



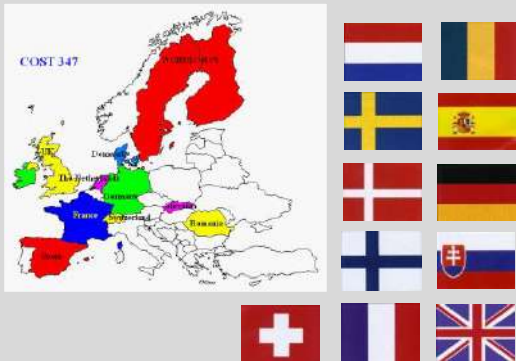
РОСДОРНИИ

Внедрение и развитие ускоренных методов испытания в России



Применение установок ускоренных испытаний в мировой практике

ЕВРОПЕЙСКИЙ СОЮЗ: объединение COST 347



ЮЖНАЯ АФРИКА - HEAVY VEHICLE SIMULATOR (HVS) PROGRAM



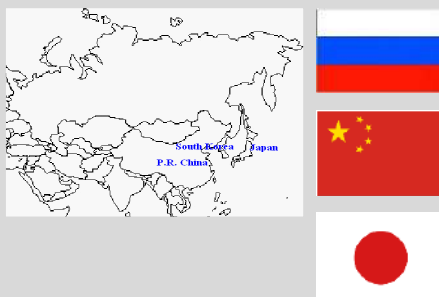
БРАЗИЛИЯ: Linear Traffic Simulator



США: Более 5 программ масштабных исследований АРТ, более 10 университетов, охватывающие все научные направления



РОССИЯ и АЗИЯ: Росдорнии, National Grand Technology Infrastructure Program, Public Works Research Institute (PWRI)



АВСТРАЛИЯ и ИНДОНЕЗИЯ: Australian ALF program, Canterbury Accelerated Pavement Testing Indoor Facility (CAPTIF)



Мировые научно-исследовательские институты, участвующие в развитии исследовательских программ ускоренных методов испытаний



Публикационная активность		
Период	Исследуемый критерий	
	Колейность	Усталостное трещинообразование
2019	1060	3300
2010 - 2018	7390	22200
2000- 2009	4380	16900

Актуальность ускоренных методов испытаний

Ускоренные методы испытаний – метод контролируемого приложения циклической нагрузки колесом к поверхности исследуемой дорожной одежды для определения параметров деформативности, обеспечивающий проведение испытания в уменьшенный срок по сравнению с реальными условиями эксплуатации автомобильной дороги.

4



Ускоренные
испытания



Полномасштабные ускоренные испытания дорожных одежд образуют жизненно важную связь между лабораторной оценкой материалов, используемых в слоях дорожных одежд, и поведением этих материалов в реальных условиях при их эксплуатации на автомобильных дорогах

**Ускоренные испытания
дорожных одежд
обеспечивают**

- минимальные сроки получения результатов при внедрении новых технологий;
- исследование особенностей работы материалов дорожной одежды в различных условиях;
- возможность исследования причин преждевременного разрушения дорожных одежд;
- эффективную оценку и валидацию новых механико-эмпирических зависимостей;
- возможность получения натуральных результатов при использовании новых методов расчёта дорожных одежд



Стратегической задачей ускоренных испытаний является поиск наиболее экономичных и долговечных конструкций или материалов дорожных одежд в течение уменьшенного периода времени по сравнению с реальными сроками эксплуатации

Общий вид и характеристики СКН «ЦИКЛОС»



СКН «ЦИКЛОС» имитирует однонаправленный грузовой трафик путем циклического перемещения четырех тележек оснащенных односкатным или двухскатным колесом с регулируемой нагрузкой на ось.

5

Характеристики:

- 4 полномасштабных грузовых колеса
- До 70 000 приложений нагрузки в сутки
- Величина колесной нагрузки - до 6,5 т. (13 т на ось)
- Длина испытательного участка с постоянной линейной нагрузкой - 4 м
- Габаритная ширина - 2,55 м, длина – 9,2 м, высота - 3,5 м
- Масса установки - 21 т

Дополнительная комплектация

Система линейного перемещения СКН «ЦИКЛОС», которая позволит имитировать смещение колесной нагрузки, аналогично реальному на эксплуатируемых автомобильных дорогах (по закону нормального распределения)



Ширина области измерений профиля колеи - 1 м
Глубина измеряемого профиля - до 100 мм
Точность измерения профиля – 1 мм
Частота сканирования - 100 Гц



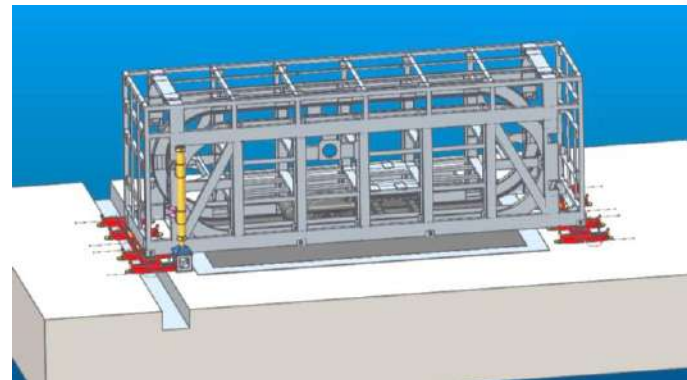
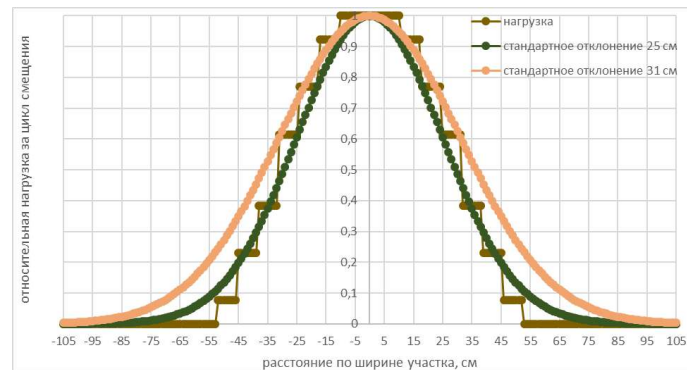
Величина нагрузки на односкатное колесо – 2 - 4,5 т.
Величина нагрузки на двухскатное колесо – 4,5 - 6,5 т.
Точность поддержания нагрузки – $\pm 2\%$.

Система линейного перемещения СКН «ЦИКЛОС»

Общий вид системы линейного перемещения



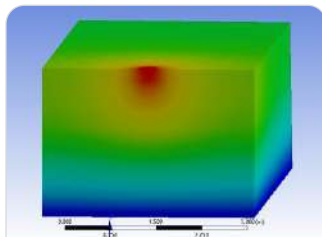
Распределение нагрузки (ступенчатое и аппроксимация ее нормальным законом с СКО 25 см и 31 см)



Основные направления исследований

Развитие ускоренных испытаний дорожных одежд в Российской Федерации – это составляющая роста дорожной науки и решения первоочередных задач продления срока службы автомобильных дорог и обеспечения их межремонтных сроков

7



Уточнение параметров расчетных моделей дорожных одежд, а также эмпирических зависимостей



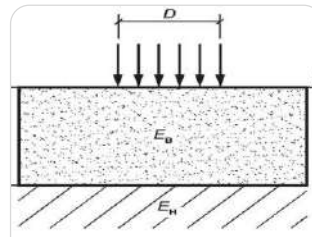
Исследование причин преждевременного разрушения



Поиски путей повышения устойчивости к колеобразованию и усталостному трещинообразованию



Анализ и прогнозирование транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог



Совершенствование методов проектирования и расчета дорожных одежд

ИНДИКАТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Прогнозирование транспортно-эксплуатационного состояния дорог

