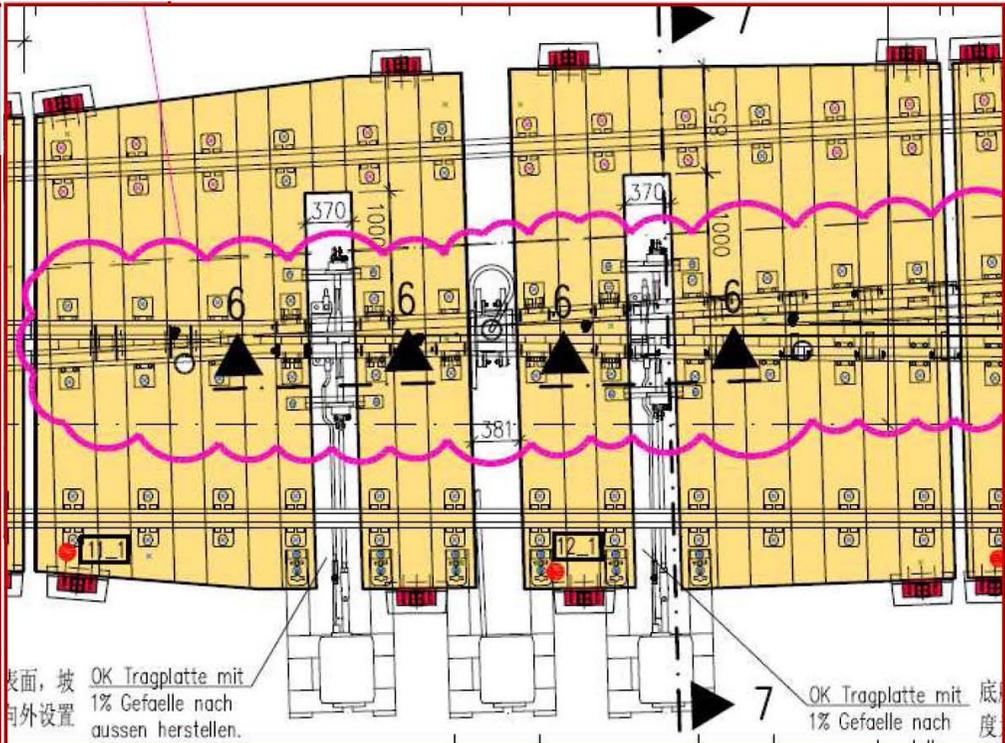
- 1) Морозозащитный слой
- 2) Слой тощего бетона (подбетонка)
- 3) Подливочный слой
- 4) Преднапряженная плита
- 5) Технологический шов
- 6) Подрельсовая площадка
- 7) Отверстия для подачи специального раствора подливочного слоя
- 8) Элементы фиксации плиты в продольном направлении





Безбалластное верхнее строение пути для стрелочных переводов

Стыки и запроектированные вырезы для электрических приводов гибкого сердечника





Безбалластное верхнее строение пути



Преимущества системы FF-Bogl:

- высокая точность при установке
- высокое качество и скорость укладки
- отсутствие выправочно-подбивочных работ
- жесткая фиксация в продольном направлении
- герметичность
- более низкие затраты по текущему содержанию по сравнению с конструкцией на балласте
- меньший износ при воздействии подвижного состава



Создание комплекса машин для укладки БВСП

Потребные объемы материалов для проекта ВСЖМ 1 «Москва – Санкт-Петербург» (658 км.):

- ✓ Тощий бетон – 852,8 тыс. куб. м
- ✓ Плитное основание (при длине плиты 6,5 м) – 141,54 тыс. шт.

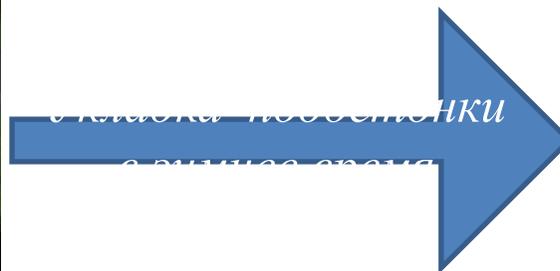
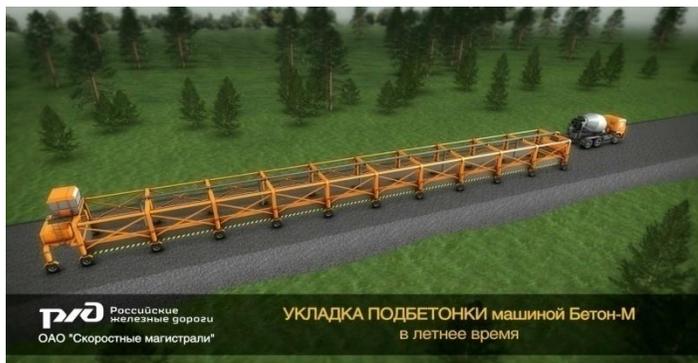
Наименование работ	Сезонность	Вид машины
Укладка слоя тощего бетона машиной Бетон-М	лето	
	зима	
Укладка слоя тощего бетона бетоноукладчиком непрерывного действия	лето	
Укладка плитного основания машиной МБП	всесезонная	

