

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

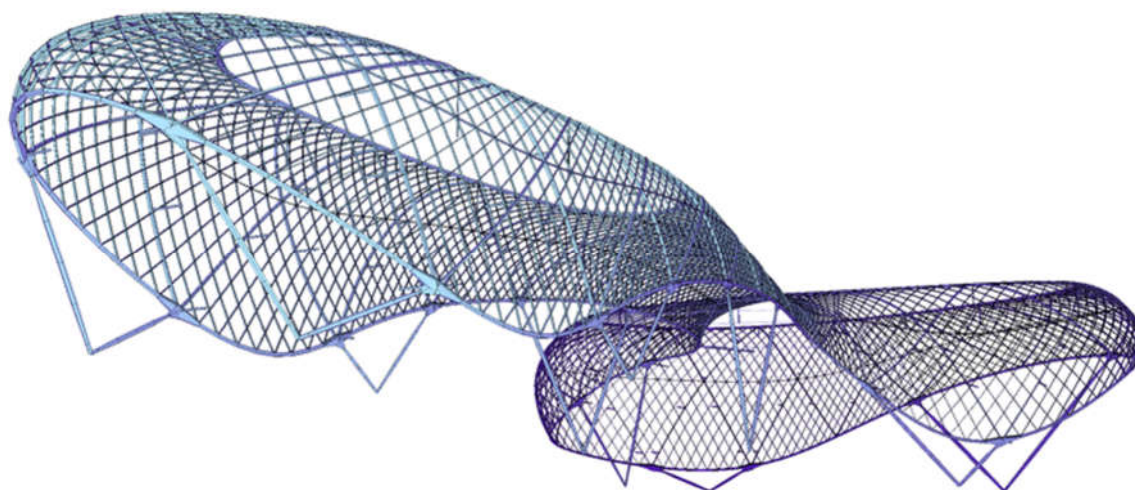
Кафедра «Мосты и тоннели»

Международная научно-практическая конференция

*«BIM-ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МКЭ-АНАЛИЗ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»*

2 ноября 2018 г.

Сборник презентаций докладов



Минск
БНТУ
2019

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор Г. П. Пастушков;

доктор технических наук, профессор Г. Д. Ляхевич;

кандидат технических наук, доцент В. Г. Пастушков;

кандидат технических наук, доцент И. Л. Бойко;

кандидат технических наук, доцент В. В. Нестеренко;

кандидат технических наук В.А. Гречухин;

доцент Л. Г. Расинская;

старший преподаватель Л. А. Галковская;

старший преподаватель А. А. Яковлев;

старший преподаватель А. Н. Вайтович;

старший преподаватель М. А. Кисель;

старший преподаватель О. В. Костюкович;

старший преподаватель М. П. Петров;

ассистент В. А. Ходяков;

младший научный сотрудник К. К. Шикуть;

инженер А. А. Далидовская

В сборник включены материалы докладов, представленных на VI Международной научно-практической конференции «BIM-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений», состоявшейся 2 ноября 2018 года в Белорусском национальном техническом университете.

© Белорусский национальный
технический университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Исследование НДС главных балок разводных мостов раскрывающейся системы в ПК SOFiSTiK	4
Система мониторинга вантового моста через Корабельный фарватер г. Санкт-Петербург	18
Результаты численного моделирования взаимодействия буроинъекционной сваи, имеющей контролируемое уширение, с пылевато-глинистым грунтовым основанием	26
Особенности определения грузоподъемности одностолбчатых опор	37
Расчет здания торгово-развлекательного комплекса с наземным паркингом в условиях взаимодействия с конструкциями станции «Вокзальная» Минского метрополитена	48
Опыт применения Autodesk InRoads при разработке сложных объемно-планировочных решений транспортных узлов	58
Методы и подходы защиты строительных конструкций	67
Опыт расчёта 4-этажного гаража в Санкт-Петербург с применением ПК SOFiSTiK	76
Применение МКЭ-анализа при оценке воздействия на подземные сооружения метрополитена строительства наземных объектов в охранной зоне метрополитена	85
Сравнительный анализ теоретических и натуральных результатов определения несущей способности буровых свай на примере строительства фундаментов опор путепровода на Западном обходе г. Брест	94
Инновационные решения при мониторинге зданий и сооружений	104
Информационное моделирование сборного железобетона с использованием Tekla Structures. Технические и организационные аспекты. Экспорт услуг	109
Контроль за возведением сооружения на основе автоматизированного сравнения информационной модели и облака точек	118
ВМ из Германии для проектирования зданий и сооружений	123
Опыт применения ВМ при проектировании, строительстве и эксплуатации линейных сооружений	131
Результаты применения неэффективной конструкции деформационного шва при проектировании мостовых сооружений	140
Анализ режимов динамической нагруженности пролетных строений в среде SciLab 6.0	166
Образование и практика. Современный инженер в веке ВМ-технологий	179

Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.8

Исследование НДС главных балок разводных мостов раскрывающейся системы в ПК SOFiSTiK

¹Чижов С.В., ¹Антонюк А.А., ²Письмак А.В.

¹Кафедра «Мосты» ФГБОУ ВО ПГУПС,

²Проектный институт «Ленгипротранспуть»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Классификация разводных мостов

Плоскость движения пролетного строения	Характер движения пролетного строения		
	Поступательное	Вращательное	Вращательно-поступательное
	Системы разводных мостов		
Вертикальная	Вертикально-подъемная	Раскрывающаяся	Откатно-раскрывающаяся
Горизонтальная	Откатная	Поворотная	-



Вертикально-подъемная система



*Вертикально-подъемная система
Финляндский мост, Санкт-Петербург
Длина разводного пролета: 45 м*



Раскрывающаяся система



*Раскрывающаяся система
Дворцовый мост, Санкт-Петербург
Общая длина разводного пролета (двукрылый): 56,6 м*

Откатно-раскрывающаяся система



*Шженский железнодорожный мост
Откатно-раскрывающаяся система, г. Беломорск (2 в мире)
Общая длина разводного пролета: 66 м.*

Откатная система (частный случай)



*Сворачивающийся мост (пешеходный)
Откатная система, г. Лондон
Общая длина разводного пролета: 12 м.*

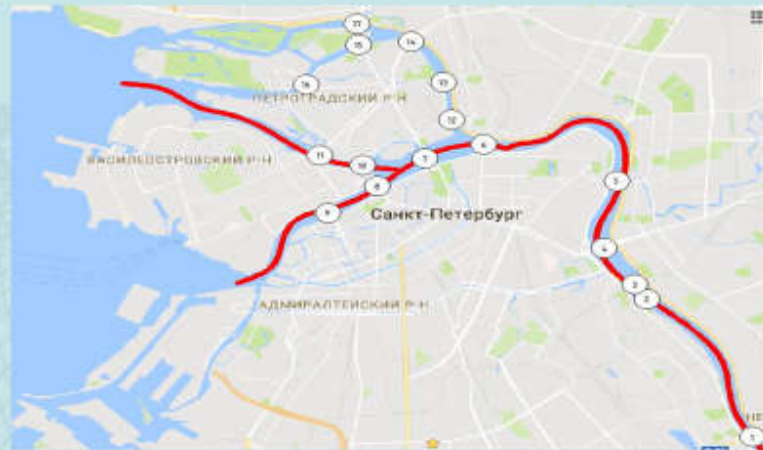


Поворотная система



**Мост Оскара Каллака,
Поворотная система, г. Лиепая (Латвия)
Общая длина разводного пролета: 132,28 м
Длина центрального пролета: 64 м**

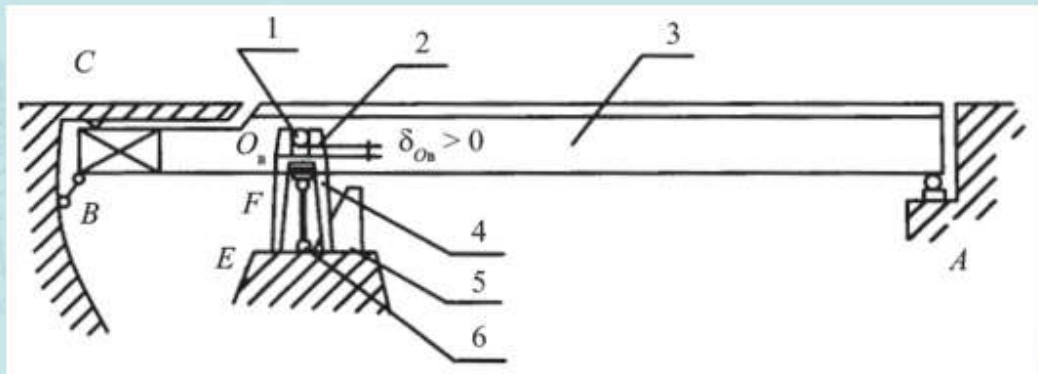
Схема расположения разводных мостов в Санкт-Петербурге



Мосты на пути
основного фарватера:
11 Разводных мостов
1 Мост Бетанкура
(вантовый)
1 Яхтенный мост
(пешеходный)
1 Большой Обуховский
мост (вантовый)
1 Часть ЗСД (вантовый)

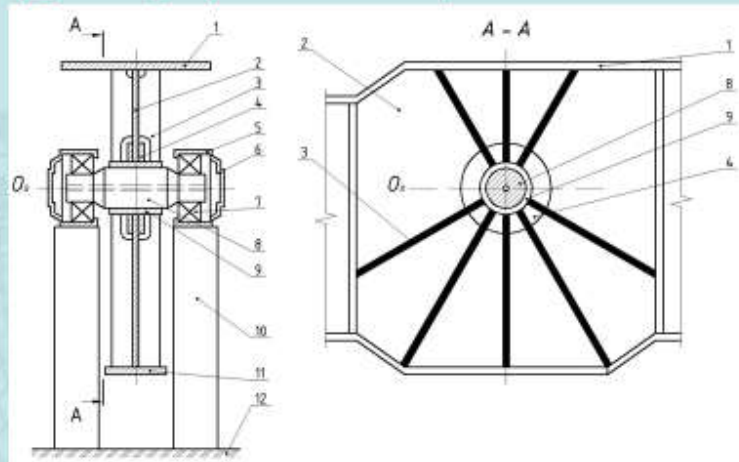
1 - Володарский мост; 2 - Финляндский мост первый путь; 3 - Финляндский мост второй путь; 4 - мост Александра Невского; 5 - Большой Охтинский мост; 6 - Литейный мост; 7 - Троицкий мост; 8 - Дворцовый мост; 9 - Благовещенский мост; 10 - Биржевой мост; 11 - Тучков мост; 12 - Сампсониевский мост; 13 - Гренадерский мост; 14 - Кантемировский мост; 15 - Каменноостровский мост; 16 - Большой Крестовский мост; 17 - Ушаковский мост;
— форватер.

Схема однокрылого разводного пролетного строения моста раскрывающейся системы



A – опорная часть; *B* – подклинивающее устройство; *O_v* – ось вращения; *C* – отрицательная опорная часть; *F* – шарнирное опирание крыла на качающуюся стойку; *E* – шарнирное опирание качающейся стойки на опору; 1 – ось вращения; 2 – вертикальные направляющие; 3 – крыло разводного пролетного строения; 4 – опорная стойка (рама); 5 – упор; 6 – качающаяся стойка

Конструкция прикрепления оси вращения к главной балке



1 – верхний лист ортотропной плиты; 2 – стенка главной балки; 3 – радиальное ребро жесткости; 4 – кольцевая диафрагма; 5 – корпус подшипника; 6 – крышки; 7 – подшипники; 8 – ось вращения; 9 – трубчатая втулка; 10 – стойка подшипника оси вращения; 11 – нижний пояс главной балки; 12 – опора разводного пролета; *O_v* – ось вращения – решетка поперечных связей; 6 – противовес; 7 – вспомогательная поперечная балка; 8 – вспомогательная продольная балка; *D* – нагрузка, передаваемая на ось вращения

*Виды разрушений и дефекты, характерные для разводных мостов
раскрывающейся системы*



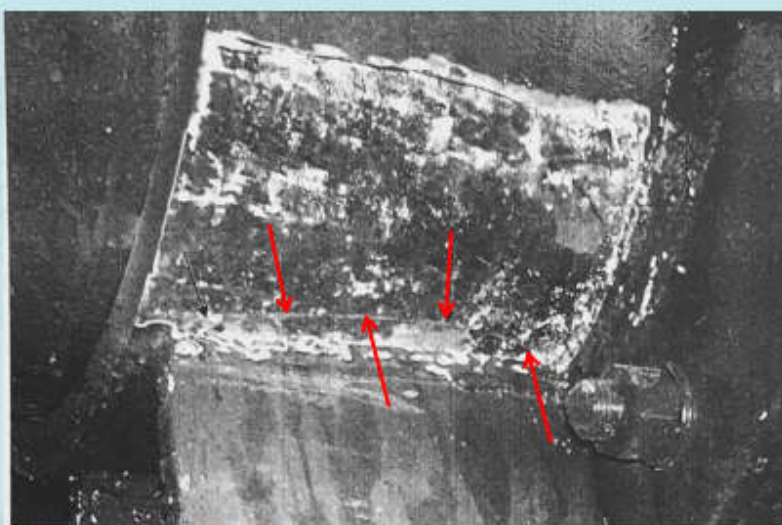
Трещины в сварных швах прикрепления радиальных ребер жесткости к втулке оси вращения (Троицкий разводной мост)

*Виды разрушений и дефекты, характерные для разводных мостов
раскрывающейся системы*



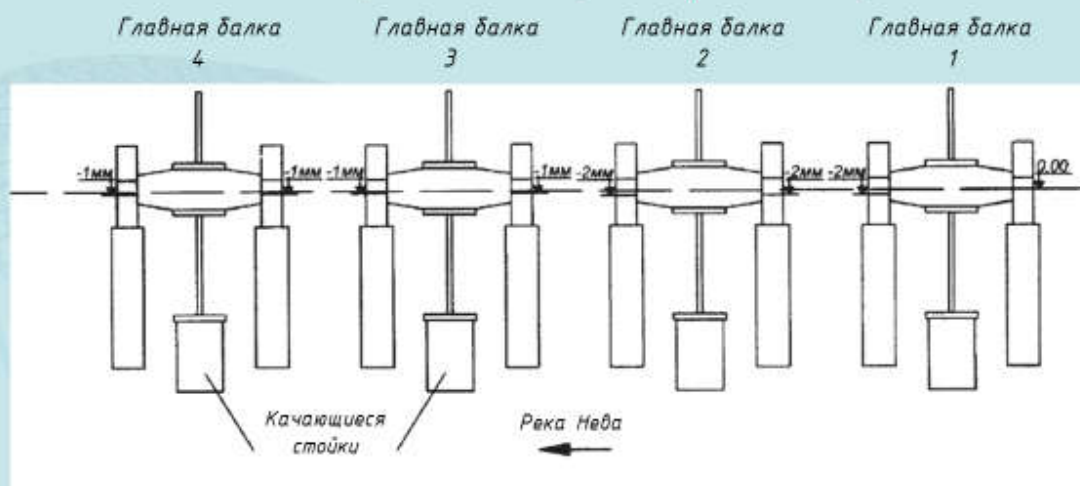
Трещины в сварных швах прикрепления радиальных ребер жесткости к втулке оси вращения (Володарский разводной мост)