Проверка инновационных технологий и материалов

Выбор оптимального варианта конструкции дорожной одежды на этапе проектирования

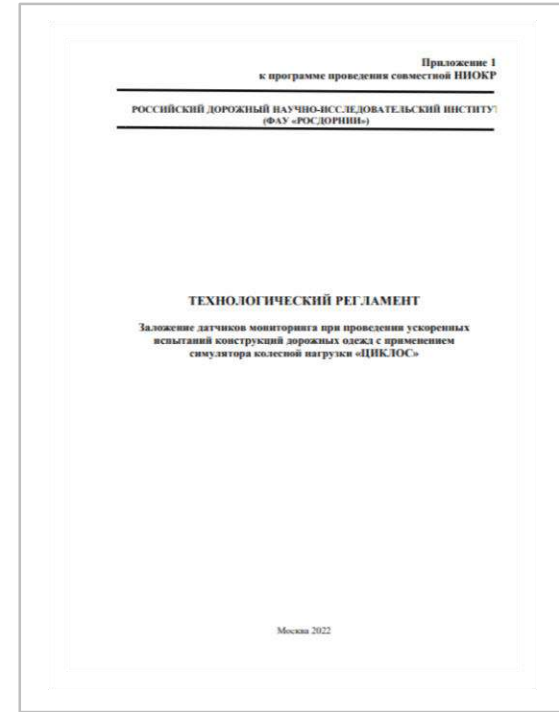
Обеспечение межремонтных сроков

Снижение рисков при назначении проектных решений

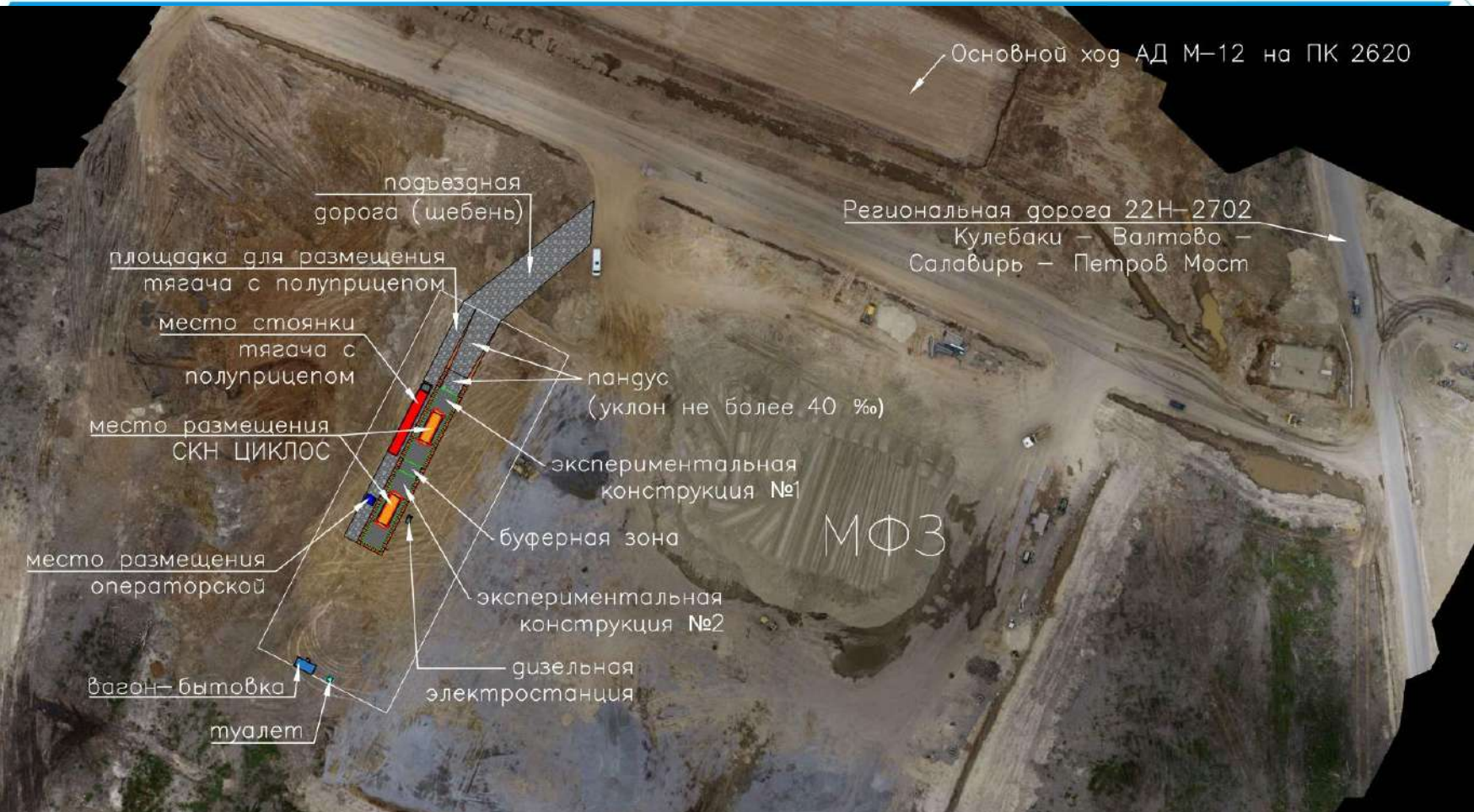


РОSDORНИ

Методическое обеспечение выполнения ускоренных испытаний дорожных одежд

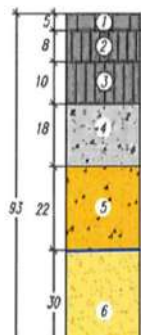


План размещения исследуемых конструкций дорожных одежд и вспомогательного оборудования на экспериментальном участке



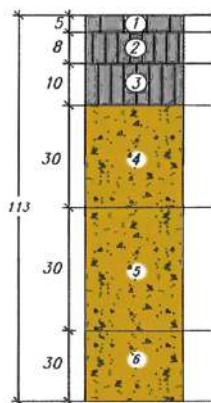
Экспериментальные конструкции для проведения ускоренных испытаний

Конструкция дорожной одежды №1
(утвержденная проектом)



Номер слоя	Наименование
1	Щебёночно-мастичный асфальтобетон SMA-16 по ГОСТ Р 58401.2-2019 на битумном вяжущем PG70-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019
2	Асфальтобетон из горячей смеси SP-22Э по ГОСТ Р 58401.1-2019 на битумном вяжущем PG64-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019
3	Асфальтобетон из горячей смеси SP-32Э по ГОСТ Р 58401.1-2019 на битумном вяжущем PG64-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019
4	Щебёночно-песчаная смесь из активных шлаков марки С4 (максимальный размер зерен 40 мм) по ГОСТ 3344-83
5	Щебёночно-песчаная смесь из активных шлаков марки С1 (максимальный размер зерен 70 мм) по ГОСТ 3344-83
-	Разделяющая прослойка из геосинтетического материала
6	Песок мелкий с содержанием пылеватых частиц 5 %

Конструкция дорожной одежды №2
(экспериментальная)



Номер слоя	Наименование
1	Щебёночно-мастичный асфальтобетон SMA-16 по ГОСТ Р 58401.2-2019 на битумном вяжущем PG70-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019
2	Асфальтобетон из горячей смеси SP-22Э по ГОСТ Р 58401.1-2019 на битумном вяжущем PG64-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019
3	Асфальтобетон из горячей смеси SP-32Э по ГОСТ Р 58401.1-2019 на битумном вяжущем PG64-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019
4	Суглинок, обработанный цементом, по прочности соответствующий марке 40
5	Суглинок, обработанный цементом, по прочности соответствующий марке 20
6	Суглинок, обработанный цементом, по прочности соответствующий марке 20

Цели выполнения экспериментальных испытаний конструкций дорожных одежд



- Выполнение сравнительного анализа показателей физико-механических и эксплуатационных свойств дорожно-строительных материалов применяемых при строительстве дорожных одежд, а также эксплуатационных свойств конструктивных слоев дорожных одежд в процессе проведения ускоренных испытаний с использованием симулятора колесной нагрузки «ЦИКЛОС».
- Оценка соответствия нормативно-техническим требованиям состояния исследуемых конструкций дорожных одежд в процессе и по окончании испытаний.
- Оценка эффективности применения местных дорожно-строительных материалов при устройстве слоев основания дорожных одежд, с целью выбора варианта конструкции дорожной одежды обеспечивающую лучшую устойчивость к воздействию расчетных нагрузок.
- Создание экспериментальной и теоретической базы для разработки комплекса данных, обеспечивающих эффективное проектирование и сооружение экономичных дорожных конструкций повышенной долговечности.
- Отработка методики и формирование порядка проведения испытаний СКН «ЦИКЛОС» на действующих объектах капитального строительства.