Срок окупаемости БВСП в сравнении с ВСП на балласте составляет около 15 лет;

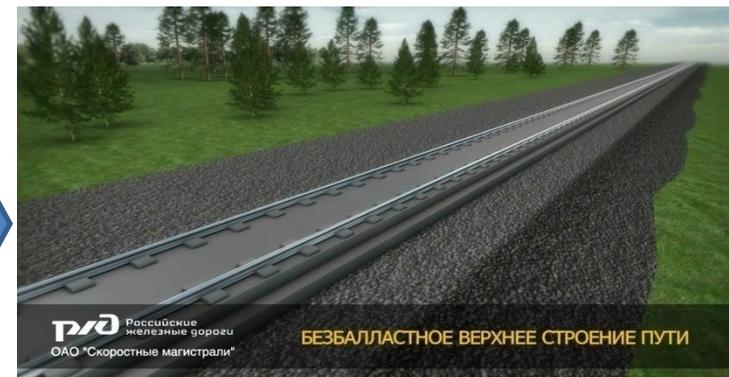
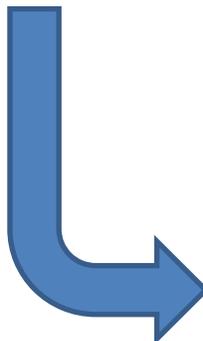
Срок полезного использования конструкции БВСП оценивается в 50-60 лет.

*Стоимость создания комплекта машин для укладки БВСП – **284,5 млн. руб.***

Технология укладки безбалластного верхнего строения пути

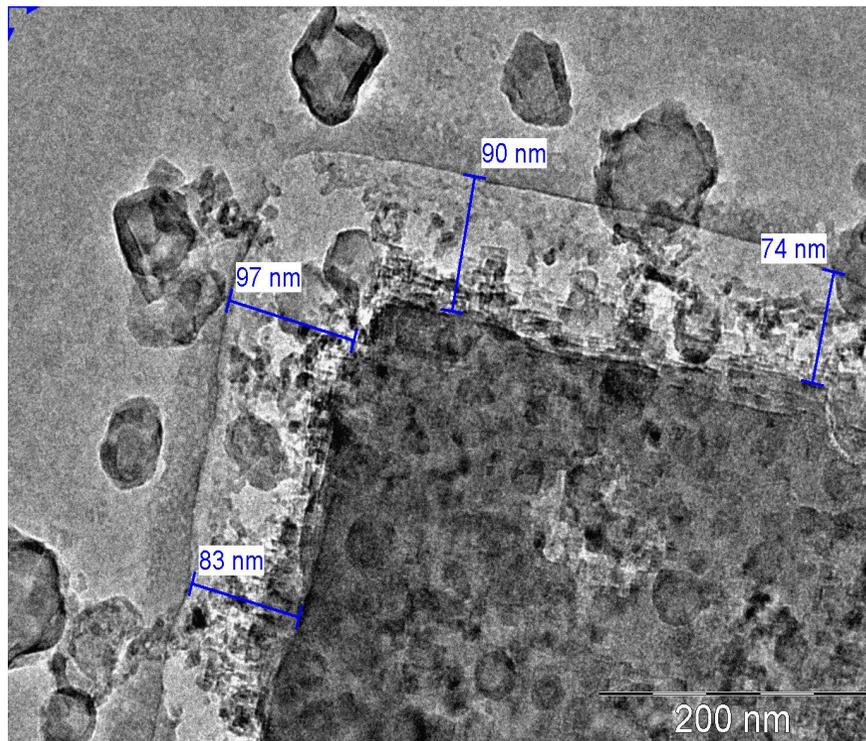


1. Укладка подбетонки (слоя тощего бетона)
2. Укладка плит
3. Выправка плит в плане и профиле
4. Фиксация плит
5. Устройство подливочного слоя





Технология «умного» бетона (Наноцемент)



1. Разработка и сертификация новых материалов – механо-модифицированных смесей, наноцемента.
(технология института «ИМЭТ»)

2. Применение наноцемента при производстве плит БВСП позволяет:

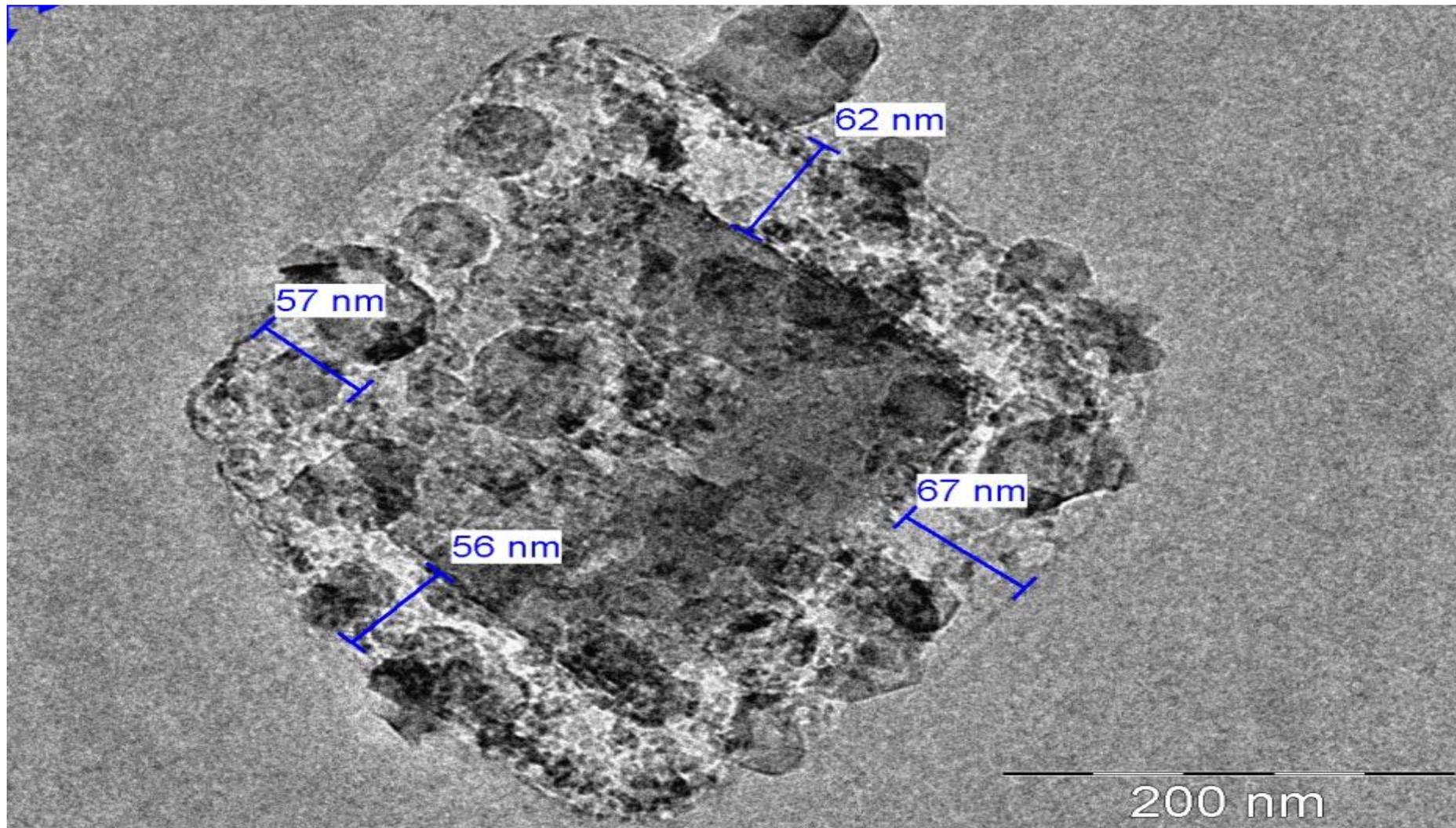
- экономить до 150 кг. цемента на 1 м³ бетона;
- получать бетон высокой и сверхвысокой прочности (до В1000, В1300);
- обеспечивать экономию металла (арматуры);
- ускорять твердение изделий – на третьи сутки 70% марочной прочности

Эффективность технологии в сравнении с традиционным бетоном

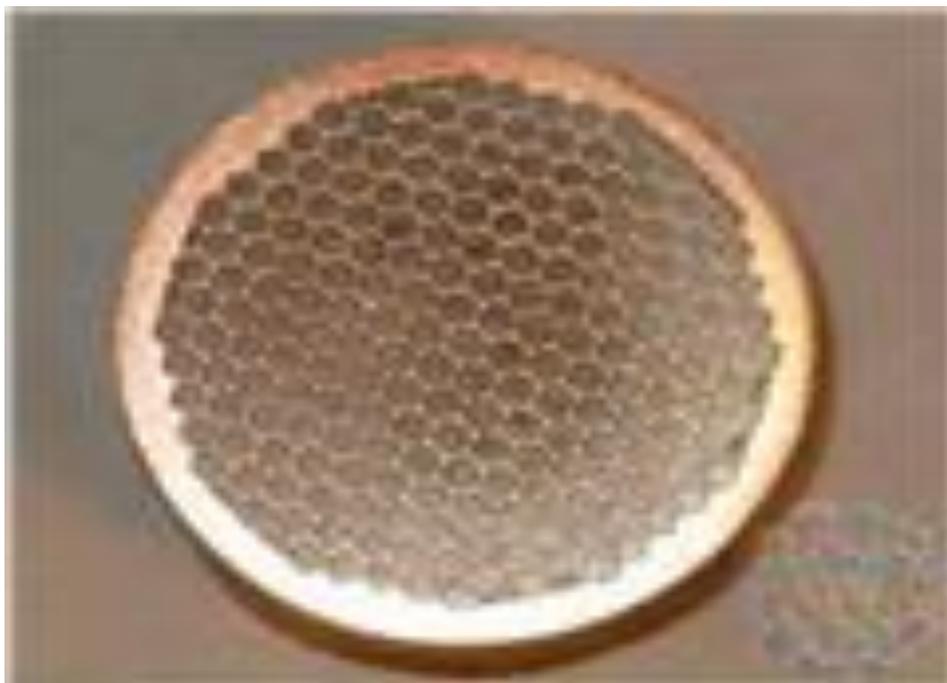
- Снижение затрат за счет экономии материалов (цемента, арматуры) 45 – 50%
- Увеличение срока службы за счет достижения прочности класса В80 и выше
- Снижение срока строительства за счет ускорения процесса набора прочности до 70%