Виды разрушений и дефекты, характерные для разводных мостов раскрывающейся системы

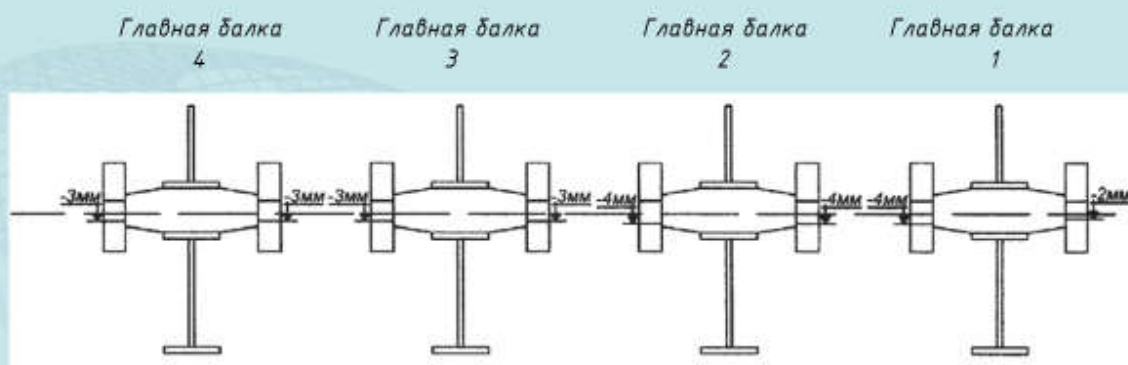


Трещина в основном металле втулки оси вращения главной балки (Литейный разводной мост)

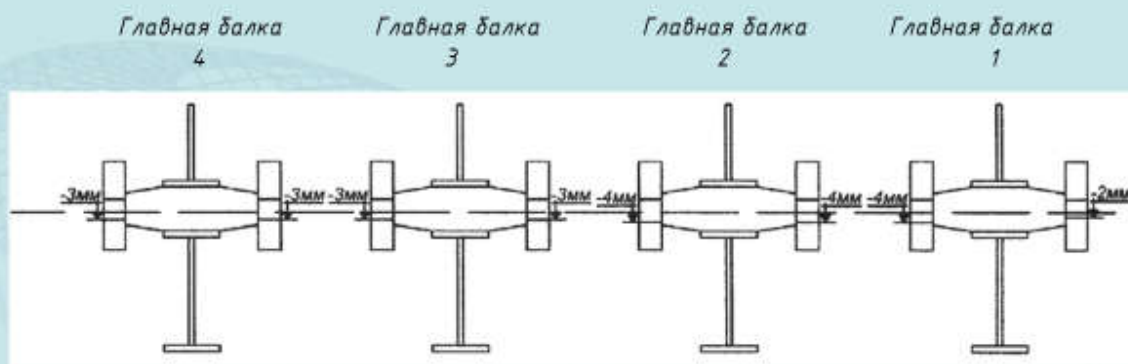
Высотное положение подшипников осей вращения при опирании крыла на качающиеся стойки (Володарский мост)



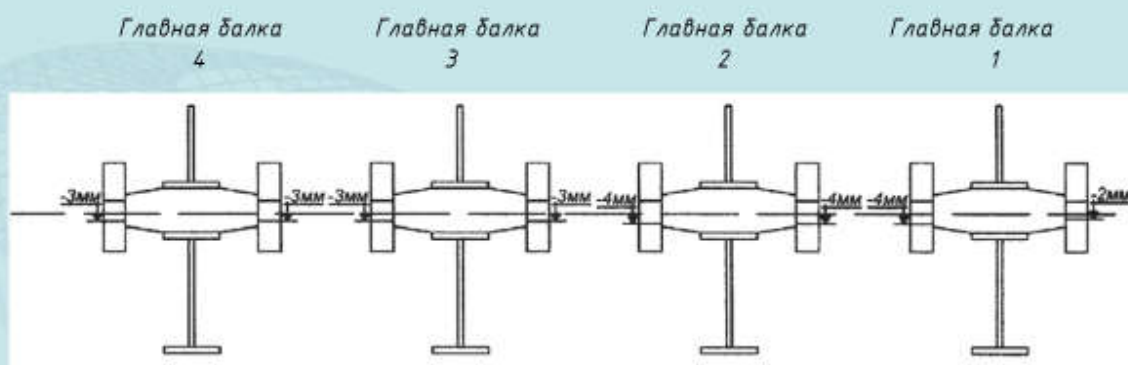
Высотное положение подшипников осей вращения в разведенном положении крыла (Володарский мост)



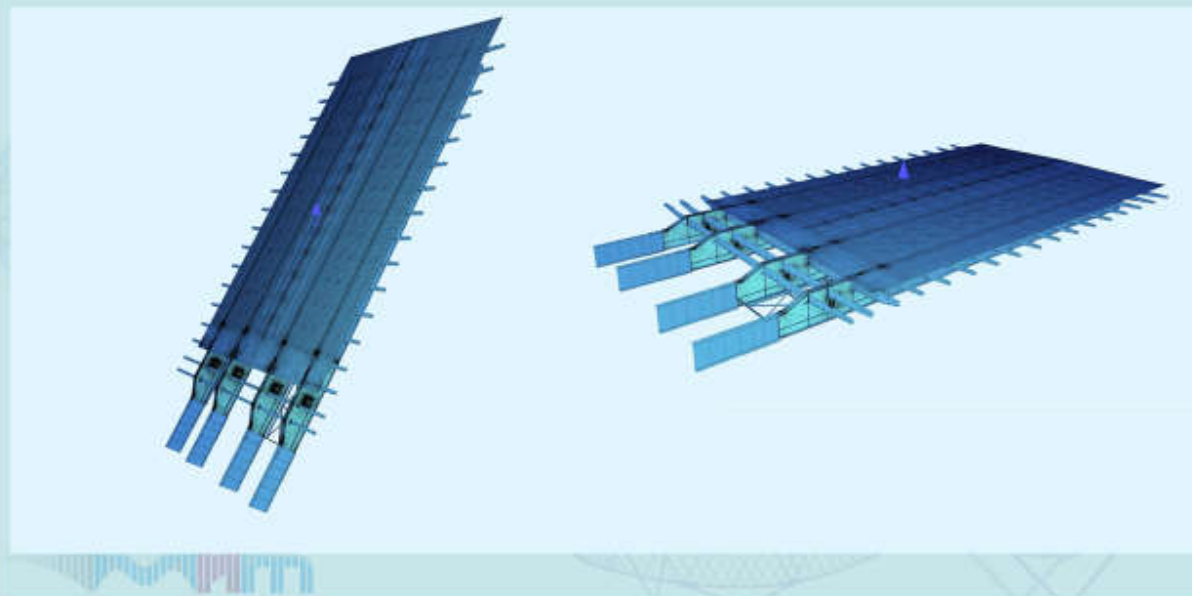
Высотное положение подшипников осей вращения в разведенном положении крыла (Володарский мост)



Высотное положение подшипников осей вращения в разведенном положении крыла (Володарский мост)

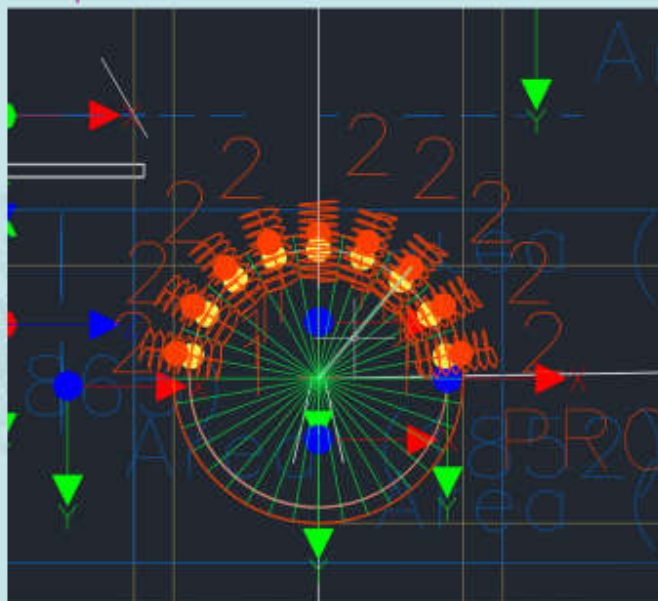
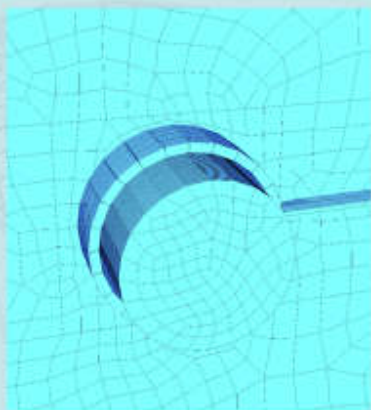


Расчетная модель Володарского моста в ПК SOFiSTiK



Расчетная модель Володарского моста в ПК SOFiSTiK

Модель расположения и направления пружинных элементов при моделировании в среде AutoCAD

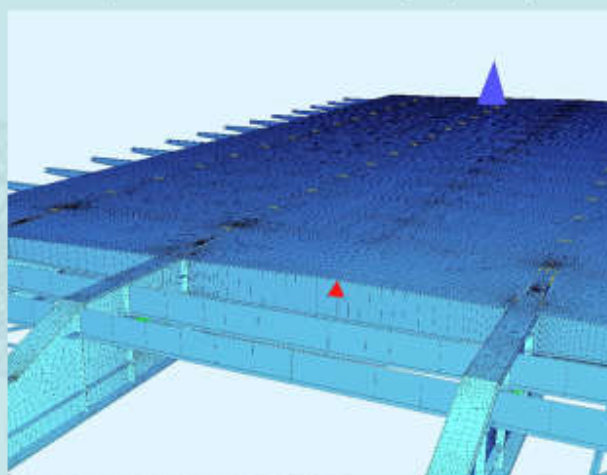


Расчетная модель Володарского моста в ПК SOFiSTiK

Ввод нагрузок в расчетную систему

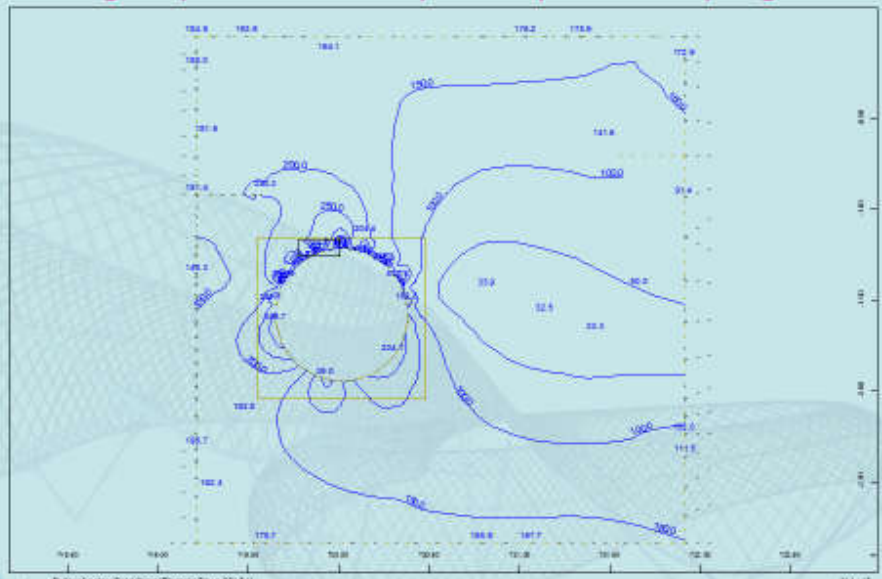
- 1) Нагрузка от массы всех элементов конструкции
- 2) Противовес введен в виде сосредоточенных нагрузок, приложенных на продольные балочные элементы в противовесной части главных балок
- 3) Нагрузка от проезжей части

Дополнительное опирание в месте прикрепления домкрата подъемного механизма (гидравлика)



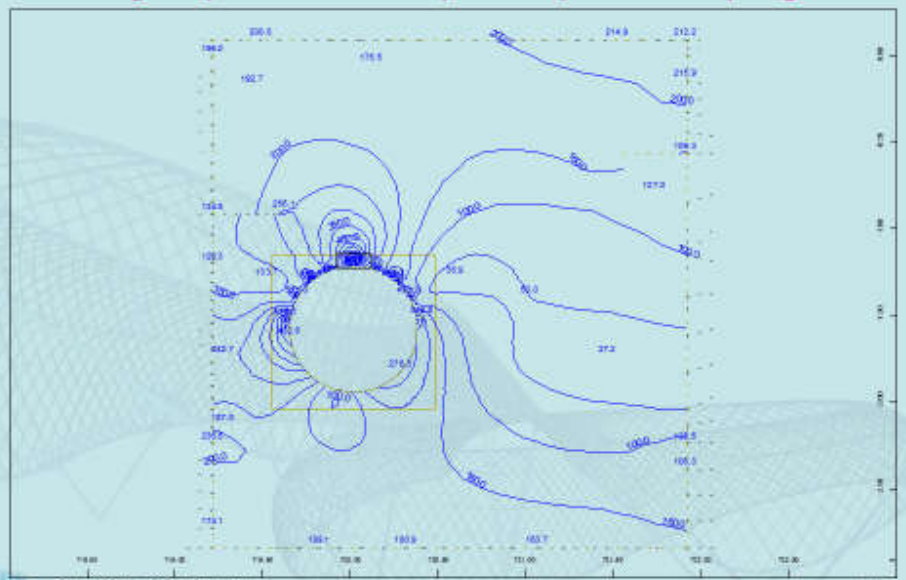
Напряжения по Мизесу в крайней балке при повороте в 0 градусов