Средства измерений мониторинга состояния испытательных секций

Типы применяемых датчиков мониторинга



1



2



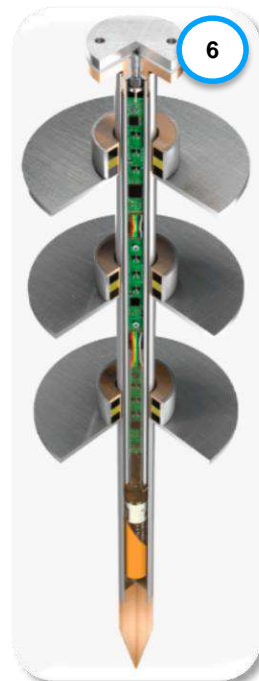
3



4



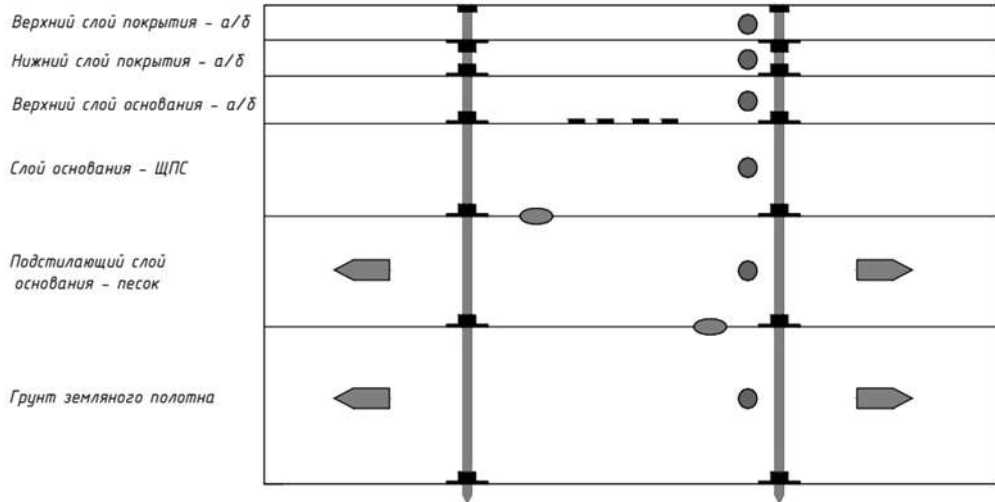
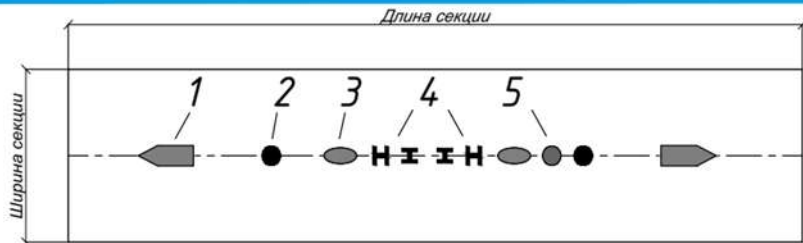
5



6

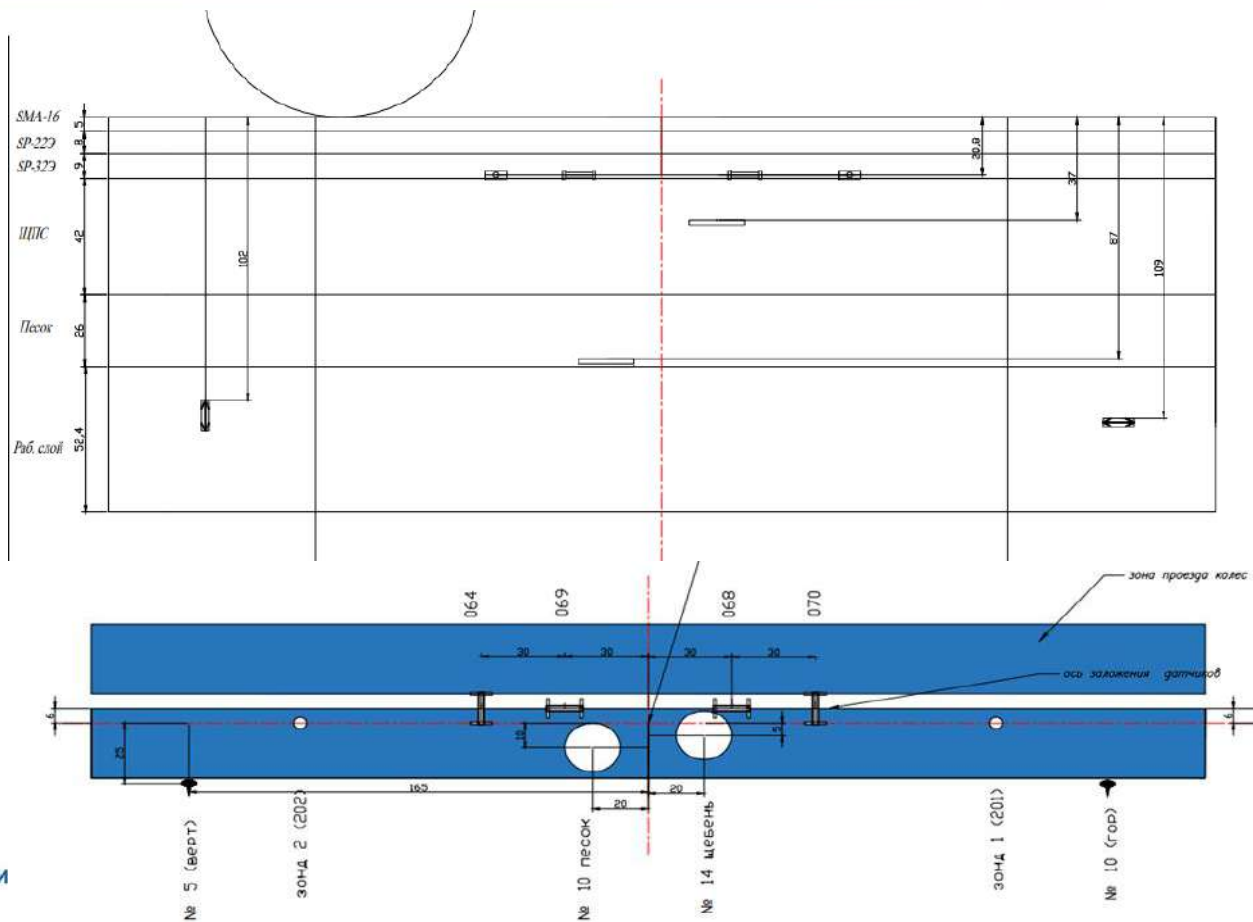
1. датчик влажности грунта
2. датчик горизонтальных напряжений
3. датчик температуры
4. датчик вертикального давления
5. датчик ускорения/перемещения
6. датчик остаточных деформаций

Средства измерений мониторинга состояния испытательных секций



1. датчики влажности;
2. измерительный зонд (остаточные деформации);
3. датчики вертикального давления;
4. датчики горизонтальных напряжений;
5. датчики температуры.