Частица наноцемента
(под сканирующим зонным микроскопом)



Композитный высокопрочный контактный провод с нанометрическим уровнем дисперсности микроструктуры



Применение композитного контактного провода на ВСЖМ позволяет:

- Повысить прочность и износостойчивость стали
- Получить высокоэлектропроводный материал с нанометрическим уровнем дисперсности микроструктуры.

Эффективность в сравнении с традиционным контактным проводом

- Увеличение срока службы за счет повышения прочности стали до 1200 – 1500 Мпа

Применение трубобетона при сооружение объектов железнодорожной инфраструктуры



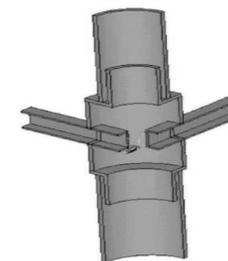
Мост Вудро Вильсона (США), построенный с применением технологии GTI

Область применения **трубобетонов**:

- высотное строительство
- сооружение большепролетных конструкций.

Трубобетон обладает:

- исключительно высокой несущей способностью;
- небольшим поперечным сечением колонн;
- оптимальным сочетанием качеств металла и бетона;
- бетон находится в условиях всестороннего сжатия и выдерживает напряжение превышающее его призмную прочность;
- нагрузки в конструкции воспринимаются по всем направлениям и под любым углом;



Узел сопряжения трубобетонных колонн с перекрытиями

Эффективность применения трубобетона в сравнении с использованием традиционного железобетона

- Сокращение затрат на 25 – 30 % за счет существенного снижения расхода бетона и металла
- Увеличение срока службы за счет повышения прочностных показателей
- Сокращение сроков строительства в 2 – 3 раза



Преимущества технологии трубобетона

Конструкционные и эксплуатационные	Технологические	Экономические
1. Высокая несущая способность трубобетонных колонн 2. Эффективность работы стальной обоймы-трубы вместо арматуры 3. Повышение прочностных показателей, долговечности и стойкости бетона, находящегося в трубе 4. Трехосное сжатие бетона, находящегося в трубе 5. Снижение массы несущего каркаса здания 6. Повышение огнестойкости стальных конструкций каркаса 7. Высокая стойкость здания к сейсмике, взрывам, предельным нагрузкам и ударам	1. Выполнение стальной трубой роли первичного каркаса здания и несъемной опалубки для бетона 2. Работа в зимнее время 3. Высокая скорость возведения каркасов из трубобетона, в 3–4 раза превосходящая аналогичную для классического железобетона 4. Снижение объемов сварочных работ в 2–3 раза	1. Сокращение расхода металла на возведение каркасов здания в 1,8–2 раза 2. Сокращение сроков строительства коробок зданий и сооружений в 1,5–2 раза 3. Снижение себестоимости строительства коробок зданий и сооружений на 25–35%

Сравнительные затраты материалов на несущие колонны (нагрузка 1500 т.)

Материал колонн	Площадь сечения колонны, м ²	Диаметр колонн, м	Площадь металла, м ²	Площадь бетона, м ²	Расход металла, %	Расход бетона, %
Железобетон	0,405	0,670	0,023	0,382	127	118
Металл	0,059	1,000	0,059	-	304	-
Трубобетон	0,321	0,630	0,019	0,302	100	100



Разработка шпал для балластной конструкции верхнего строения пути для ВСЖМ

- Проведены переговоры с рядом компаний по возможностям разработки (перепроектирования) и сертификации в России шпал для высокоскоростного движения; В настоящий момент в России не существует шпал, сертифицированных для скоростей движения до 400 км/ч.
- Предложено создать рабочую группу по проекту адаптации и сертификации шпалы для ВСЖМ; в группу должны войти производители ЖБИ, рельсовых креплений, стрелочных переводов для ВСЖМ 1; план-график работ находится в стадии согласования;
- Срок от начала планирования работы до сертификации шпалы и начала её массового выпуска: 1 – 1,5 года;
- Исследованы возможности отечественных заводов на предмет достаточности мощностей для покрытия потребных объёмов выпуска как шпал, так и бруса для стрелочных переводов;
- С 1 июля 2012 г. вступил в силу новый ГОСТ Р 54747-2011 «Шпалы железобетонные для железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия», требования которого распространяются на скорость до 250 км/ч.
- Планируется применить новые технологии при производстве шпал с использованием полимерных подкладок на нижней постели, а также базальтового армирования.
- Стоимость разработки шпалы для ВСЖМ – 17,5 млн.руб. с учетом работ по испытаниям и сертификации.