MAX напряжение: Ххх МПа



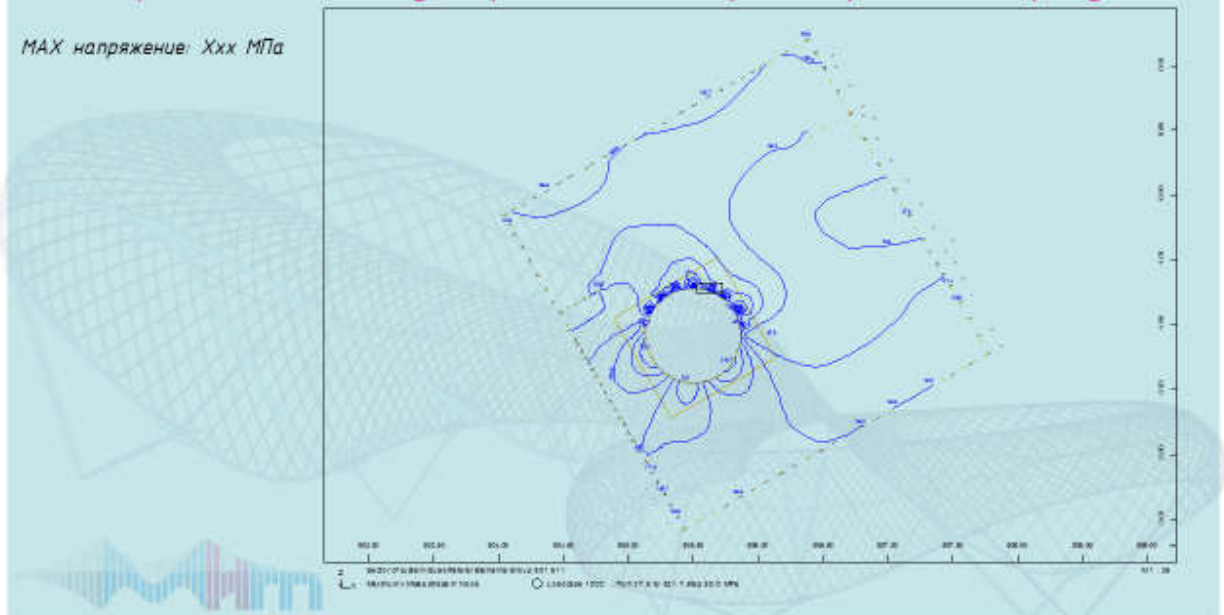
Напряжения по Мизесу в средней балке при повороте в 0 градусов

MAX напряжение: Ххх МПа



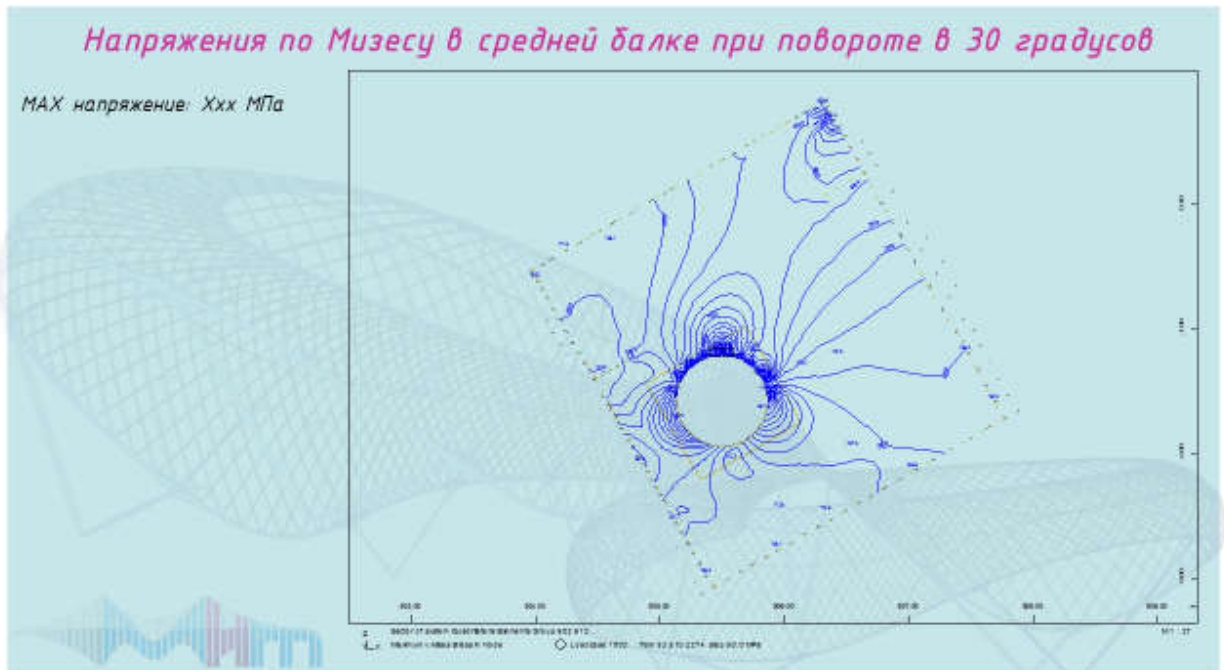
Напряжения по Мизесу в крайней балке при повороте в 30 градусов

MAX напряжение: Ххх МПа

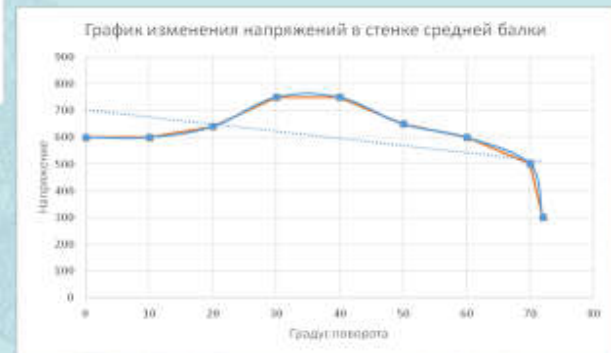
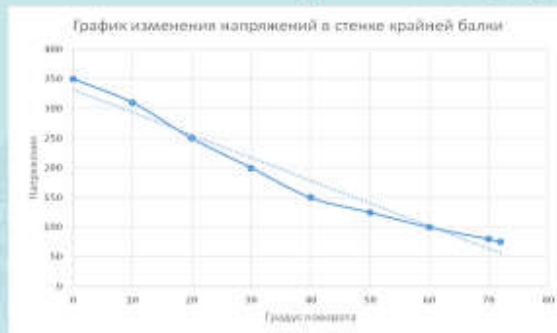


Напряжения по Мизесу в средней балке при повороте в 30 градусов

MAX напряжение: Ххх МПа



Изменение напряжений в процессе разводки пролетного строения



Результаты проведенных исследований

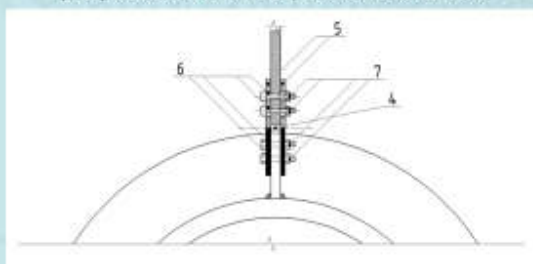
- 1) *Натурные и расчетно-теоретические исследования, проведенные ранее, подтвердили возможность возникновения в радиальных и опорных ребрах жесткости напряжений, близких к прочностным характеристикам стали, что, ввиду циклической работы сооружения, способствует образованию трещин/разрушений усталостного характера.*
- 2) *Работа по оптимизации подбора ребер жесткости не окончена ввиду множественности данных и пока сложно их структурировать, однако, полученной и обработанной части информации об изменении напряженного состояния в элементах вокруг втулки достаточно для однозначного ответа, что напряжения в элементах стенки балки над осью опирания значительно изменяются при изменении угла раскрытия и однозначно устанавливать ребра опираясь на плоский расчет нельзя – необходимо проведение расчетов с учетом установки каждого дополнительного ребра и раскрытия пролетного строения поэтапно.*
- 3) *Применение полученных результатов годится только для приближенной оценки процесса изменения напряженно-деформируемого состояния конструкции, так как они не имеют комплексного научного обоснования.*

Дальнейшие цели исследования

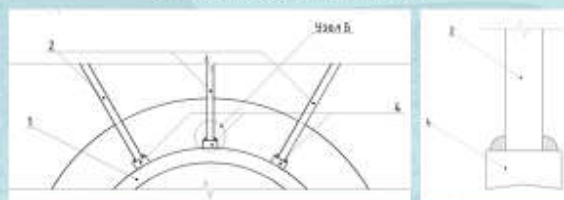
- 1) В дальнейшем подразумевается определение наиболее рационального шага ребер с учетом возможных положений масс раскрывающейся конструкции (поиск оптимального решения при проектировании будущих разводных)
- 2) После определения шага ребер намечен расчет конкретных элементов узлов с учетом сварных соединений и концентраторов напряжений, а также с учетом их отсутствия (возможный отказ от такого вида соединения в дальнейшем: см. патент на полезную модель №168414 и №167974).

Полезные модели, разработанные в ходе исследования

Патент на полезную модель №168414 "Устройство усиления главной балки разводного пролета моста раскрывающейся системы"; заявка №2016139200



Патент на полезную модель №167974 "Устройство усиления главной балки разводного пролета моста раскрывающейся системы"; заявка №2016137428



Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.5

Система мониторинга вантового моста через
Корабельный фарватер г. Санкт-Петербург

Бабаджанов А. А.

ООО «ФРЕЙСИНЕ»,

г. Москва, Российская Федерация

Группа компаний Soletanche Freyssinet



Примеры проектов SIXENSE



Вантовый мост на о. Русский



Вантовый мост Нормандия



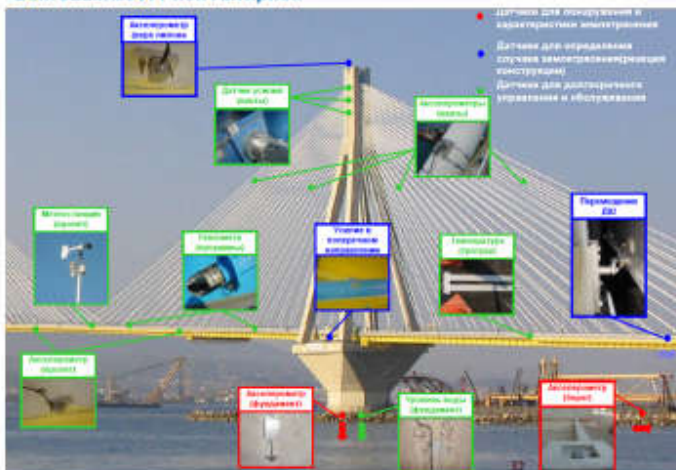
Бабуржанов А.А., 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOULTATCHE FREYSSINET

Примеры проектов SIXENSE



Вантовый мост Рион-Антирион



Вантовый мост Пинанг



Бабуржанов А.А., 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOULTATCHE FREYSSINET

Примеры проектов SIXENSE



Висячий мост Цинма



Висячие мосты Босфорский и Султана Фатиха



Бабджанов А.А., 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOLBATAÇHË FREYSSINET

Вантовый мост через Корабельный фарватер



- Период строительства: 2015 – 2016 гг.
- Схема: 150 – 320 – 150
- Высота пилонов: 125 м
- Подмостовой габарит 35 м



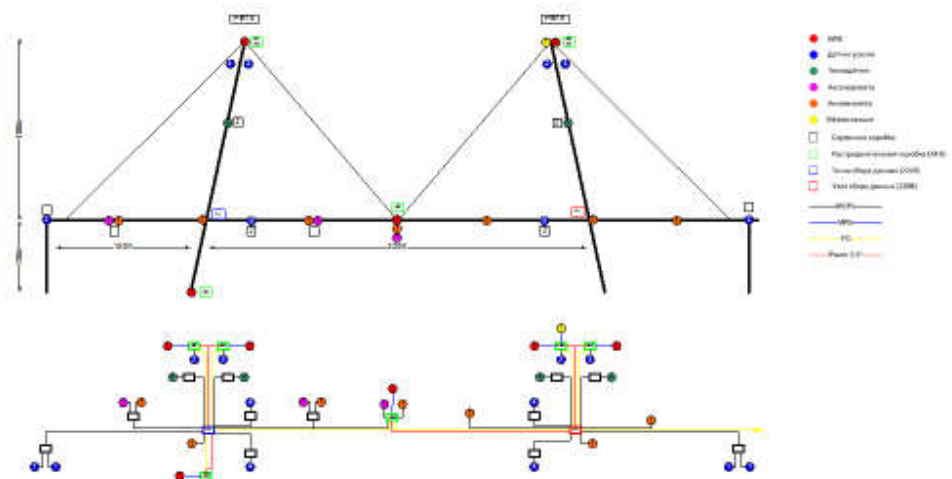
Бабджанов А.А., 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOLBATAÇHË FREYSSINET

Архитектура системы EverSense SHM



Датчики



Молниезащита



Вероятность выхода из строя оборудования снижается на 95%



Бабраканов А.А., 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOULTATCHE FREYSSINET

Работа с данными



- Расположение
- Описание
- Настройки
- Тревоги
- Активности
- Документы
- Фотографии
- Онлайн-дневные
- Форум

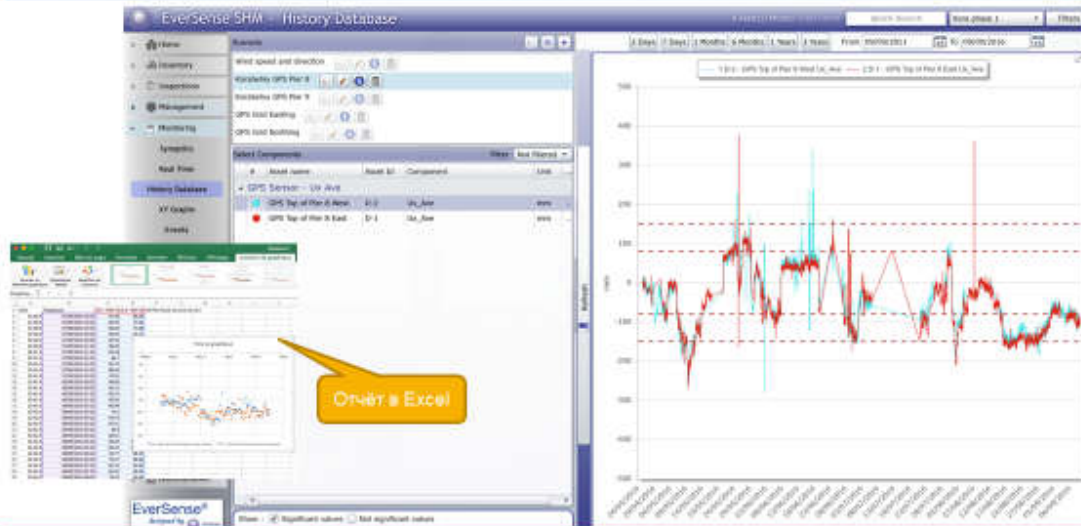
Имя	Тип	Статус	Описание
Молниезащитная система	Система	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 01	0-1	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 02	0-2	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 03	0-3	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 04	0-4	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 05	0-5	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 06	0-6	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 07	0-7	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 08	0-8	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 09	0-9	Активна	Молниезащитная система
МЛЗ Топ 10	0-10	Активна	Молниезащитная система