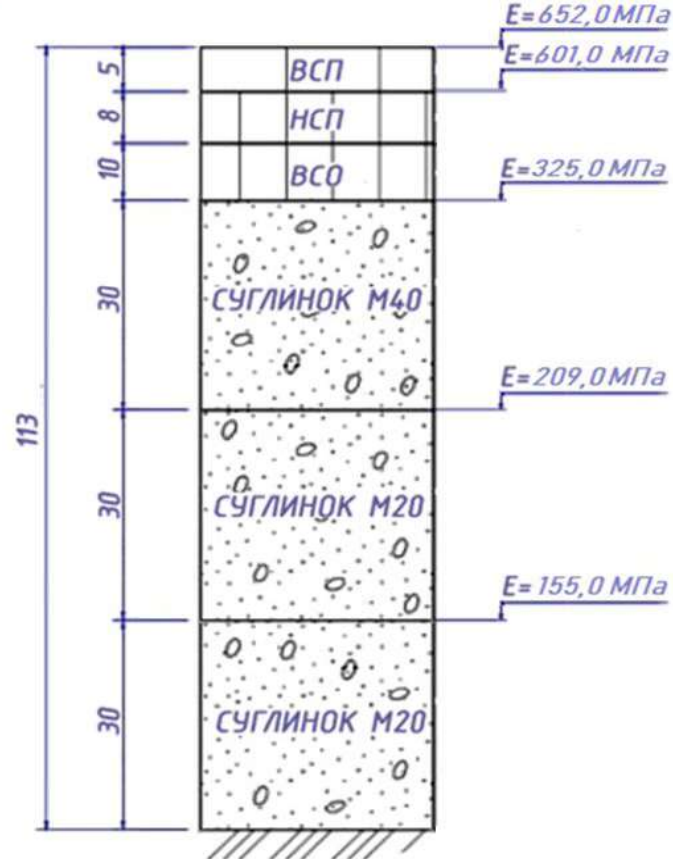
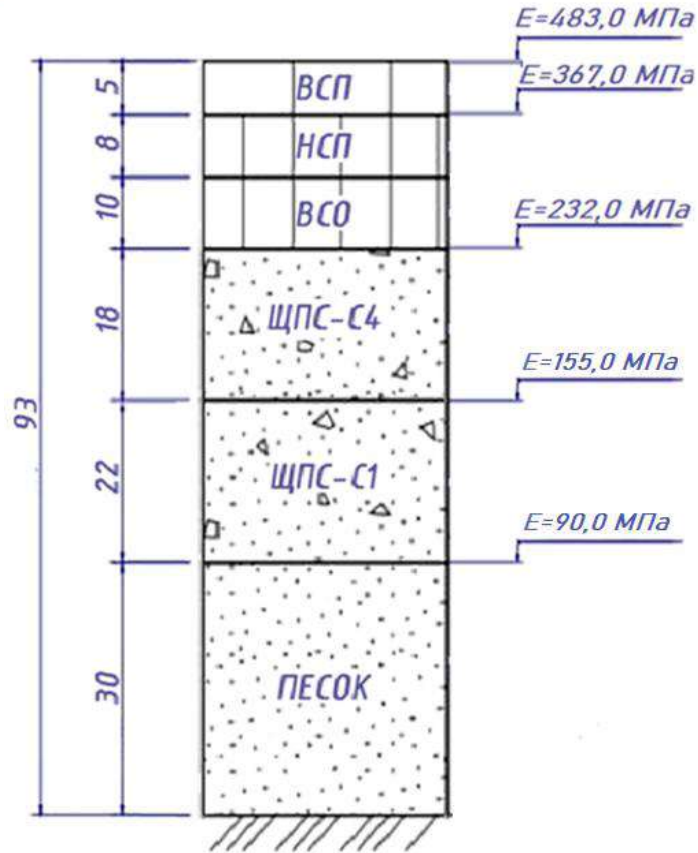
Схема фактического расположения датчиков мониторинга



Определение прочностных характеристик конструктивных слоев дорожной одежды



Результаты прочностных характеристик конструктивных слоев дорожной одежды



Планирование территории и подготовительные работы на экспериментальном участке



Монтаж датчиков остаточных деформаций



Монтаж датчиков влажности и температуры



Монтаж датчиков вертикального и горизонтального перемещения (геофоны)



Монтаж датчика вертикального давления



Геодезическое закрепление положения датчиков



Монтаж датчиков растягивающих напряжений



Завершение строительства экспериментального участка



Размещение СКН «ЦИКЛОС» на испытательном участке



Подготовка СКН «ЦИКЛОС» к началу испытаний



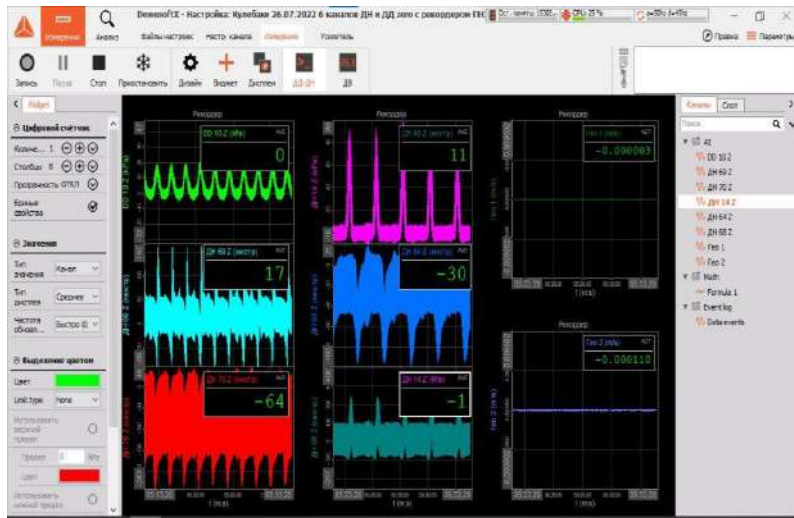
СКН «ЦИКЛОС» в режиме испытаний



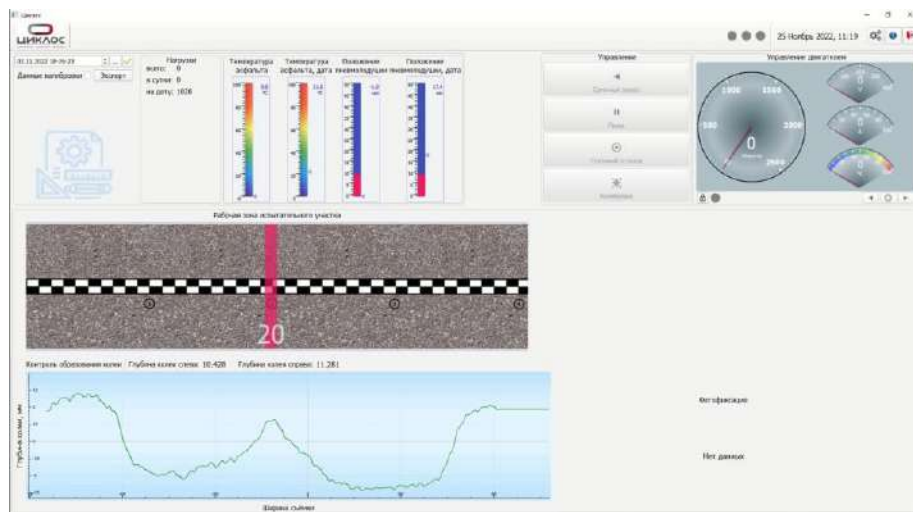
Общий вид поста управления и сбора данных СКН «ЦИКЛОС»