Эффективность новых шпал в сравнении с существующими аналогами

- Увеличение срока службы до 60 лет
- Стабильность геометрии пути и увеличение межремонтных сроков
- Снижение вибрации и повышение плавности хода

Рельсовые скрепления для железобетонной шпалы

Наиболее современным рельсовым скреплением для высокоскоростного движения является конструкция W30 компании Vossloh (Германия).

Особенности конструкции

- Упругая клемма Skl 30 с высокой прижимной силой в сочетании с высокой усталостной прочностью 2,2 мм
- Для применения на основных магистралях с упругими рельсовыми прокладками.
- Все детали можно предварительно собрать на заводе по производству шпал или стрелок.
- Высокая прижимная сила
- Защита от опрокидывания рельса с помощью средней петли упругой клеммы и специальной конструкции угловой направляющей плиты.
- Электрически изолированы.
- Регулировка ширины колеи ± 5 мм путем замены угловых направляющих плит.



Эффективность скреплений Vossloh в сравнении с отечественными аналогами

- Снижение затрат за счет экономии металла 30%
- Стабильность геометрии пути и увеличение межремонтных сроков

Базальтопластиковая арматура



Базальтопластиковая арматура применяется в качестве армирующего материала в строительных несущих и ограждающих конструкциях.

Преимущества:

- 100% адгезия с бетоном;
- равный с бетоном коэффициент линейного расширения;
- превосходит стальную арматуру по модулю упругости, разрушающему напряжению;
- устойчива к агрессивным средам;
- в несколько раз долговечнее арматуры из металла;
- применение 1 кг базальтопластиковой арматуры заменяет 9,6 кг металла. Экономия стали на 1м³ изделия составляет 230 кг.

Эффективность технологии в сравнении с применением стальной арматуры

- При использовании в плите Max Bögl - снижение затрат на 15%
- Увеличение срока службы конструкции в 2-3 раза. Показатель прочности на разрыв в 2 раза выше чем у арматуры класса А III при значительно меньшей площади поперечного сечения.
- Повышение производительности труда за счет меньшего веса материала, отсутствия необходимости в тяжелом подъемном оборудовании.

Базальтопластиковая арматура



Профили из базальтопластиковой арматуры в перспективе могут заменить все конструкции, как стальные, так и из прочих строительных материалов (алюминий, дерево, пластмассы) работающие в агрессивных и морских средах.

Преимущества:

- небольшой вес и простота при укладке (вес конструкции из базальтопластика в 4-8 раз меньше такой стального аналога, может быть легко установлена с помощью небольшого подъемного оборудования и бригады из трех-шести человек);
- снижение затрат на техническое обслуживание, поскольку конструкции абсолютно не подвержены коррозии и зарастаниям, не требуется проведение защитных мероприятий, в т.ч. нанесение антикоррозионных покрытий и мероприятий по электрохимической защите от коррозии;
- высокая химическая стойкость к агрессивным средам (в т.ч. сероводород, кислоты и щелочи);
- отсутствие влагопоглощения позволяет отказаться от применения гидроизолирующих материалов;
- низкая теплопроводность, которая препятствует отложениям микроорганизмов;
- неподверженность электрохимической коррозии, в т.ч. стресс-коррозии;
- легкость в монтаже, не требуется сварочное оборудование;
- повышенный гарантийный срок эксплуатации (до 80 лет);
- атмосферостойкость обеспечивает продолжительную эксплуатацию в любых климатических условиях.

Механизированный комплекс для непрерывного бетонирования конструкций различного профиля



Бетонирование водоотвода

Компания Guntert & Zimmerman (США) разработала технологию, механизмы и навесное оборудование для непрерывного бетонирования конструкций любых профилей, в том числе в стесненных условиях и в тоннелях.

Технология идеально подходит для бетонирования водоотводов. Работе бетоноукладчика предшествует проход экскаватора с профильной формой ковша.

На данный момент требуется доработка и адаптация технологии к российским условиям.

- Срок разработки – до **6 мес.**
- Ориентировочная стоимость – **300 тыс. евро.**

Данное оборудование не имеет аналогов в мире и незаменимо при строительстве ВСМ

Укладка монолитного бетона сложного профиля в тоннелях



Подача бетона в портал



Бетонирование по арматурному каркасу



Профилирование подпорной стенки

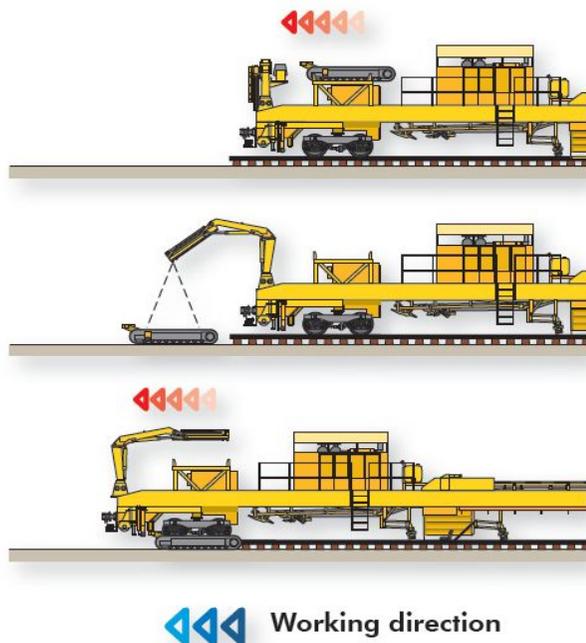


Готовая конструкция

Путевые машины Matisa

Применение технологических комплексов Matisa позволяет добиться существенного повышения производительности на основе практически полной автоматизации процесса укладки нового верхнего строения железнодорожного пути.