Бабраканов А.А., 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOULTATCHE FREYSSINET

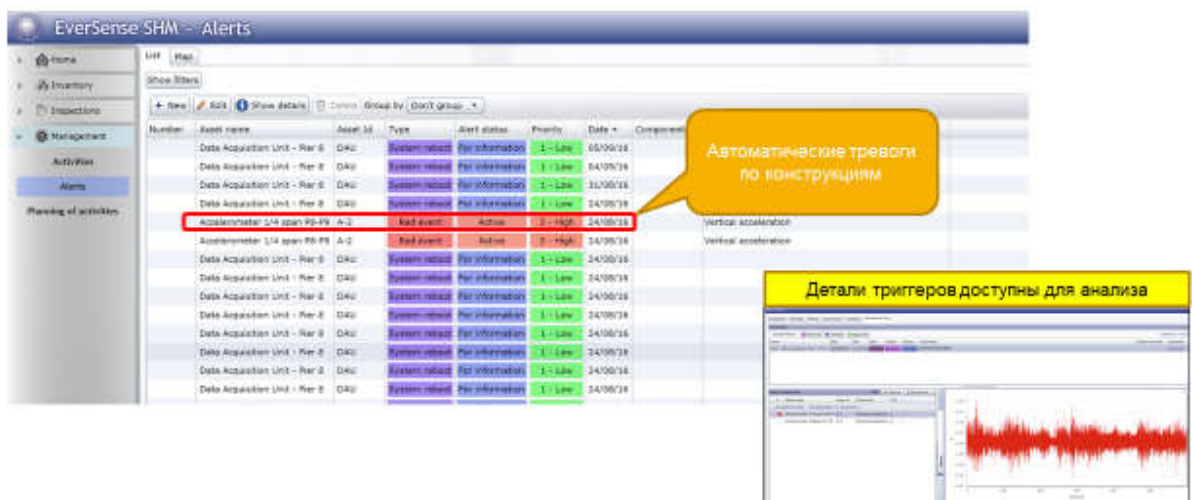
Статистические данные



Батрацкое АА, 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOLBATECH FREYSSINET

События



Батрацкое АА, 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOLBATECH FREYSSINET

Вывод



- Безопасное функционирование
- Выявление дефектов
- Принятие решений
- Формирование истории
- Факт - теория



Бразилия А.А., 02.11.2018

A SUBSIDIARY OF SOLETATCHI FREYSSINET

Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.154

Результаты численного моделирования взаимодействия буроинъекционной сваи, имеющей контролируемое уширение, с пылевато-глинистым грунтовым основанием

Самохвалов М.А., Паронко А.А., Гейдт А.В.

Кафедра Геотехники Строительный институт ФГБОУ ВО ТИУ,

г. Тюмень, Российская Федерация

Проблема: реконструкция зданий



Государственный уровень: необходимость выполнения реконструкции большого количества зданий на территории РФ, в особенности сохранения объектов культурного наследия (44-я статья конституции РФ)

Муниципальный уровень: необходимость выполнения современной адаптации и модернизации аварийного или ограниченно-работоспособного жилищного фонда для развития инженерной и транспортной инфраструктуры;

Социальный уровень: сохранение богатого культурного наследия в виде исторических зданий для будущих поколений

Уровень бизнеса: реанимация перспективных площадок, расположенных в центральной части городов для развития и масштабирования бизнеса

Технический уровень: усиление фундаментов как главного элемента, отвечающего за жизнеспособность и безопасную эксплуатацию зданий

Универсальное решение: разработка способа усиления фундаментов, позволяющего в процессе реконструкции здания увеличивать в 2-3 раза его полезную площадь путем освоения подземного пространства и/или надстройки дополнительных этажей

2



<p>1. Устройство свай по «манжетной» инъекционной технологии</p>	<p>2. Устройство свай по технологии Jet-grouting, «Атлант», «Титан», «Буран»</p>
<p>3. Устройство металлических вдавливаемых свай</p>	<p>Распространение пылеватых-глинистых грунтов на территории РФ</p> <p>17 регионов РФ</p> <p>3</p>



Новый способ устройства буринъекционной сваи с контролируемым уширением на конце

<p>Проект нацелен на повышение качества и технологичности выполнения работ по усилению фундаментов реконструируемых зданий с возможностью дальнейшего безопасного освоения подземного пространства или надстройки дополнительных этажей.</p>	<p>4</p>



Чертеж опыт. образца мембраны-стакана

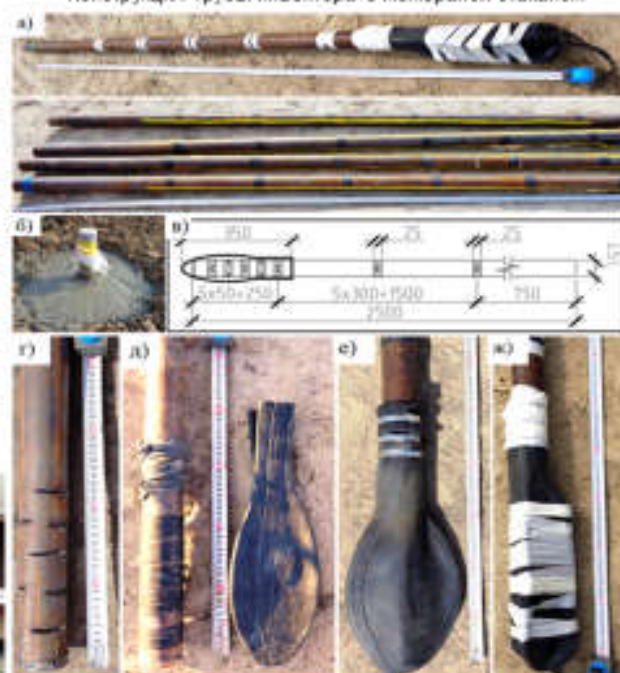


Вид грунта	Глина (полутвердая)	Суглинок (мелкопластичный)
Глубина, м	0,5-1,4	1,4-6,6
γ , кН/м ³	17,6-18,2	18,4-19,6
γ_s , кН/м ³	14,7-15,4	13,9-15,9
γ_w , кН/м ³	27,1	26,9
W, %	18,0-20,0	26,0-32,0
e , д.д.	0,76-0,84	0,7-0,8
S_r , д.д.	0,55-0,76	0,87-0,97
h_r , %	18,0	9,0
E_s , д.д.	0,15	0,62
$\sigma_{ср}$, гПа	14,7-21,5	14,7-19,2
$\sigma_{ср}$, кПа	24,0-28,0	19,0-23,0
$E_{свп}$, МПа	3,3-3,4	2,2-2,3
E , МПа	18,5-19,0	7,7-8,0

Гидравлические испытания опытного образца, V= 50 л



Конструкция трубы-инъектора с мембраной-стаканом



а – собранные инъекторы, б – пробка, в – схема инъектора, г – отверстия перфорации, д – манжеты и резиновая прокладка, е – закрепленная на трубе мембрана-стакан, ж – мембрана перед погружением в скважину.

5



Вывод: на основании показаний динамометра сжатия во время инъекции раствора в мембрану-стакан по значению реактивного отпора грунта можно утверждать что при формировании контролируемого уширения происходит включение сваи в работу ещё до приложения полезной нагрузки, что позволяет избежать появления сверхнормативных технологических осадок и является очень важным для реконструируемых зданий.

6

Полевые исследования (измерение напряжений)

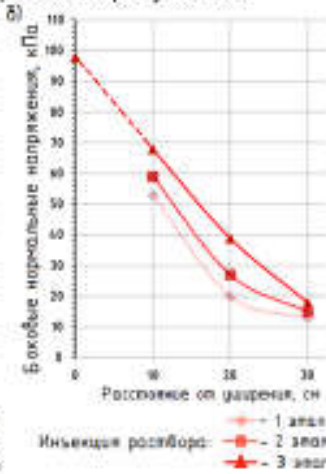
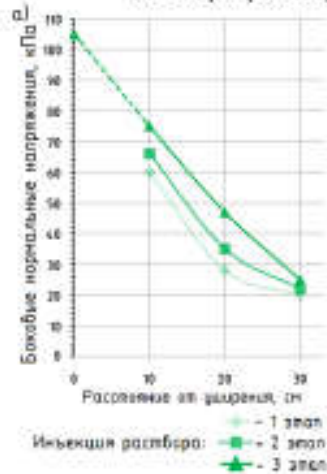
Конструкция мессдоз



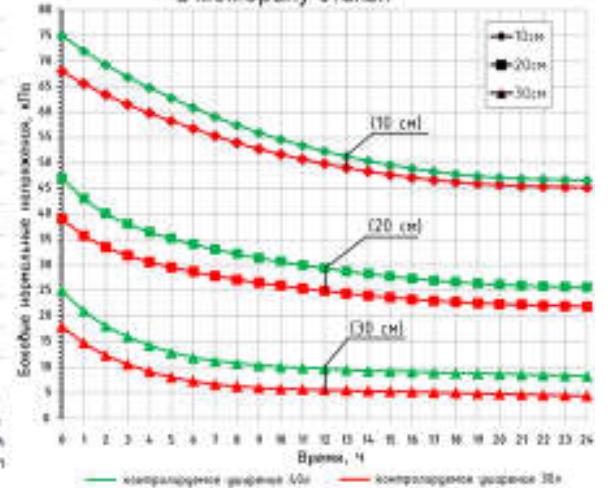
Оборудование для измерения напряжений в режиме реального времени National Instruments



Распределение напряжений во время инъекции раствора в мембрану-стакан



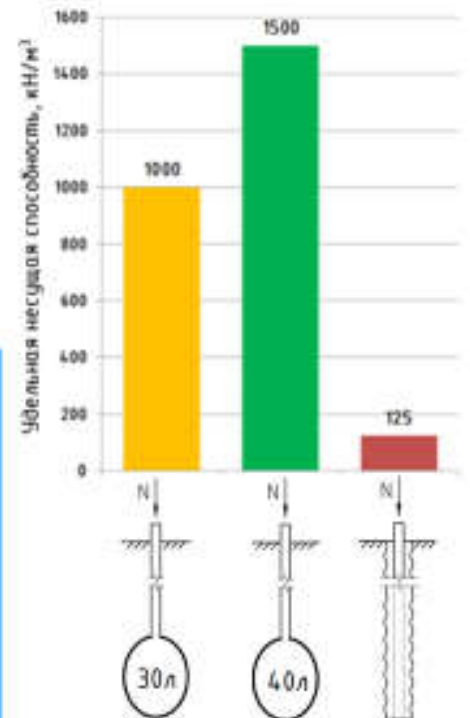
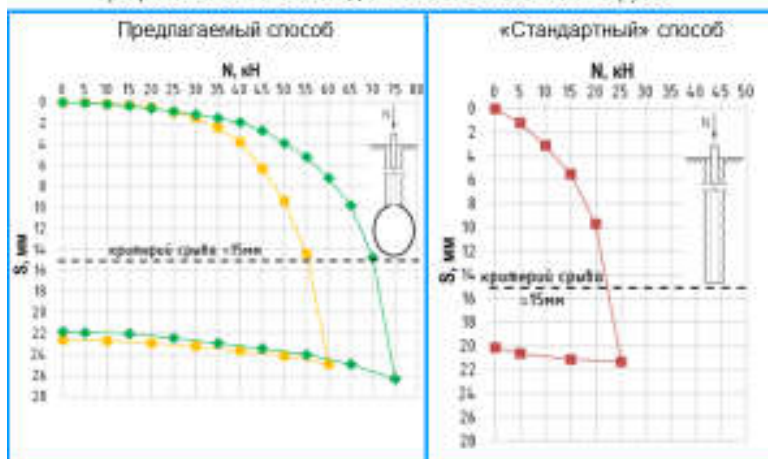
Релаксация напряжений после инъекции раствора в мембрану-стакан



Результаты полевых исследований (статические испытания)



Графики зависимости осадки свай от статической нагрузки



Результаты полевых исследований (экскавация)



Стабильность технологии: 100% результат образования контролируемого уширения на конце сваи

Контролируемое уширение V=30 л
D=340-360 мм h=410-430 мм dh=0,8



Контролируемое уширение V=40 л
D=370-390 мм h=510-530 мм dh = 0,7



9

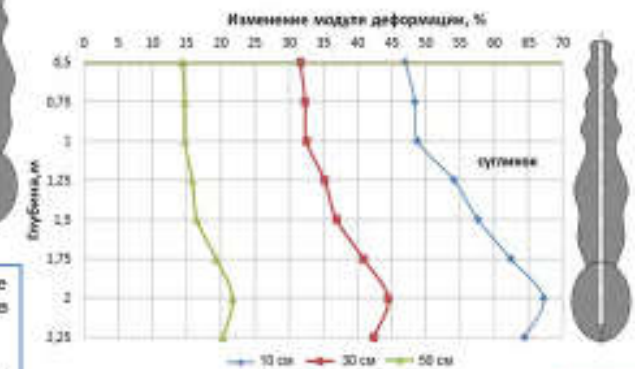
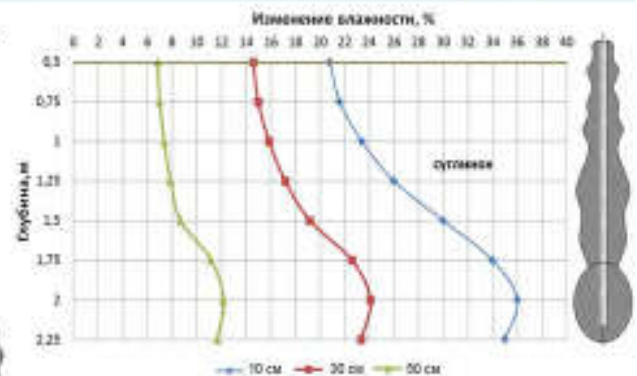
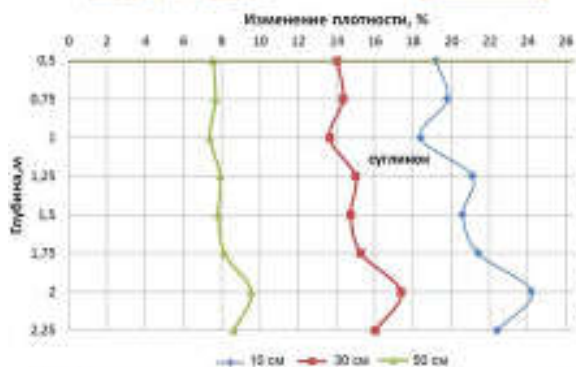
Определение диаметра уплотненной зоны



Отбор проб грунта



Компрессионные испытания



1. Плотность грунтового массива в уплотненной зоне увеличилась в среднем на 24%, влажность уменьшилась в среднем на 36%, модуль деформации увеличился на 67%.