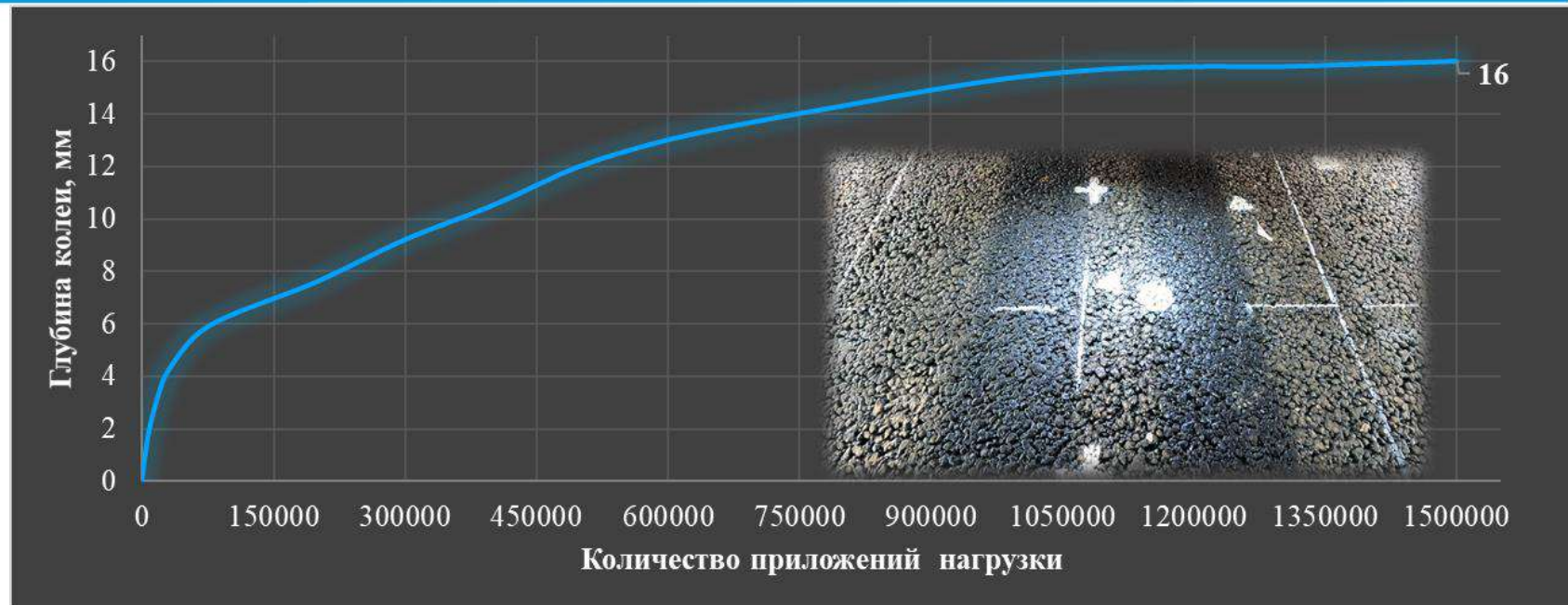
Dewesoft X для сбора данных с датчиков мониторинга



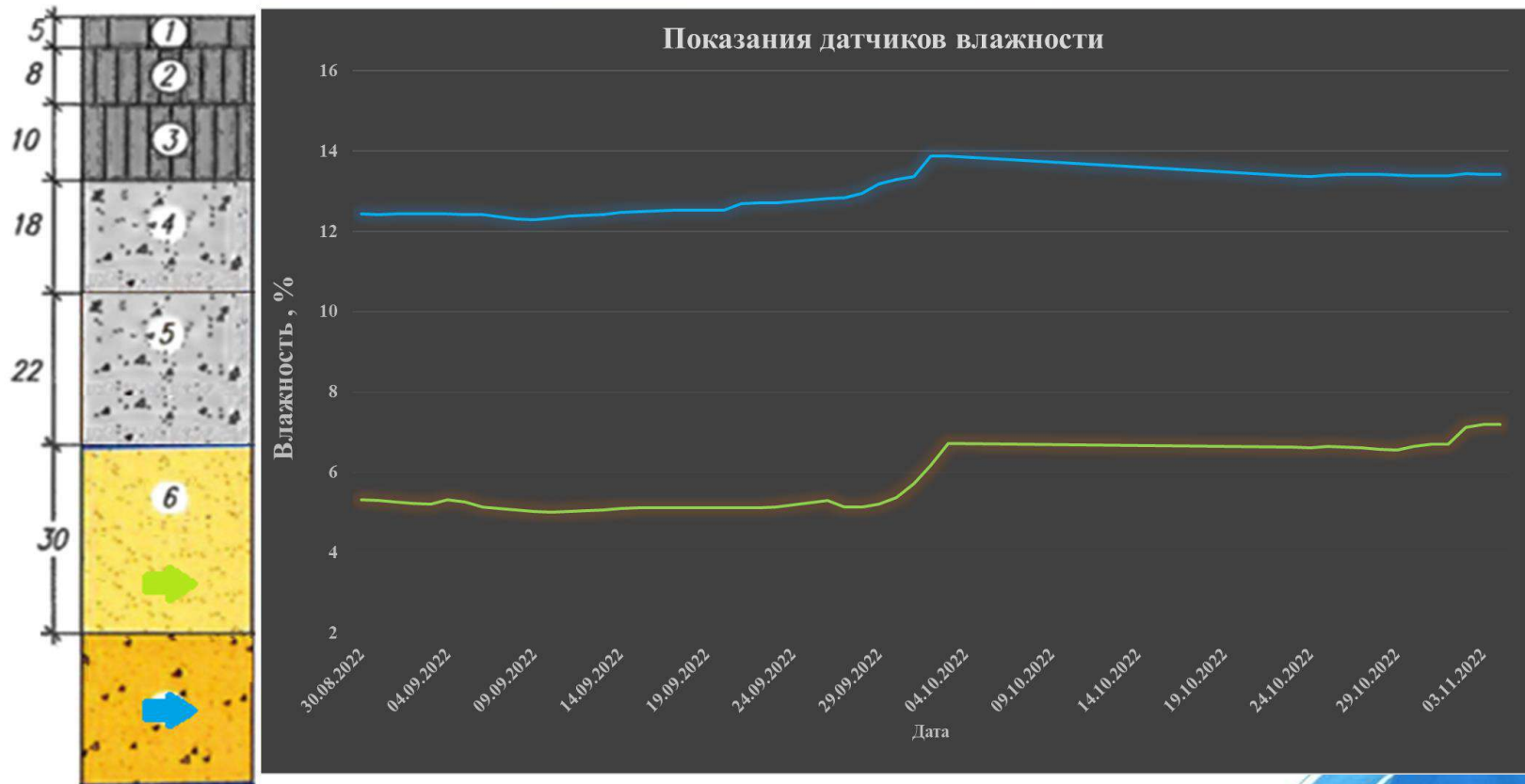
РМО (Рабочее место оператора) для сбора данных с измерительных систем СКН «ЦИКЛОС»