Все операции по сборке и укладке рельсошпальной решетки производятся непосредственно на путевой машине, таким образом, происходит оптимизация ключевых элементов технологической цепи:



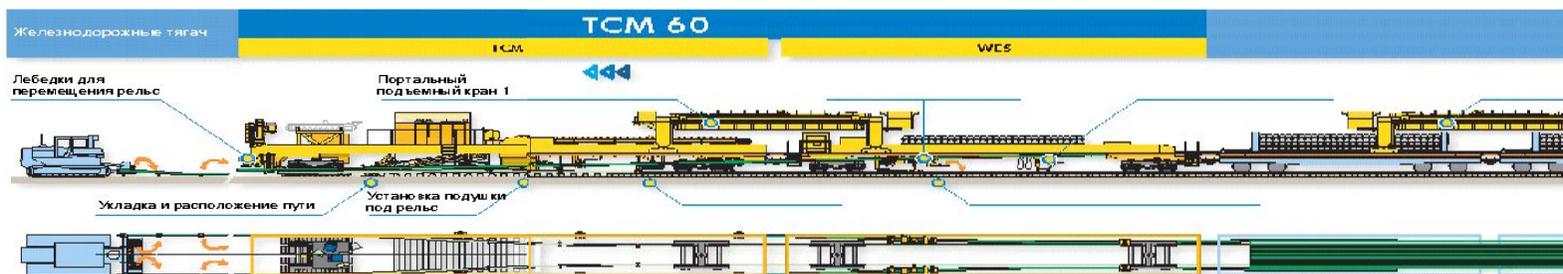
- не требуется капиталоёмкое строительство производственных баз (организация вахтовых поселков, звеносборочных площадок и площадок складирования строительных конструкций и изделий);
- отсутствует необходимость осуществления отдельных расходов по доставке рельсошпальной решетки с баз ПМС, располагающихся на значительном удалении от места производства работ;
- минимизируются технологические простои в работе оборудования, так как по прибытии на место укладки пути комплекс находится в состоянии готовности к производству работ

Комплекс мобилен и может использоваться в разных регионах на объектах строительства железнодорожных путей: расходы и время на передислокацию комплекса незначительны.

Производство машин и оборудования, входящих в комплекс, осуществляется с учетом адаптации к техническим характеристикам железнодорожных путей и климатическим условиям региона эксплуатации.

Путевые машины Matisa

Компания Matisa (Швейцария) разработала современную высокопроизводительную машину ТСМ 60 для укладки пути. Машина способна укладывать длинномерные рельсы, что значительно сокращает время укладки.



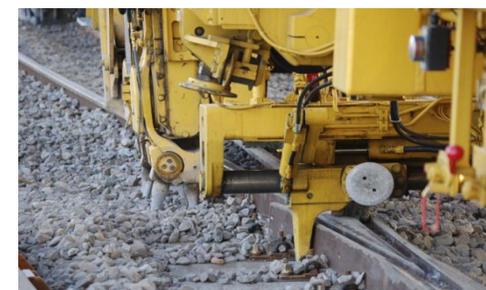
Эффективность использования в сравнении с отечественными аналогами

- Снижение сроков строительства за счет высокой производительности укладки - 1,8 км в смену

Путевые машины Matisa

Швейцарская компания Matisa выпустила современную высокопроизводительную подбивочную машину В 66 UC. Машина способна эффективно подбивать балласт, как на стрелочных переводах, так и на перегонах. В 66 UC оборудована четырьмя независимыми подбивочными блоками и соответствует всем требованиям технического обслуживания высокоскоростных линий.