2. в ИГЭ (суглинок) плотность увеличилась в среднем на 14%, влажность уменьшилась в среднем на 17%, модуль деформации увеличился в среднем на 34%.

10

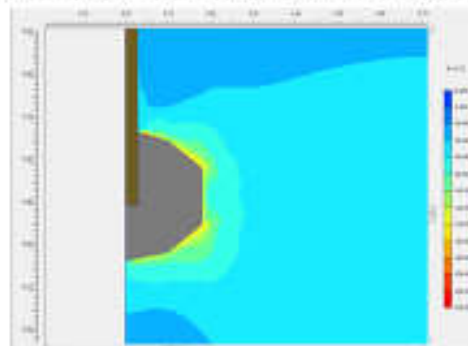
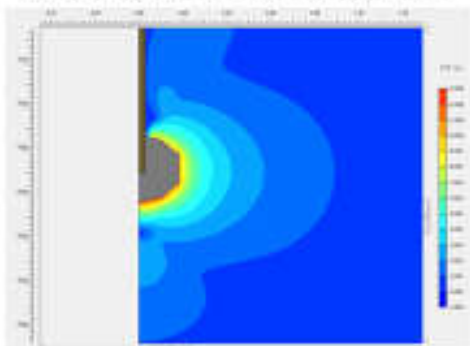
Результаты численного моделирования



Моделирование образования уширения с помощью расширения кластера на 3%

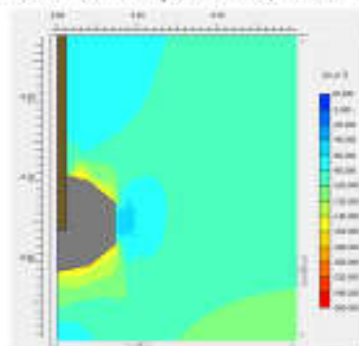
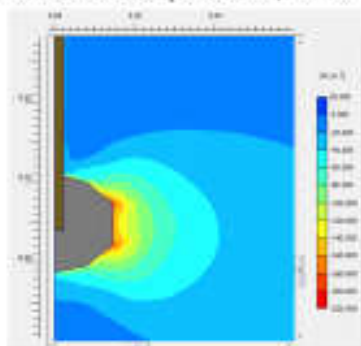
Радиус уплотненной зоны 820 мм

Общие средние напряжения, Max=200 кПа



Горизонтальные напряжения, Max=180 кПа

Вертикальные напряжения, Max=180 кПа



11

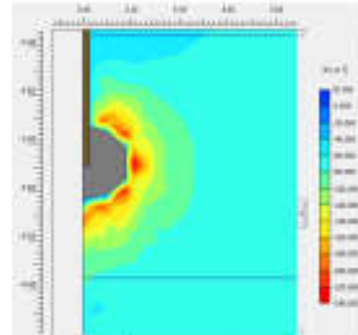
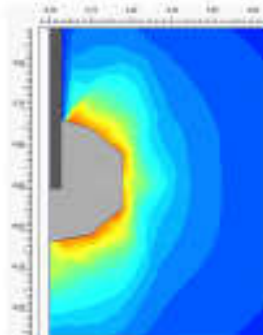
Результаты численного моделирования



Моделирование образования уширения при давлении P=1,2 МПа

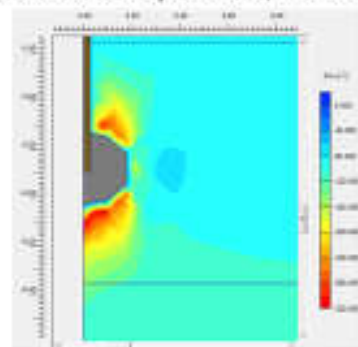
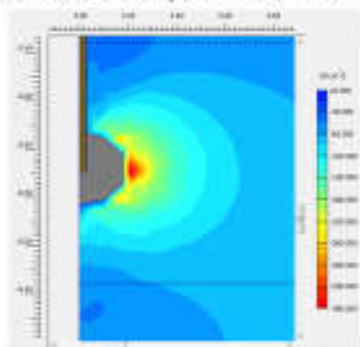
Радиус уплотнённой зоны 560 мм

Общие средние напряжения, Max=230 кПа



Горизонтальные напряжения, Max=370 кПа

Вертикальные напряжения, Max=310 кПа



12

1. Разработан новый эффективный способ усиления ленточных фундаментов зданий и сооружений, в основании которых залегают преимущественно пылевато-глинистые грунты, позволяющий объединить устройство буринъекционных свай с контролируемым уширением на конце, использование манжетной технологии инъекции раствора в режиме «гидроразрывов» и восстановление конструкции фундамента в одну технологическую операцию;

2. На основе результатов полевых исследований были выделены основные параметры предлагаемых свай и предложены расчётные способы их определения;

3. Изучение формирования контролируемого уширения в грунтовом массиве:

- с помощью функции объемного расширения кластера позволяет с достоверной точностью исследовать напряженно-деформируемое состояние грунта при изменении объема закаченного раствора;
- при наложении равномерно распределенной нагрузки, расширяющей оболочку изнутри, позволяет анализировать напряженно-деформируемое состояние грунтового массива при различных давлениях нагнетания раствора.

Промышленное внедрение (НИОКР «ТюмГАСУ»)

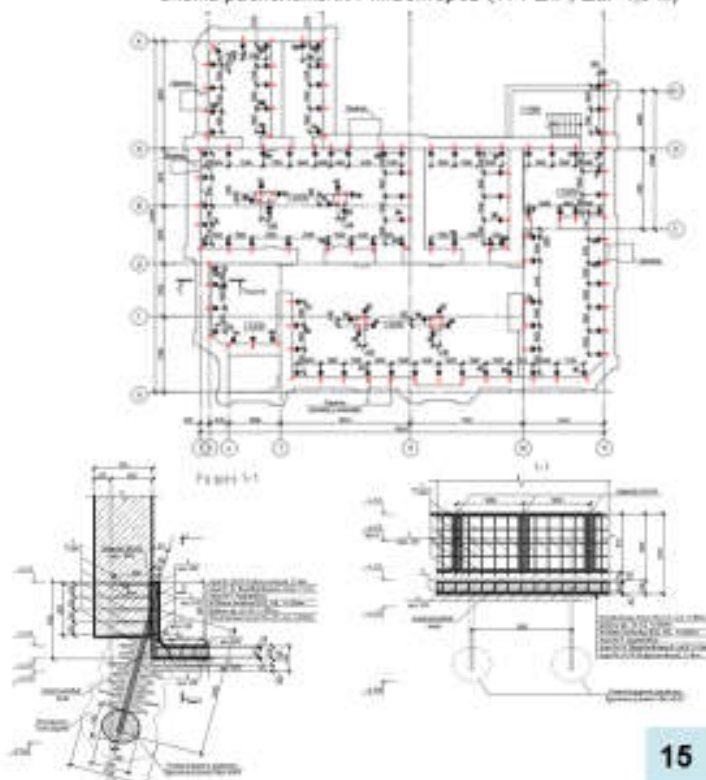
ОКН «Дом В.В. Князева», г.Тюмень, ул. Ленина, 10
Объект до реконструкции



Эскизный проект здания после реконструкции



Схема расположения инъекторов (114 шт., шаг 1,5 м)



Промышленное внедрение (процесс выполнения работ)



Расположение инъекторов с шагом 1,5 м

Процесс сборки трубы-инъектора с мембраной-стаканом



Контрольные испытания



16

Промышленное внедрение (НИОКР «ТюмГАСУ»)



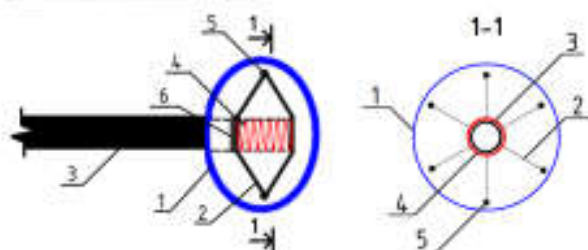
Вид подвала здания до устройства свай



Вид подвала здания после устройства свай



17



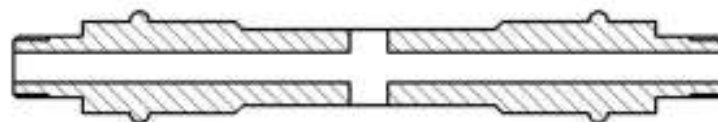
- 1 – мембрана-стакан;
- 2 – армирующие стержни;
- 3 – труба-инъектор; 4 – пружина;
- 5 – шарнирное соединение;
- 6 – кольцо со свободным ходом.



Параметр	Предлагаемый способ устройства свай	Устройство свай по «манжетной» инъекционной технологии	Устройство свай по технологии jet grouting, «Атлант», «Титан», «Буран»	Устройство вдавливаемых свай
Обеспечение контроля за распространением раствора	Да	Нет	Нет	Не требуется
Включение свай «на работу» после их устройства	Не требуется	Требуется	Требуется	Не требуется
Формирование уширения на конце свай	Да	Нет	Нет	Нет
Выполнение сразу нескольких технологических операций	Да	Нет	Нет	Нет
Технологические осадки здания в процессе выполнения работ, мм	0-5	20-50	50-100	0-5
Время выполнения работ по устройству одной свай, час	1-2	6-8	8-16	24-48
Технологические паузы при выполнении работ	Не требуются	Требуется	Требуется	Требуется
Время твердения (набора прочности) раствора, сутки	7-10	14-28	28-56	5-7
Использование пакера	Требуется	Требуется	Не требуется	Не требуется
Трудоёмкость выполнения работ	Средняя	Средняя	Низкая	Очень высокая
Расход раствора на 1 м.п. свай, л	50-70	500-700	700-1000	100-150



№ п/п	Вид изделия	Наименование	Размеры трубы в зависимости от диаметра скважины		
			Ø50-60	Ø60-70	Ø80-100
1		Торцевая секция (прижим. фитинг)	Ø34мм	Ø34мм	Ø34мм
2		Торцевая секция (фиксац. фитинг)	Ø42мм, длина 30мм	Ø62мм, длина 30мм	Ø72мм, длина 30мм
3		Центральная секция (с отверстием)	Ø33мм, длина 38мм	Ø43мм, длина 38мм	Ø63мм, длина 38мм
4		Центральная секция (без отверстия)	Ø33мм, длина 39мм	Ø43мм, длина 39мм	Ø63мм, длина 39мм
5		Рабочая секция	Ø24мм, длина 236мм	Ø34мм, длина 236мм	Ø54мм, длина 236мм
6		Заглушка	Ø34мм	Ø34мм	Ø34мм 20



Достоинства конструкции гидравлического пакера

1. Возможность инъекции раствора (специальной жидкости) по любому горизонту;
2. Раскрытие пакера происходит под давлением насоса, подающего раствор;
3. После выполнения инъекции внутренняя полость трубы-инъектора полностью остаётся свободной от раствора, что позволяет осуществлять повторную и многократную инъекцию;
4. Модульная конструкция позволяет свободно наращивать пакер по глубине и легко производить замену повреждённых элементов.

Патенты на изобретения и полезные модели РФ



Акты промышленного внедрения



Международная научно-практическая конференция
*«ВИМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»*

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.072.31

Особенности определения грузоподъемности одностолбчатых опор

Гусев Д.Е.

ООО «Экомост»,

г. Минск, Республика Беларусь

Опора путепровода на автодороге М10 у г.Лунинец



Опора путепровода на автодороге М10 у г.Лунинец



Опора путепровода на автодороге М10 у г.Калинковичи



Опора моста через р.Россь на автодороге Р78



При определении грузоподъемности мостов часто игнорируется работа опор, а грузоподъемность рассчитывается только для пролетных строений. Часто такой подход оправдан, так как грузоподъемность большинства типов опор оказывается выше грузоподъемности пролетного строения, а определение грузоподъемности опор связано с некоторыми трудностями.

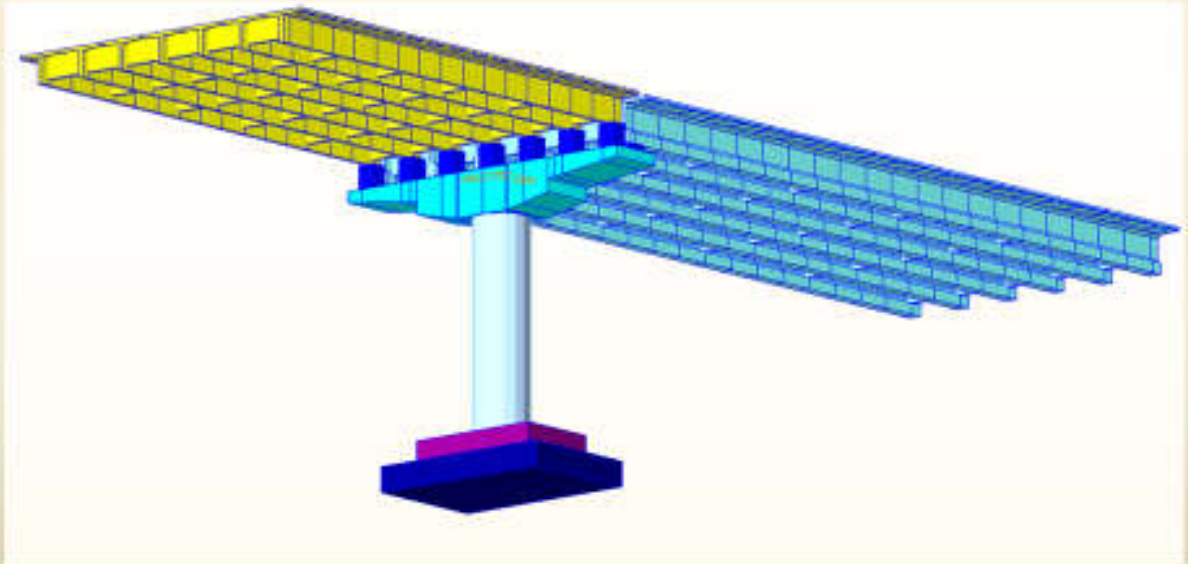
Грузоподъемность некоторых элементов опор практически невозможно определить с использованием методики, заложенной в ТКП 479 из-за того, что на них действуют не только вертикальная подвижная нагрузка, но прочие временные нагрузки (тормозная, поперечный удар, ледовая и пр.).