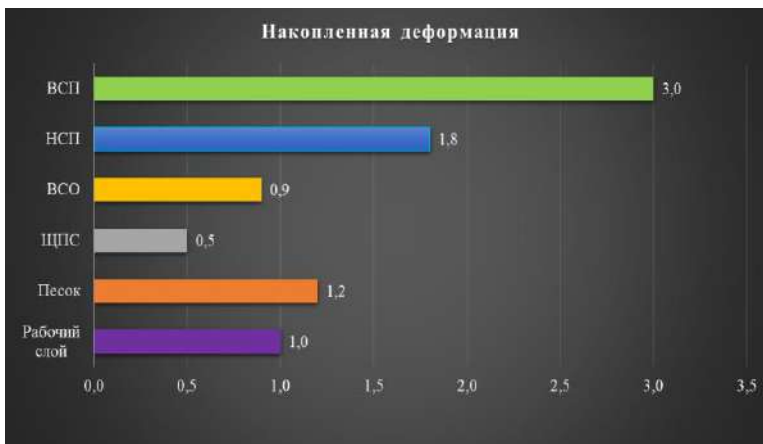
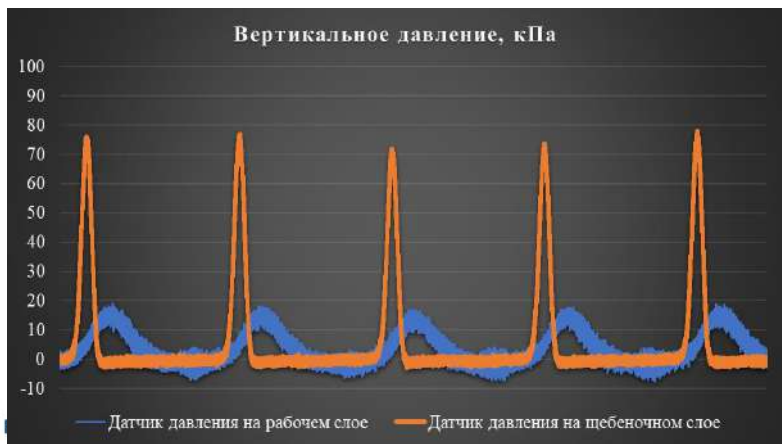
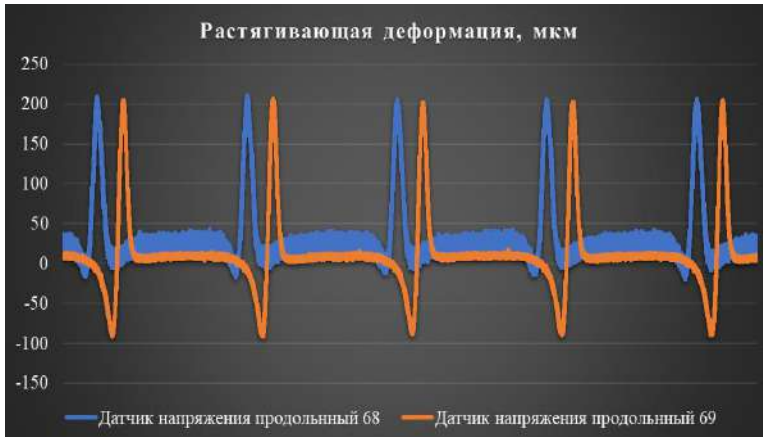
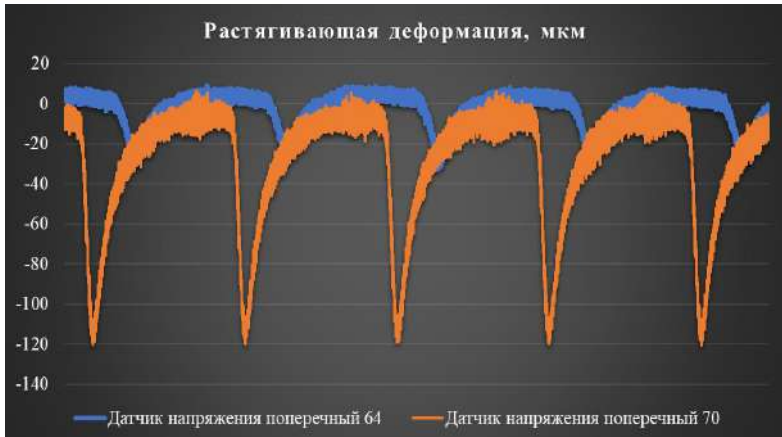
Динамика развития колеи на поверхности верхнего слоя покрытия (классическая конструкция)



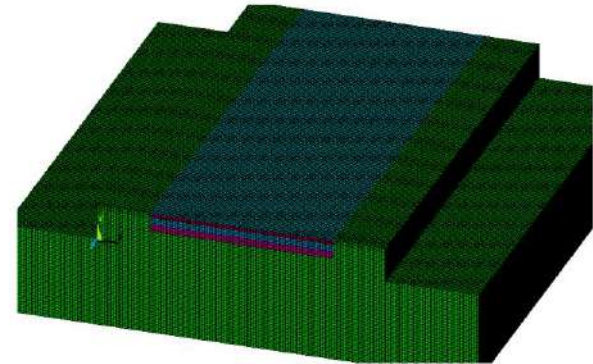
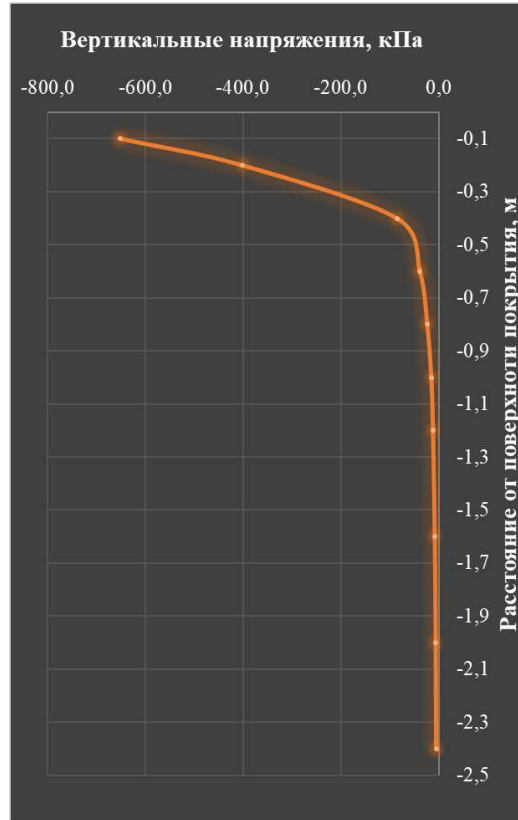
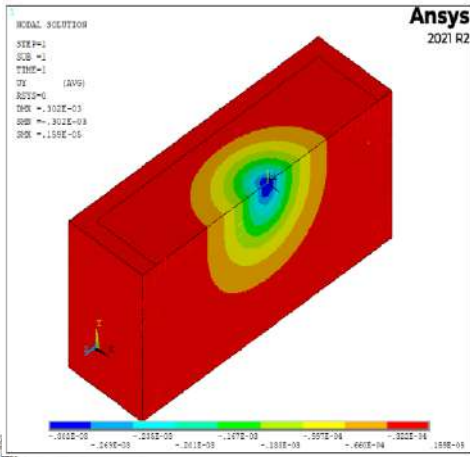
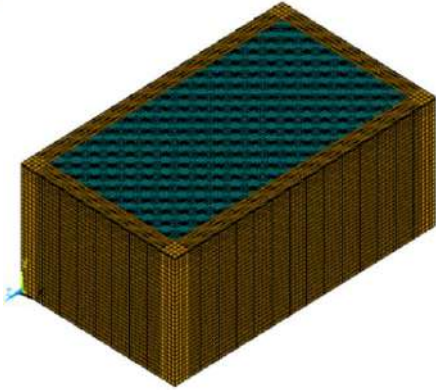
Динамика изменения влажности в грунте и дополнительном слое основания



Изменение растягивающих напряжений под воздействием динамических нагрузок

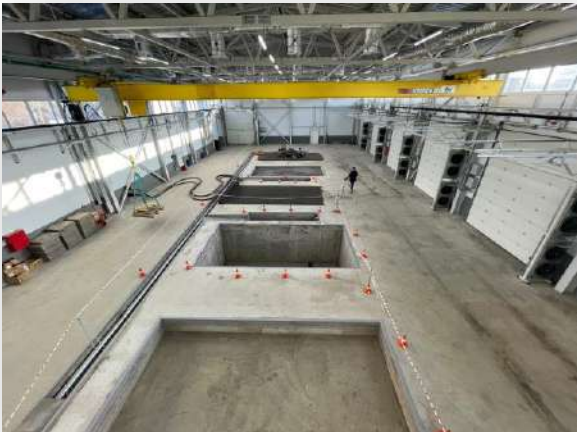


Разработка математической модели испытываемой дорожной одежды в программном комплексе Ansys