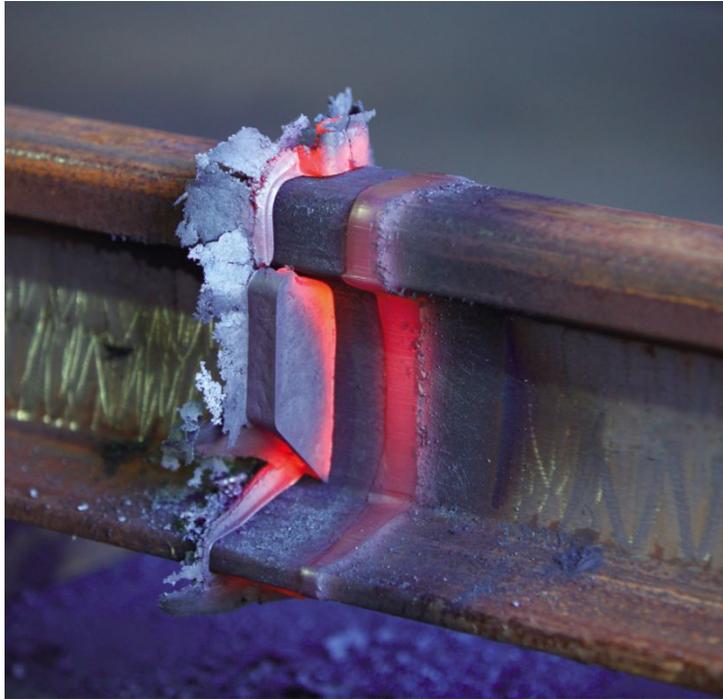
Машина подбивает боковой путь стрелочного перевода на расстоянии до 3350 мм. При этом тяговое усилие подъема подбивочного органа – 120 кН. Подбивка одного обыкновенного стрелочного перевода осуществляется за 20 – 25 мин. Скорость подбивки на прямом участке пути достигает 900 м/ч. Matisa В 66 UC оборудована новейшей путеизмерительной системой NEMO, считывающей параметры плана и профиля пути с последующей передачей данных в бортовой компьютер. Машина может работать в сложных климатических условиях без потери производительности.



Эффективность использования в сравнении с отечественными аналогами

- Снижение сроков выправочных работ в 1,5 – 2 раза за счет высокой производительности и оснащённости машины

Оборудование Schlatter для мобильной сварки рельсов



- Предназначено для сварки рельсов в бесстыковые плети как на высокоскоростных магистралях, так и на линиях для тяжеловесного движения
- Оснащено системой шлифовки для окончательной обработки швов.



Эффективность использования в сравнении с отечественными аналогами

- Сокращение времени на сварку стыков в 1,5 раза
- Увеличение срока службы за счет высокого качества и износостойкости сварного шва



Разработка методов мониторинга состояния земляного полотна для ВСЖМ

Трасса ВСЖМ 1 проходит через большое количество районов со слабыми грунтами.

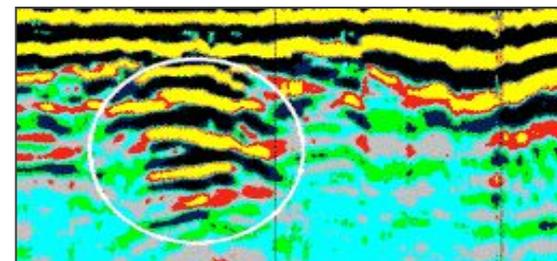
К земляному полотну «Специальными техническими условиями для проектирования, строительства и эксплуатации ВСЖМ 1» предъявляются особые требования:

- ✓ к моменту укладки ВСП должны завершиться осадки основной площадки земляного полотна;
- ✓ должны быть исключены деформации морозного пучения земляного полотна и т.д.

Мониторинг геотехнического состояния земляного полотна позволяет:

- ✓ Получить объективную информацию о состоянии земляного полотна, его изменения с течением времени и в зависимости от условий эксплуатации;
- ✓ Заблаговременно спланировать мероприятия по устранению возникающих недостатков и устранить их;
- ✓ Проанализировать состояние грунтовой среды с учётом границ раздела сред балласта и различных слоёв грунта;
- ✓ Оценить принимаемые проектные решения по конструкциям земляного полотна на слабых, заболоченных и обводненных грунтах и их влияние на параметры конструкции в целом;
- ✓ Дать рекомендации по эффективности методов и материалов его упрочнения.

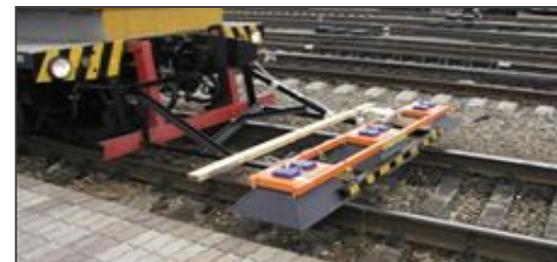
Радарограмма



Выплеск



Геодефектоскоп





Решения по укреплению и стабилизации земляного полотна ВСЖМ

- ✓ На просадочных грунтах необходимы решения по укреплению и стабилизации земляного полотна.
- ✓ Решения должны быть экономически и технически обоснованы в плане безопасности и долговечности пути.

Условия:

Гарантии прочности, стабильности геометрических параметров и долговечности: устойчивость к динамическим нагрузкам, защита от электролитической коррозии и разрушения водой.

Решения:

- ✓ Применение специальных вяжущих (цемент, битум, полимеры, смолы) или стабилизирующих грунтовых полифилизаторов;
- ✓ Применение геосинтетических материалов (геотекстиль, геомембраны, георешётки, геокомпозиты) для разделения слоёв, фильтрации, дренажа и армирования.