Однако, участвовавшие случаи отказов одностолбчатых опор обуславливают необходимость определения их грузоподъемности.

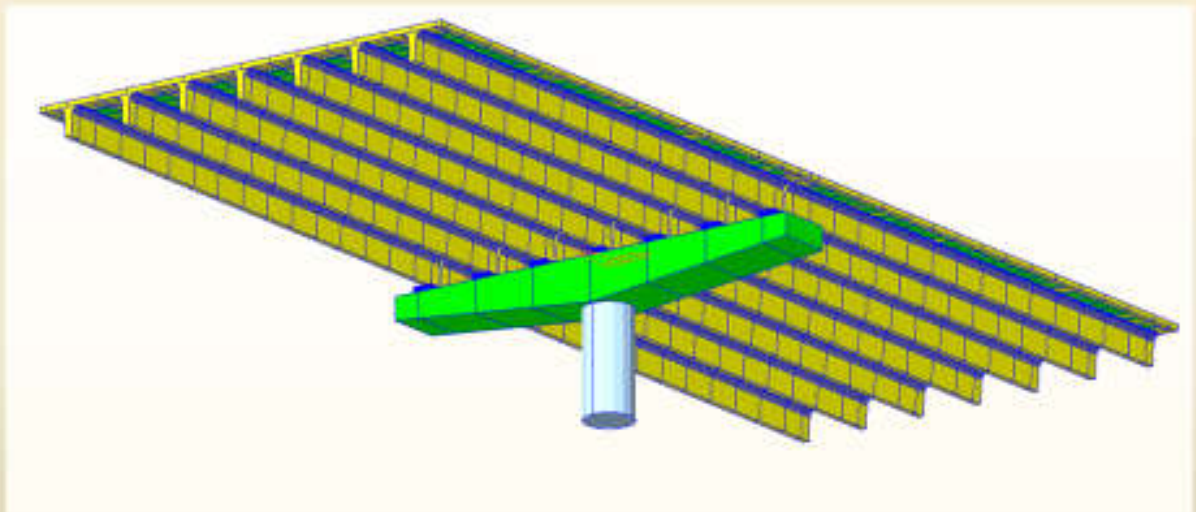
Одностолбчатые опоры являются конструкциями с пониженной живучестью. В составе опоры имеется один элемент – стойка, при выходе из строя которой выходит из строя вся опора и оба опирающиеся на нее пролетные строения.

При расчете такой опоры в расчетную схему целесообразно вводить не только саму опору, но и пролетные строения.

Расчетная схема промежуточной опоры путепроводов на 189 и 190км
автодороги М10



Расчетная схема промежуточной опоры моста через р.Рось на 53км
автодороги Р78



Определение усилий на опору от постоянных и временных нагрузок не представляет особого труда, особенно с использованием современных программных комплексов, в частности MIDAS CIVIL 2018. Усилия от временных вертикальных нагрузок могут быть определены автоматически с использованием возможностей ПК. Сбор прочих временных нагрузок производится вручную и прикладывается к элементам опор в местах, регламентируемых нормами.

Определить грузоподъемность ригеля промежуточной опоры существенного труда не представляет, так как на его работу в основном оказывают влияние постоянные и временные вертикальные нагрузки. При определении грузоподъемности ригеля при отсутствии существенных дефектов в нем может быть использована методика ТКП 479-2011, а предельные усилия могут быть определены по ТКП 45 3.03-232-2011.

Армирование и усилия по длине ригеля изменяются, поэтому определение грузоподъемности для него необходимо произвести для каждого сечения, где происходит изменение армирования.

При наличии силовых вертикальных трещин в ригеле предельные усилия могут быть скорректированы по ширине раскрытия и шагу трещин.

ТКП 479-2013

В соответствии с этим формулы для определения классов грузоподъемности имеют следующий вид:

1) автомобильная нагрузка в составе колонн:
 – первая группа предельных состояний (прочность, устойчивость) без заезда нагрузки на полосы безопасности и с учетом толпы на тротуарах

$$K_{k1} = \frac{[S]_{k1}}{Z_{k1}}; \quad (1)$$

– то же (выносливость)

$$K_{k1} = \frac{[S]_{k1}}{Z_{k1}}; \quad (2)$$

– первая группа предельных состояний (прочность, устойчивость) с возможностью заезда нагрузки на полосы безопасности и без учета толпы на тротуарах

$$K_{k2} = \frac{[S]_{k2}}{Z_{k2}}; \quad (3)$$

– вторая группа предельных состояний (деформации, трещиностойкость)

$$K_k = \frac{[S]_k}{Z_k}; \quad (4)$$

2) одиночная тяжеловесная нагрузка:
 – первая группа предельных состояний (прочность, устойчивость)

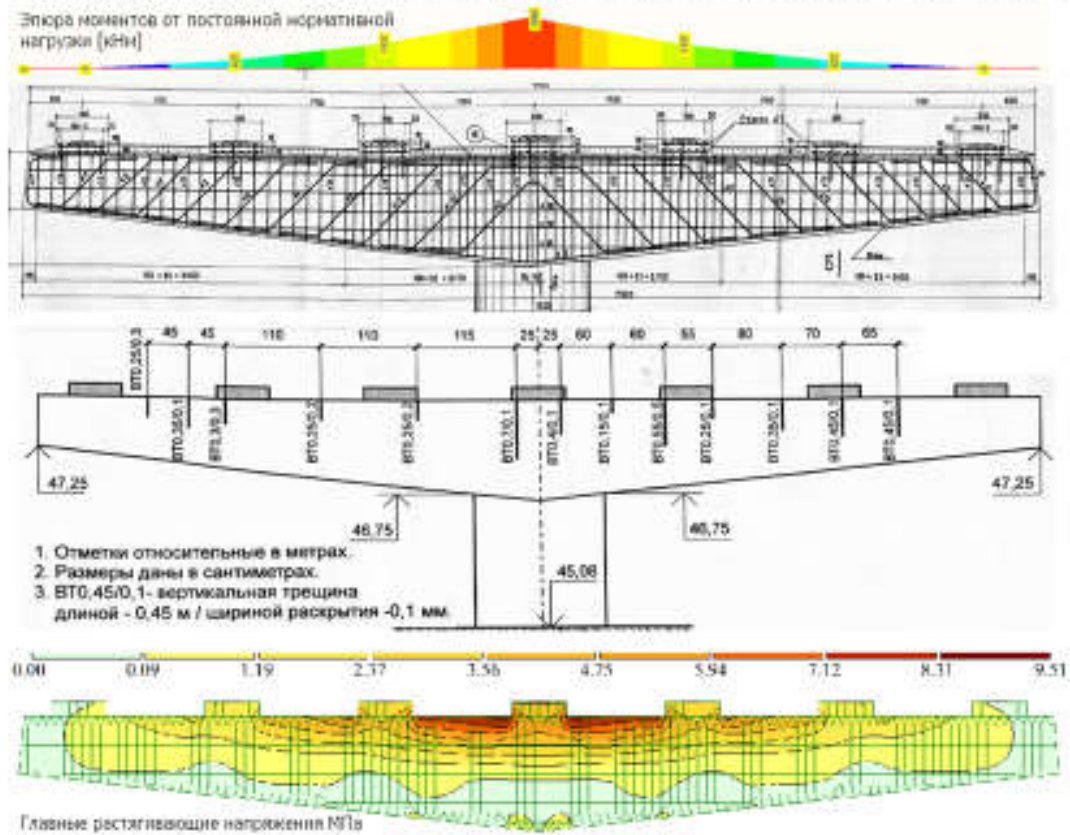
$$K_{-1} = \frac{[S]_{-1}}{Z_{-1}}; \quad (5)$$

– вторая группа предельных состояний (деформации, трещиностойкость)

$$K_{-k} = \frac{[S]_{-k}}{Z_{-k}}; \quad (6)$$

Порядок определения грузоподъемности по ТКП 479

Конструкция ригеля промежуточной опоры и картина трещинообразования в нем



Определение предельных усилий по ТКП 45-3.03-232-2011

Расчет вертикального сечения по прочности на действии наибольшего момента и изгибающей силы по ТКП 45-3.03-232-2011

Расчет сечения 1-1а по оси

Высота блока, h 134 м
 Высота плиты, h_0 134 м
 Расчетная ширина плиты, b 130 м
 Ширина ребра, b_f 130 м
 Расчетное сопротивление бетона, R_b 110 МПа

Параметры арматуры	Ребра					
	1	2	3	4	5	6
Расчетная арматура						
Диаметр, м	0,03	0,032				
Количество в ряду	13	11				
От чего ряда до расчетной грани, м	0,047	0,081				
Расчетное сопротивление, МПа	270	270				
Сетка арматуры						
Диаметр, м	0,03					
Количество в ряду	13					
От чего ряда до расчетной грани, м	0,044					
Расчетное сопротивление, МПа	270					

Параметры расчетной арматуры	Ребра					
	1	2	3	4	5	6
Коэффициент условий работы, $\gamma_{\text{д}}$	1,00	1,00				

Положительные параметры	Обозначение	Единица	Значение
Средняя расчетная арматура	a_1	м	0,04
Средняя расчетная арматура	a_2	м	0,04
Рабочая высота сечения	$h_{\text{р}}$	м	0,976
Расчетное сопротивление расчетной арматуры	R_s	МПа	270
Приведенная площадь расчетной арматуры	A_s	см ²	176,84
Расчетное сопротивление расчетной арматуры	R_s'	МПа	270
Приведенная площадь расчетной арматуры	A_s'	см ²	11,97
Высота расчетной плиты	x	м	0,123
Предельный момент в сечении	M	кНм	4219

$$M \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A_s' (h_{01} - a_s')$$

Расчет на трещинообразование вертикального сечения в среднем пролете

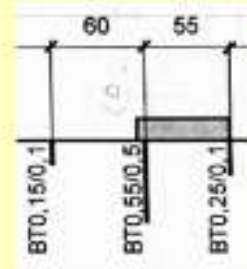
* Обозначения в таблице соответствуют ТКП 45-3.03-232

Расчет сечения 1-1а по оси

Описание параметров	Обозначение по ТКП	Единица измерения	Значение
Площадь зоны взаимодействия	A_w	см ²	4081
Радиус арматуры	r_w	см	77,6
Коэффициент раскрытия трещин	ψ	-	13,13
Модуль упругости арматуры	E_s	МПа	210000
Предельная ширина раскрытия трещин	w	см	0,81
Условное напряжение в расчетной арматуре в пред. состоянии	σ_{sr}	МПа	417
Предельное напряжение в расчетной арматуре II группы при пред. состоянии	σ_{sr}^*	МПа	300
Минимальное из двух предельных	σ_{sr}	МПа	300
Высота сечения	h	см	104
Уменьшенная площадь расчетной арматуры	A_{w1}	см ²	176,84
Площадь изогнутой части сечения	A_w	см	86,5
Высота расчетной плиты	a	см	22,1
Расстояние от центра тяжести до центра арматуры	a_0	см	4,7
Расчет от чего сечения до центра расчетной арматуры	a	см	8,4
Расчет от центра тяжести до центра расчетной плиты	$(h - a_0)$	см	77,2
Расчет от центра тяжести до центра расчетной плиты	$(h - a)$	см	15,3
Предельный изгибающий момент при расчете на трещинообразование	M_{tr}	кНм	4186

$$\sigma_{sr} = \frac{\sigma}{E} \psi \leq \Delta_{sr}$$

Определение предельных моментов с учетом трещинообразования



Ширина раскрытия трещин $a_{cr} = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}$

Шаг трещин $S_{cr} = (0,6 + 0,55) / 2 = 0,575 \text{ м}$

Модуль упругости арматуры $E = 196000 \text{ МПа}$

Относительная деформация арматуры на участке с трещиной

$\varepsilon = a_{cr} / S_{cr} = 0,0005 / 0,575 = 0,00087$

Напряжение в арматуре от постоянной нагрузки $\sigma = \varepsilon E = 0,00087 \times 196000 = 170 \text{ МПа}$

Изгибающий момент в сечении от постоянной нагрузки – $M = 2235 \text{ кНм}$

Нормативное сопротивление арматуры $A_{II} - 300 \text{ МПа}$

Расчетное сопротивление арматуры $A_{II} - 270 \text{ МПа}$

Предельный изгибающий момент по прочности – $270 / 170 \times 2235 = 3549 \text{ кН м}$

Предельный изгибающий момент по трещиностойкости – $300 / 170 \times 2235 = 3944 \text{ кН м}$

Эти же значения без учета раскрытия трещин – по прочности – 4229 кН м
по трещиностойкости – 4490 кН м

Определение классов сечений ригеля

Иллюстрация моментов в сечении ригеля промежуточной опоры

Валка	Нагрузка	Моменты кНм
сплошес	A1.1 (по проекту)(макс)	-125
ш0.0м	A1.1 (по проекту)(макс)	-124
ш0.0м	A1.1 (по проекту)(макс)	-124
ш1.0м	A1.1 (по проекту)(макс)	-162
сплошес	A1.2 (по проекту)(макс)	-178
ш0.0м	A1.2 (по проекту)(макс)	-168
ш0.0м	A1.2 (по проекту)(макс)	-175
ш1.0м	A1.2 (по проекту)(макс)	-142
сплошес	BE.1 (проект)(макс)	-19.9
ш0.0м	BE.1 (проект)(макс)	-17.9
ш0.0м	BE.1 (проект)(макс)	-16.5
ш1.0м	BE.1 (проект)(макс)	-14.8
сплошес	топта (проект)(макс)	-124
ш0.0м	топта (проект)(макс)	-117
ш0.0м	топта (проект)(макс)	-109
ш1.0м	топта (проект)(макс)	-100
сплошес	A1.1 (по проекту)(макс)	-88
ш0.0м	A1.1 (по проекту)(макс)	-82
ш0.0м	A1.1 (по проекту)(макс)	-81
ш1.0м	A1.1 (по проекту)(макс)	-76
сплошес	BE.1 (проект)(макс)	-17.3
ш0.0м	BE.1 (проект)(макс)	-16.2
ш0.0м	BE.1 (проект)(макс)	-15.0
ш1.0м	BE.1 (проект)(макс)	-12.4
сплошес	топта (проект)(макс)	-164
ш0.0м	топта (проект)(макс)	-88
ш0.0м	топта (проект)(макс)	-91
ш1.0м	топта (проект)(макс)	-81
сплошес	Сост. проект	-3417
ш0.0м	Сост. проект	-3239
ш0.0м	Сост. проект	3911
ш1.0м	Сост. проект	-3643
сплошес	Сост. расчет	-3728
ш0.0м	Сост. расчет	-3562
ш0.0м	Сост. расчет	-3228
ш1.0м	Сост. расчет	-2880