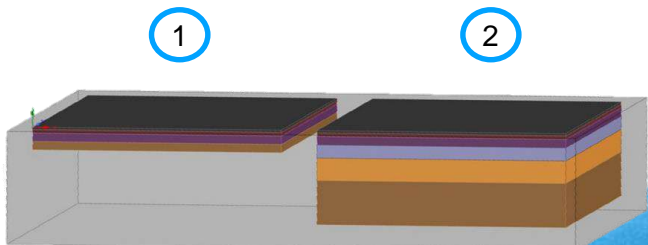
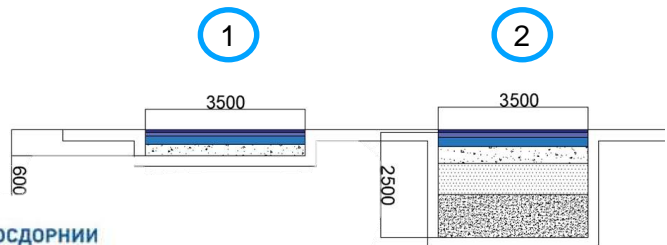


Дорожно-испытательный комплекс (полигон) ФАУ «РОСДОРНИИ» в г. Голицыно

Дорожно-испытательный комплекс (полигон) – комплекс специальных сооружений и инфраструктуры с возможностью круглогодичного поддержания заданных условий, включающий испытательные секции, необходимые для проведения испытаний дорожных одежд ускоренным методом СКН «ЦИКЛОС».



Варианты исполнения испытательных секций



Дорожно-испытательный комплекс (полигон) ФАУ «РОСДОРНИИ» в г. Голицыно

34



РОСДОРНИИ

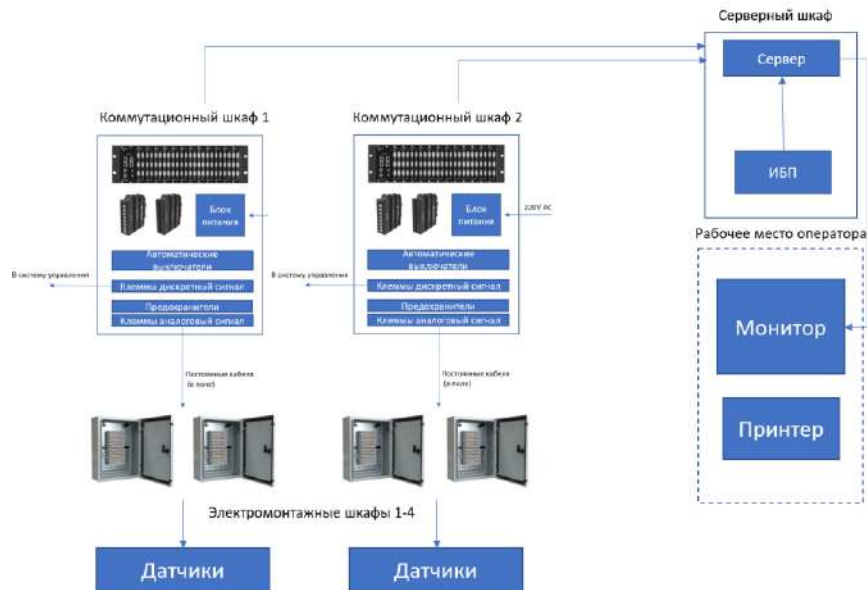


Системное ПО и система сбора данных от датчиков

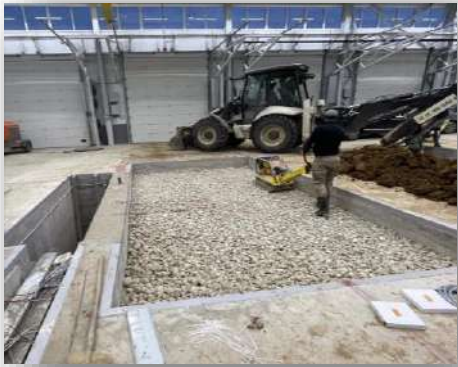
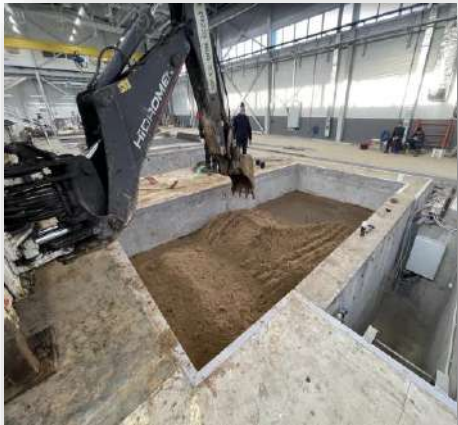
Для проведения испытаний, эксплуатации установки «Циклос» и анализа получаемых данных необходимо специализированное ПО для сбора данных с датчиков мониторинга, управления условиями эксперимента, предварительной обработки данных

Создание базы данных	Автоматизация процесса
Контроль параметров	Хранение и анализ результатов испытаний

Показатель	Периодичность считывания данных
Температура конструктивных слоев	3 час
Температура поверхности асфальтобетона	3 час
Влажность несвязных слоев и грунта земляного полотна	12 часов
Остаточные деформации конструктивных слоев и грунта земляного полотна	12 часов
Упругие деформации от однократного приложения нагрузки	В зависимости от целей исследований, но не реже чем через 500 000 приложенный нагрузки
Георадарное обследование	В зависимости от целей исследований, но не реже чем через 1 000 000 приложенный нагрузки
Напряжения в асфальтобетонных и цементобетонных слоях основания и покрытия	3 часа
Давление в грунте земляного полотна и несвязных слоях основания	3 часа
Измерение нагрузки на дорожное покрытие	12 часов
Сканирование колеиности	3 часа



Строительство дорожных одежд в испытательных секциях полигона «ЦИКЛОС»



Строительство дорожных одежд в испытательных секциях полигона «ЦИКЛОС»





Испытываемые дорожные одежды:

Капитального типа



80-90
дней

Облегченного типа



30-40
дней

Пакет асфальтобетонных
слоев на жестком основании



30-40
дней



Продолжительность проведения ускоренных испытаний может меняться в зависимости от запланированного плана испытаний с постановкой целей и перечнем задач, а также при отказе дорожной одежды в процессе проведения испытаний.



Результаты работ по методическому и нормативно-правовому обеспечению ускоренных испытаний