Эффективность использования в сравнении с отечественными аналогами
-Увеличение срока службы земляного полотна до 100 и более лет за счет применения полифилизаторов



Геосинтетические материалы



Грунтовые полифилизаторы
(универсальная система стабилизирующих добавок)





Определение основных характеристик и разработка конструкций шумозащитных экранов для ВСЖМ 1

- В ходе проведенного анализа действующих нормативных документов установлено, что требования к шумозащитным сооружениям распространяются исключительно на скорости до 250 км/ч;
- Необходимо выполнить оценку возможного воздействия от поездов, движущихся со скоростями до 400 км/ч, оценить акустическое и вибрационное воздействие;
- Разработать опытные конструкции шумозащитных экранов, провести их испытания и сертификацию.

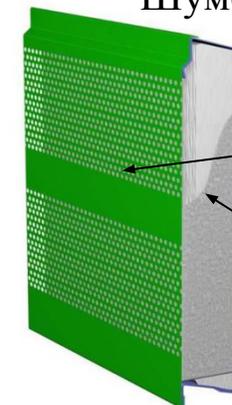
Решение о проведении испытаний экранов по технологии DURISOL принято.

Применение шумозащитных экранов позволит обеспечить комфортные условия для проживания вблизи трассы ВСЖМ 1.

Акустический экран по технологии DURISOL

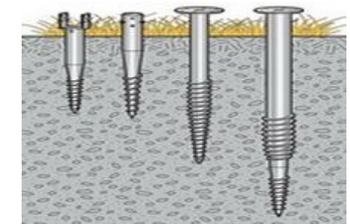


Шумопоглощающая кассета



Оцинкованная сталь с покрытием

Полиэстеровый наполнитель



Винтовые сваи для различных грунтов основания 28

Исследования по уточнению параметров и подбору щебня для балластного слоя высокоскоростных магистралей

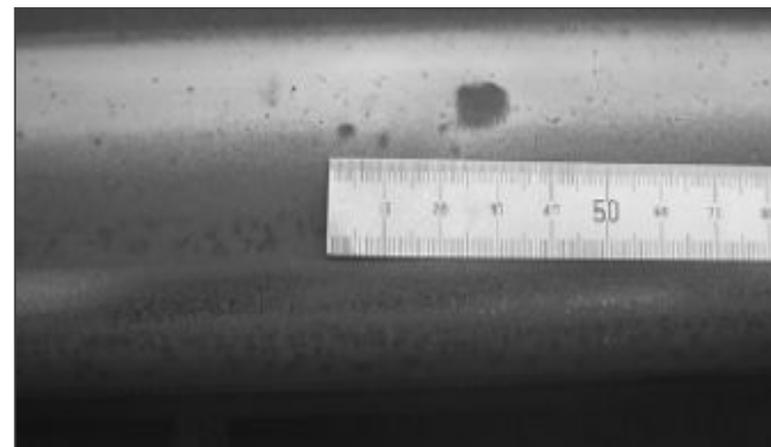
- Эксплуатация поезда “Сапсан” выявила проблемы использования щебня на существующих участках высокоскоростного движения в России;
- Главная проблема – вылет балласта;
- Щебень фракций, стандартно выпускаемых предприятиями-изготовителями, не подходит для высокоскоростного движения со скоростью до 400 км/ч.

Для подбора щебня для ВСЖМ 1 необходимо провести :

- Гармонизацию европейских и российских методов определения характеристик и параметров балласта, а также методики его испытаний;
- Выбор оптимальных характеристик балласта для ВСЖМ 1 с учётом местных климатических условий и скоростей движения (до 400 км/ч);
- Подбор материалов с учётом доступности карьеров вблизи коридора прохождения трассы ВСЖМ 1;
- Разработку оптимального состава верхнего защитного слоя земляного полотна из щебеночно-песчано-гравийной смеси.
- Дать рекомендации по укладке балласта и ЩПГС в путь.

✓ Стоимость разработки и сертификации – **6 млн. рублей.**

Повреждение рельса от вылета балласта





Применение цифровой радиосвязи стандарта GSM-R

GSM-R – система, разработанная при участии специалистов Европы специально для использования на железных дорогах. Все компоненты системы реально доступны на рынке. Каждый из них производится более, чем одним производителем;

Данная система позволяет обеспечить:

- надежный и устойчивый радиоканал передачи данных для систем безопасности и управления движением;
- интероперабельность перевозок в части применения систем радиосвязи в соответствии с требованиями ЕС по полной совместимости железнодорожных сетей различных стран;
- устойчивый и надежный канал передачи данных для систем безопасности, в т.ч. для систем КЛУБ и БЛОК;
- устойчивый и надежный канал передачи данных для систем управления движением, в т.ч. АСУД, Автомашинист, Автодиспетчер;
- канал передачи данных для передачи диагностических сообщений: информации о состоянии подвижных и стационарных объектов железнодорожного транспорта, информирование пассажиров и др.



Выводы

- Применение вышеуказанных и других технологий, машин и механизмов, материалов и конструкций позволит успешно реализовать проекты ВСЖМ в Российской Федерации, снизить себестоимость строительства, без уменьшения строительно-технических характеристик.
- Реализация инфраструктурных проектов по строительству высокоскоростных железнодорожных магистралей в Российской Федерации требует проведения ряда НИОКР по разработке и адаптации новейших технологий, материалов и конструкций.
- Требуется финансирование данных работ.





РЖД Российские
железные дороги



БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