Определение классов прочности без учета трещин

Валка	Иллюстрация нагрузки	Действие
сплошес		-1882
ш0.0м	Предельный момент по прочности	-3720
ш0.0м		-3562
ш1.0м		-4208
сплошес		28
ш0.0м	Класс АII по прочности I случай	21
ш0.0м		18
ш1.0м		32
сплошес		32
ш0.0м	Класс АII по прочности II случай	32
ш0.0м		31
ш1.0м		38
сплошес		38
ш0.0м	Класс ВII по прочности	38
ш0.0м		38
ш1.0м		41
сплошес		41
ш0.0м	Предельный момент по трещиностойкости	-2698
ш0.0м		-1729
ш1.0м		-4490
сплошес		41
ш0.0м	Класс АII по трещиностойкости I случай	38
ш0.0м		31
ш1.0м		32
сплошес		32
ш0.0м	Класс ВII по трещиностойкости	32
ш0.0м		32
ш1.0м		38
сплошес		38

Определение классов прочности с учетом трещин

Валка	Иллюстрация нагрузки	Действие
сплошес		-1882
ш0.0м	Предельный момент по прочности	-3720
ш0.0м		-3562
ш1.0м		-4208
сплошес		28
ш0.0м	Класс АII по прочности I случай	21
ш0.0м		18
ш1.0м		32
сплошес		32
ш0.0м	Класс АII по прочности II случай	32
ш0.0м		31
ш1.0м		38
сплошес		38
ш0.0м	Класс ВII по прочности	38
ш0.0м		38
ш1.0м		41
сплошес		41
ш0.0м	Предельный момент по трещиностойкости	-2698
ш0.0м		-1729
ш1.0м		-4490
сплошес		41
ш0.0м	Класс АII по трещиностойкости I случай	38
ш0.0м		32
ш1.0м		32
сплошес		32
ш0.0м	Класс ВII по трещиностойкости	32
ш0.0м		32
ш1.0м		38
сплошес		38

Сочетания временных и постоянных нагрузок для расчета столба опоры

LIST OF LOAD COMBINATIONS

NO.	NAME	AC1190	TYPE	LOADS(1)(760700)	LOADS(2)(760700)
1	0 1 гр	Первая группа BC			
2	0+1+1 гр	Первая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +		Ветиха 1(1,000)
3	0+1 гр	Первая группа BC	01+ 2ка 1(1,000)		
4	0+1B гр	Первая группа BC		001(2 1(1,000)	
5	0+1+1B гр	Первая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +	Ветихая заар 1 гр(0,700) +	01+ 2ка 1(1,000)
6	0+1+1B гр	Первая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +	Торсионная 1 гр(0,700) +	01+ 2ка 1(1,000)
7	0+1+1B гр	Первая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +	Ветихая заар 1 гр(0,700) +	01+ 2ка 1(1,000)
8	0+1+1B гр	Первая группа BC		Торсионная 1 гр(0,700) +	01+ 2ка 1(1,000)
9	01+1+1+1B гр	Первая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +	Ветихая заар 1 гр(0,700) +	01+ 2ка 1(1,000)
10	0 2 гр	Вторая группа BC			
11	0+1B гр	Вторая группа BC		001(2 2(1,000)	
12	0+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 2 группа(1,000) +	Ветихая заар 2 гр(0,700) +	01+ 1 2(1,000)
13	0+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 2 группа(1,000) +	Торсионная 2 гр(0,700) +	01+ 1 2(1,000)
14	0+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 2 группа(1,000) +	Ветихая заар 2 гр(0,700) +	01+ 1 2(1,000)

15	0+1+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 2 группа(1,000) +	Ветихая заар 2 гр(0,700) +	01+ 1 2(1,000)
16	0+ 1 гр	Вторая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +	Ветихая 1 группа(1,000)	
17	0+1+1+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +	Ветихая заар 1 гр(0,700) +	Ветихая 1 группа(0,700)
18	0+1+1+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +	Ветихая заар 1 гр(0,700) +	Ветихая 1 группа(0,700)
19	0+1+1+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 1 группа(1,000) +	Ветихая заар 1 гр(0,700) +	Ветихая 1 группа(0,700)
20	0+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 2 группа(1,000) +	Ветихая 2 группа(1,000)	
21	0+1+1+1+1B гр	Вторая группа BC	01+ 2 группа(1,000) +	Ветихая заар 2 гр(0,700) +	Ветихая 2 группа(0,700)

Задание параметров для расчета столба (колонны) в ПК MIDAS CIVIL 2018

Вид данных конфигурации для сечения колонны

ID	Имя	Сечение
1	колонна	0
2	01	0

Данные сечения:

Диаметр: 400 мм

Длина: 1000 мм

Количество: 1

Сек	Диа	Форм	Р/Диа	Q
1	400	0	0.00	

Выбор материала:

Имя: 001 (BPC) | Мат: 001 | А: 1000 | Мат-1

Результаты детального расчета столба по ПК MIDAS CIVIL 2018

3. Параметры материала

Свойства		Значения	
ИД материала		10	
Свойства		свой материал	
Тип бетона		B30	

ИД	Модуль упругости	Предел прочности	Предел текучести	Предел выносливости
B	30000 MPa	30 MPa	237 MPa	237 MPa
S	200000 MPa	355 MPa	235 MPa	235 MPa
F _{yk}	30000 MPa	30 MPa	237 MPa	237 MPa
F _{yk}	200000 MPa	355 MPa	235 MPa	235 MPa
F _{yk}	30000 MPa	30 MPa	237 MPa	237 MPa
F _{yk}	200000 MPa	355 MPa	235 MPa	235 MPa
F _{yk}	30000 MPa	30 MPa	237 MPa	237 MPa
F _{yk}	200000 MPa	355 MPa	235 MPa	235 MPa

Условия эксплуатации		Значения	
Классификация	В	Модуль	1.0
Средняя температура	20	Средняя температура	20
Средняя влажность	75	Средняя влажность	75

3.1 Коэффициенты условий работы

Коэффициент	Значение
γ_{Rd}	1.0
γ_{Rd}	1.0
γ_{Rd}	1.0
γ_{Rd}	1.0
γ_{Rd}	1.0

$R_{yk} = 30.000 \text{ MPa}$
 $R_{yk} = 355.000 \text{ MPa}$
 $R_{yk} = 237.000 \text{ MPa}$

Коэффициент безопасности: 1.35000000

3. Арматура

Классификация	Диаметр		Диаметр		Значение
	ИД	Диаметр	ИД	Диаметр	
Диаметр арматуры	22	22	8	8	30.000

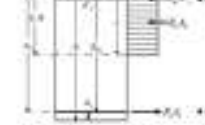
Классификация	ИД	Диаметр	Гладкая арматура	f_{yk} (MPa)
Арматура	1	22	100.000	355.000

3.2 Расчет прочности сжатия

3.2.1 Проверка устойчивости

Условие устойчивости

См. рис. 1



1. Критический эксцентриситет

$$e_{k,cr} = \frac{l_0}{20} = 18.000 \text{ мм}$$

(21.01.2018 20:17:02)

2. Эквивалентный эксцентриситет

$$e_k = \frac{M_k}{N_k} = 40.000 \text{ мм}$$

(21.01.2018 20:17:02)

3. Фактический эксцентриситет

Среднее эквивалентное эксцентриситет

$$e_k = \eta_{ns} \cdot e_{k,cr} + e_k = 58.000 \text{ мм}$$

3.2.2 Проверка прочности сжатия (методом конечных элементов)

Условие 1

$$N_k = 800.000 \text{ кН} > N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

(21.01.2018 20:17:02)

Условие 2

$$N_k = 800.000 \text{ кН} > N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

VYS: BARS

Условие 3

$$N_k = 800.000 \text{ кН} > N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

VYS: BARS

$$\eta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{N_k}{N_{cr}}} = 1.051$$

(21.01.2018 20:17:02)

$$\eta_{ns} = 1.051$$

$$N_d = 800.000 \text{ кН}$$

$$M_k = 32000.000 \text{ кНм}$$

$$M_d = 24000.000 \text{ кНм}$$

$$V_k = 1700.000 \text{ кН}$$

$$V_d = 1275.000 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

Результаты детального расчета столба по ПК MIDAS CIVIL 2018

Условие устойчивости

См. рис. 1



1. Критический эксцентриситет

$$e_{k,cr} = \frac{l_0}{20} = 18.000 \text{ мм}$$

(21.01.2018 20:17:02)

2. Эквивалентный эксцентриситет

$$e_k = \frac{M_k}{N_k} = 40.000 \text{ мм}$$

(21.01.2018 20:17:02)

3. Фактический эксцентриситет

Среднее эквивалентное эксцентриситет

$$e_k = \eta_{ns} \cdot e_{k,cr} + e_k = 58.000 \text{ мм}$$

3.2.2 Проверка прочности сжатия (методом конечных элементов)

Условие 1

$$N_k = 800.000 \text{ кН} > N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

(21.01.2018 20:17:02)

Условие 2

$$N_k = 800.000 \text{ кН} > N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$\eta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{N_k}{N_{cr}}} = 1.051$$

$$\eta_{ns} = 1.051$$

$$N_d = 800.000 \text{ кН}$$

$$M_k = 32000.000 \text{ кНм}$$

$$M_d = 24000.000 \text{ кНм}$$

$$V_k = 1700.000 \text{ кН}$$

$$V_d = 1275.000 \text{ кН}$$

3.2 Проверка прочности

3.2.1 Проверка прочности сжатия

Свойства		Значения	
ИД материала		10	
Свойства		свой материал	
Тип бетона		B30	

3.2.2 Проверка прочности сжатия (методом конечных элементов)

Условие 1

$$N_k = 800.000 \text{ кН} > N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

(21.01.2018 20:17:02)

Условие 2

$$N_k = 800.000 \text{ кН} > N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

VYS: BARS

Условие 3

$$N_k = 800.000 \text{ кН} > N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

VYS: BARS

$$\eta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{N_k}{N_{cr}}} = 1.051$$

$$\eta_{ns} = 1.051$$

$$N_d = 800.000 \text{ кН}$$

$$M_k = 32000.000 \text{ кНм}$$

$$M_d = 24000.000 \text{ кНм}$$

$$V_k = 1700.000 \text{ кН}$$

$$V_d = 1275.000 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

$$N_{cr} = 170.400 \text{ кН}$$

Расчет столба опоры по прочности и трещиностойкости по ТКП 45-3.03-232-2011

Расчет круглого железобетонного столба по прочности и устойчивости при несимметричном сжатии при симметричном равномерном кручении арматурой

по ТКП 45-3.03-232-2011

Столб диаметром 1300мм

Исходные параметры	Обозначение	Ед. измерения	Значение
Диаметр арматуры	D	мм	130
Площадь арматуры по кольцу	A_s	мм ²	8077
Притяжка арматуры	σ_s	мм	0.070
Расчетное сопротивление арматуры	$R_{s,calc}$	МПа	370
Расчетное сопротивление бетона	R_b	МПа	33
Модуль упругости бетона	E_b	МПа	28000
Модуль упругости арматуры	E_s	МПа	200000
Степень армирования	μ	мм	1.8
Нормальная сила от поперечной нагрузки	N_{\perp}	кН	391.6
Нормальная сила от продольной нагрузки	N_{\parallel}	кН	848.4
Нормальная сила в столбе	N	кН	1240.0
Поперечный момент от поперечной нагрузки	M_{\perp}	кН·м	0
Средний поперечный момент в столбе	M	кН·м	3029
Площадь бетонного столба	A_{bet}	мм ²	1.308
Момент инерции бетонного столба	J_{bet}	мм ⁴	8.1481
Площадь арматурного стержня	A_{st}	мм ²	1.478
Момент инерции арматурного стержня	J_{st}	мм ⁴	8.1811
Радиус инерции	i	мм	8.409
Момент сопротивления	W_x	мм ³	8.2483
Длина расчетная	l	мм	8.1298
Начальная эксцентриситет	e_0	мм	0.78
Коэффициент	β		1.00
Коэффициент	α		0.88
Кривизна стержня в столбе	N_{\perp}	кН	0.4898
Коэффициент	σ		1.00
Расчетный эксцентриситет	e_{calc}	мм	0.78
Расстояние от оси до расчетной арматуры	r_s	мм	1.34
Расчетная длина столба	l_0	мм	1.8
Устойчивость столба	λ		17
Эквивалентный эксцентриситет	e_{eq}		4.78
Коэффициент	β_0	расчет по формуле	
Коэффициент	β	расчет по формуле	
Коэффициент продольной нагрузки	η	расчет по формуле	
Поправочная сила по устойчивости	N_{\parallel}	кН	расчет по формуле
Поправочная сила по прочности	N_{\perp}	кН	4298
Поправочная сила			Принимается наибольшая

Расчет круглого железобетонного столба по трещиностойкости при несимметричном сжатии при симметричном равномерном кручении арматурой

по ТКП 45-3.03-232-2011

Столб диаметром 1300мм

Исходные параметры	Обозначение	Ед. измерения	Значение
Диаметр арматуры	D	мм	130
Площадь арматуры по кольцу	A_s	мм ²	8077
Притяжка арматуры	σ_s	мм	0.070
Расчетное сопротивление бетона	$R_{s,calc}$	МПа	370
Модуль упругости бетона	E_b	МПа	28000
Модуль упругости арматуры	E_s	МПа	200000
Нормальная сила по Др. 20	N	кН	490
Средний поперечный момент по Др. 20	M	кН·м	130
Площадь бетонного столба	A_{bet}	мм ²	1.308
Момент инерции бетонного столба	J_{bet}	мм ⁴	8.1481
Площадь арматурного стержня	A_{st}	мм ²	1.478
Момент инерции арматурного стержня	J_{st}	мм ⁴	8.1811
Момент сопротивления стержня	W_x	мм ³	8.2483
Момент сопротивления при радиусе	W_y	мм ³	8.2712
Радиус инерции	i	мм	8.409
Вектор осей инерционности	α	мм	0.889
Площадь стержня инерционности	A_{st}	мм ²	0.848
Вектор стержней в зоне инерционности	β		1
Диаметр стержней	d	мм	8.00
Коэффициент	β		1.00
Расчетный эксцентриситет	e_{calc}	мм	0.8030
Коэффициент радиальной трещины	α		1.218
Расчетное напряжение в арматуре	σ	МПа	не определено
Расчетная длина расчетной трещины	l	мм	8.881
Средняя раскрытие поперечной трещины	λ	мм	определяется по формуле
Раскрытие трещины по раскрытию поперечной трещины			предела по формуле
Максимальное раскрытие поперечной трещины	σ	МПа	5.2
Раскрытие трещины по раскрытию поперечной трещины			предела по формуле

Назначение режимов движения по сооружению с одностолбчатыми опорами при ограниченной грузоподъемности.