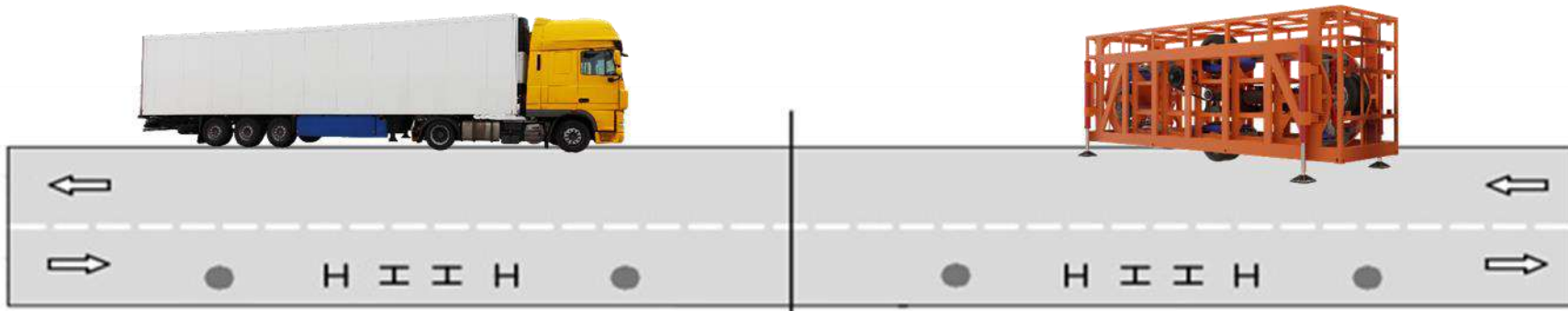


Предложения по организации работ на участках автомобильных дорог

Долгосрочный мониторинг на участке дороги

Ускоренные испытания в испытательных секциях

40



Научно-техническое сопровождение



Определение деформативных показателей установкой FWD



Мониторинг НДС при помощи комплекта датчиков



Проведение испытаний установкой Циклос



Штамповые испытания



Фиксация эксплуатационных показателей дороги

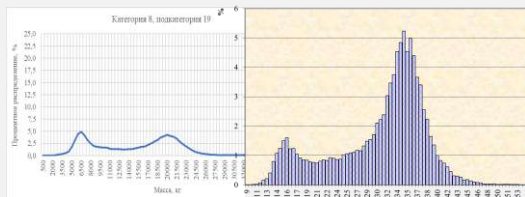


РОСДОРНИИ

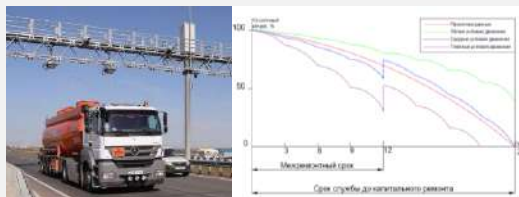
Предложения по организации работ на участках автомобильных дорог

41

Мониторинг эксплуатационных показателей опытного участка автомобильной дороги



Анализ данных
о транспортном потоке



Определение динамики
истощения остаточного ресурса



Сравнение условий
с контрольным участком

Разработка заключительных аналитических материалов

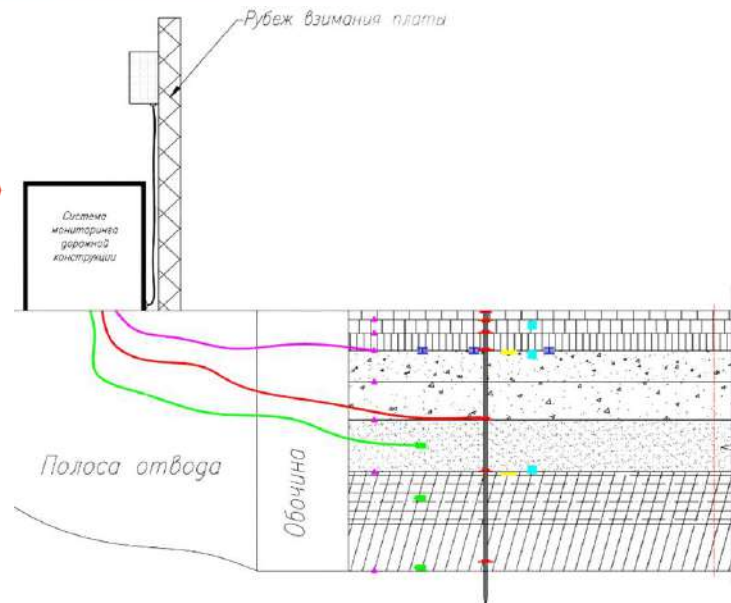
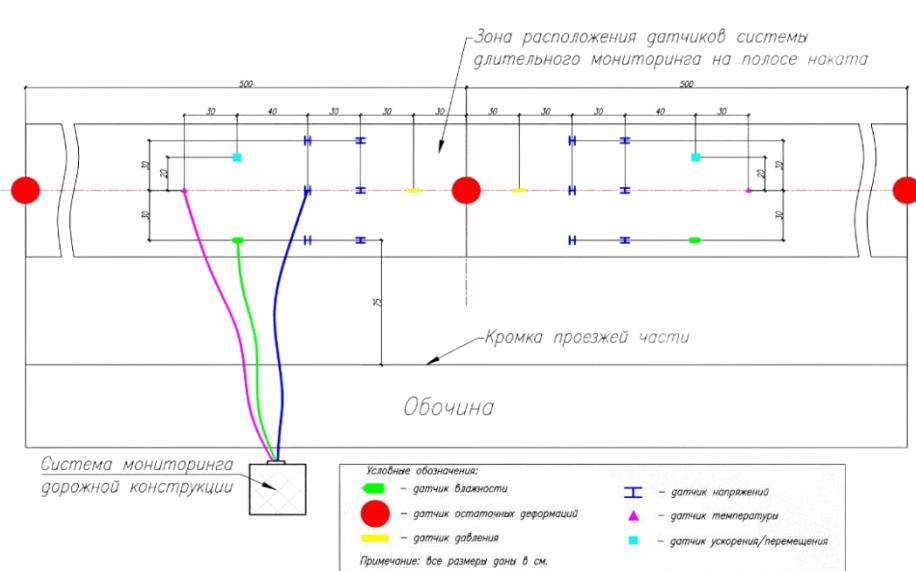
Рекомендации по необходимым
мероприятиям в рамках ремонта
на момент окончания
проведения работ

Рекомендации по
необходимым мероприятиям
в рамках содержания
автомобильной дороги

Прогнозирование
эксплуатационного состояния
автомобильной дороги в
течение межремонтного срока



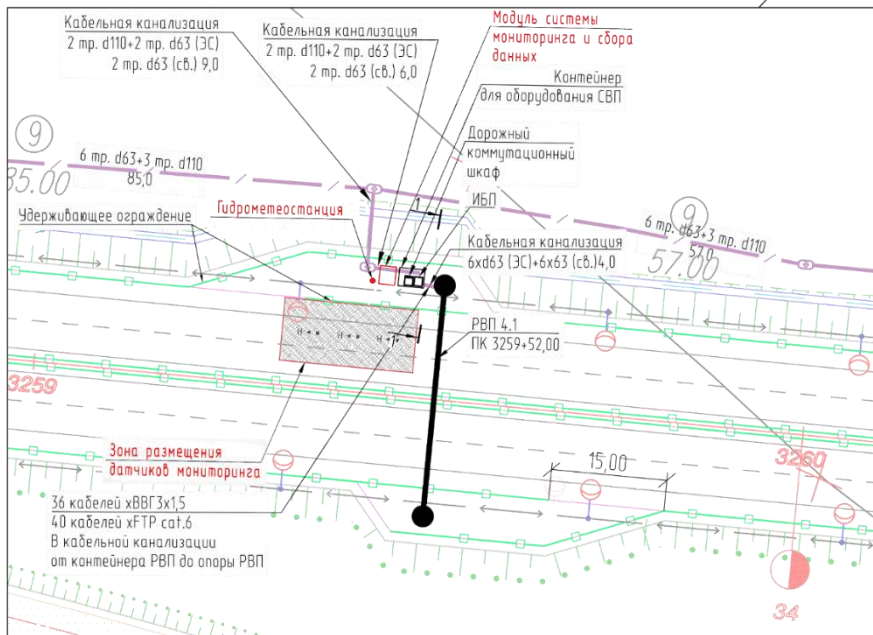
Предлагаемый вариант системы мониторинга дорожной конструкции строящейся скоростной автомобильной дороги М-12 «Москва - Нижний Новгород - Казань»



- датчик влажности грунта (4 шт.)
- датчик горизонтальных напряжений (12 шт.)
- датчик температуры (7 шт.)
- датчик вертикального давления (4 шт.)
- датчик ускорения/перемещения (4 шт.)
- датчик остаточных деформаций (2 шт.)

Пример расположения системы мониторинга дорожной конструкции на участке строящейся скоростной автомобильной дороги М-12

Система мониторинга на ПК 3259+52,00 РВП 4.1



Система контроля нагрузки и климатических параметров

43



Метеостанция



Силоизмерительные нагрузочные модули





РОСДОРНИИ

Спасибо
за внимание