Неконтролируемый режим движения в случае недостаточной грузоподъемности может быть назначен по двум вариантам.

Вариант 1- ограничение общей массы транспортного средства при сохранении двухполосного движения на мосту, которая вычисляется по п.5.9 ТКП 479-2011.

$$M = 33 \times [K]/K. \text{ Для нашего примера } [K] = 6. M = 33 \times 6 / 11 = 18 \text{ т.}$$

Данный режим, хотя и сохраняет возможность двухполосного движения по сооружению, но ограничивает общую массу транспортного средства и не всегда устраивает эксплуатирующие организации. Может быть применен на местных дорогах, где интенсивность движения невысокая, а обращающийся транспорт не превышает установленную массу.

Вариант 2- организация на мосту одностороннего движения по полосе в середине проезжей части без ограничения грузоподъемности знаками.

Данный режим более предпочтителен для дорог общего пользования республиканского значения и магистралей. При невысокой интенсивности и небольшой длине моста может быть организован установкой пары знаков 2.6.1 «Преимущество встречного движения» и 2.7 «Преимущество перед встречным движением» по СТБ 1140-99. При высокой интенсивности движения может быть применено светофорное регулирование. Возможность пропуска нагрузки по второму варианту должна быть проверена дополнительным расчетом. Если грузоподъемность при одностороннем движении по оси моста по прочности окажется не ниже А11, то пропуск нагрузок в неконтролируемом режиме может быть осуществлен без ограничения веса транспортного средства знаками.

Выводы.

Грузоподъемность мостовых сооружений с одностолбчатыми опорами должна определяться не только для пролетных строений, но и для элементов этих опор (столба и ригеля), так как в некоторых случаях определяющим будет являться класс грузоподъемности элементов опор.

В случае наличия силовых трещин в ригелях грузоподъемность должна быть определена с учетом этих трещин.

Несущая способность столбов должна быть проверена на нагрузки А14 и НК112 в сочетании с прочими временными нагрузками (торможение, поперечный удар, ледовая нагрузка). Для проверки могут быть использованы программные комплексы, в которых такая проверка заложена, либо ручной расчет по ТКП 45-3.03-232-2011. В случае недостаточной несущей способности столбов при всех допускаемых ТКП 45-3.03-232-2011 сочетаниях, производится расчет на более низкий класс нагрузок. Классом нагрузки для столба будет являться наибольший класс принятой в сочетаниях временной нагрузки АК или НК, при котором обеспечивается несущая способность столбов по всем проверкам.

Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.94

Расчет здания торгово-развлекательного комплекса с наземным паркингом
в условиях взаимодействия с конструкциями станции «Вокзальная»
Минского метрополитена

Каверин К.В.

ОАО «Минскметропроект»,

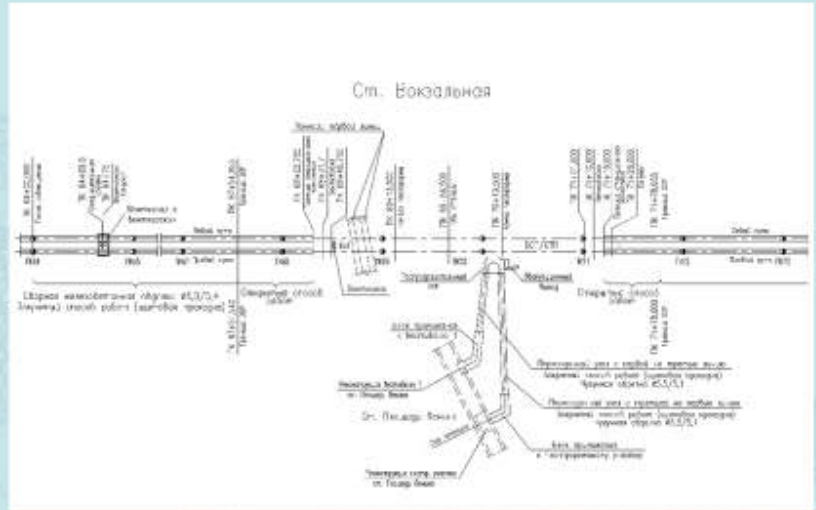
г. Минск, Республика Беларусь



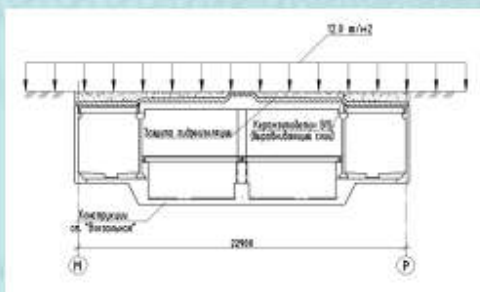
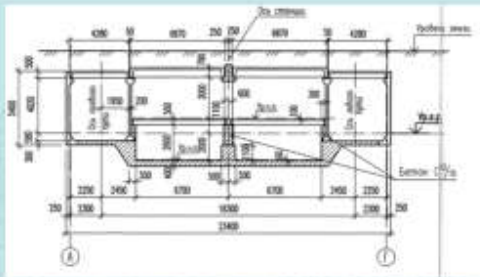
Проектирование ст. м. «Вокзальная»

Осложняющие факторы при проектировании:

1. Отсутствие проекта наземного здания;
2. Объемно-планировочные решения станции и паркинга; тяжело сочетаются в едином конструктиве;
3. Учет дополнительных деформаций основания от давления конструкций паркинга.



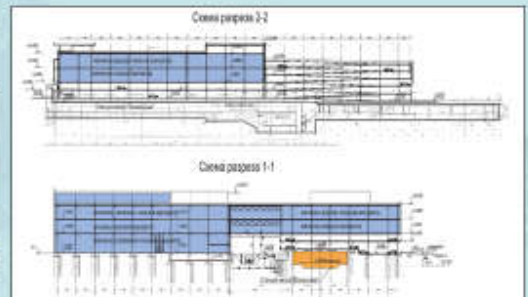
Проектирование ст. м. «Вокзальная»



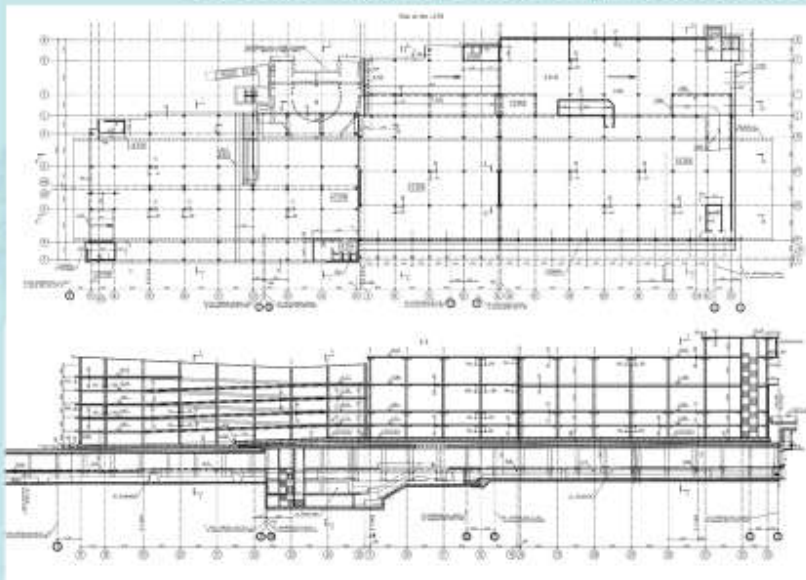
Ключевые предпосылки:

1. Не совмещать конструкции наземного здания и станции;
2. При проектировании станции учесть полные нагрузки от здания на ее покрытие;
3. Здания паркинга должно быть запроектировано таким образом, чтобы давление на станцию не превышало нагрузок, учтенных при расчете станции;
4. Необходимо отслеживать деформации и контролировать нагрузки;
5. Финишную отделку и установку путей станции "Вокзальная" выполнить после возведения конструкций паркинга и стабилизации осадок.

Объемно-планировочные решения наземного здания



Объемно-планировочные решения наземного здания



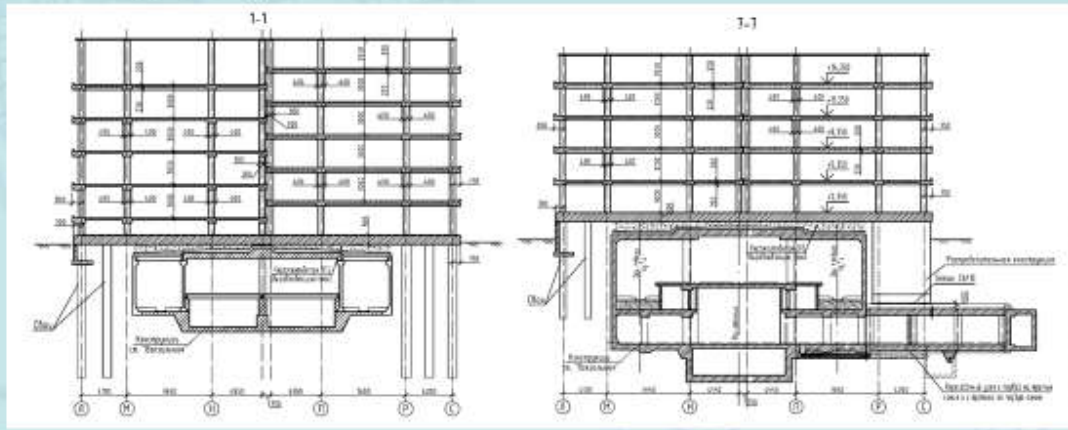
При проектировании ТЦ с паркингом учтены следующие факторы:

1. Малая глубина заложения станции;
2. План здания разработан с учетом габаритов станции и ее профиля;
3. Оптимизация конструктивных решений для снижения давления на станцию;
4. Равномерное распределение давления в основании;
5. Наличие большого количества подземных коммуникаций на данной территории.

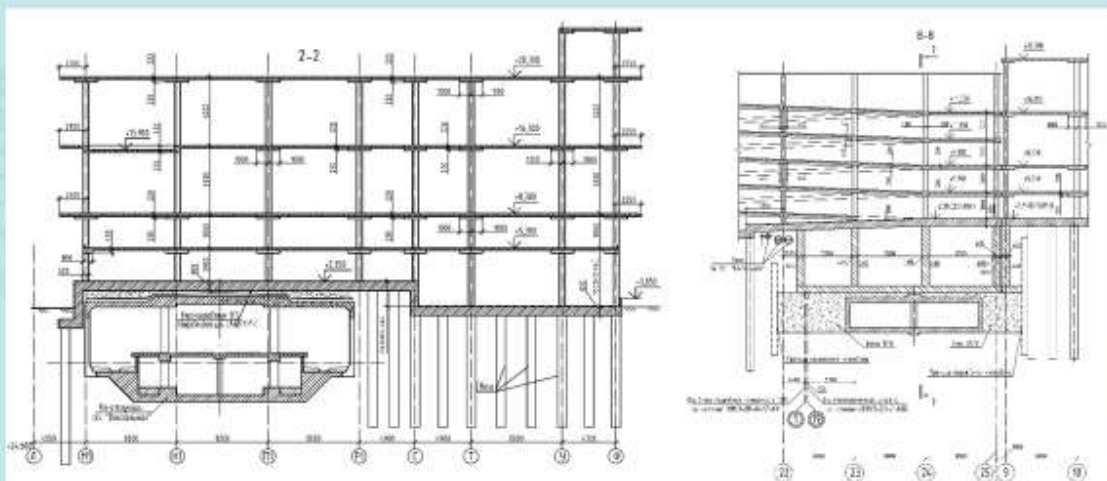
Объемно-планировочные решения наземного здания

Комбинированный тип фундаментов:

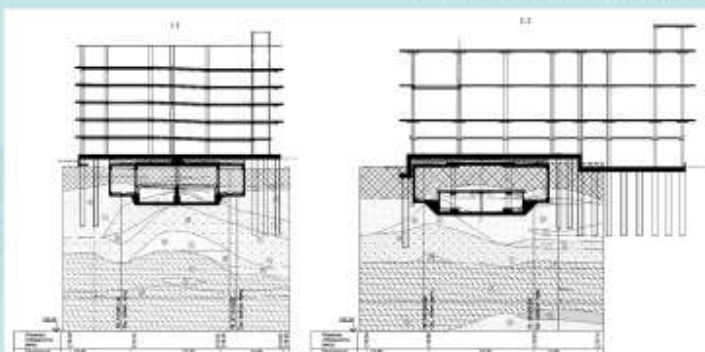
- единая монолитная железобетонная плита толщиной 800 мм с опиранием на конструкции покрытия станции;
- за габаритами станции - на буронабивных сваях;
- опирание фундаментной плиты на конструкции распределительного зала пересадочного узла посредством устройства вертикальных монолитных железобетонных стен.



Объемно-планировочные решения наземного здания



Геологические условия



Грунты в основании:

ИГЭ-21 – песок средней крупности, прочный: $\gamma_1 = 1,68 \text{ т/м}^3$; $e=0,61$; $\varphi=35^\circ$; $E_0=37 \text{ МПа}$;

ИГЭ-23 – песок средней крупности, прочный: $\gamma_1 = 1,77 \text{ т/м}^3$; $e=0,52$; $\varphi=33^\circ$; $E_0=20 \text{ МПа}$;

ИГЭ-25 – песок гравелистый: $\gamma_1 = 1,73 \text{ т/м}^3$; $e=0,55$; $\varphi=37^\circ$; $E_0=37 \text{ МПа}$.

Уровень грунтовых вод низкий.

Осадки относительно быстро стабилизируются.

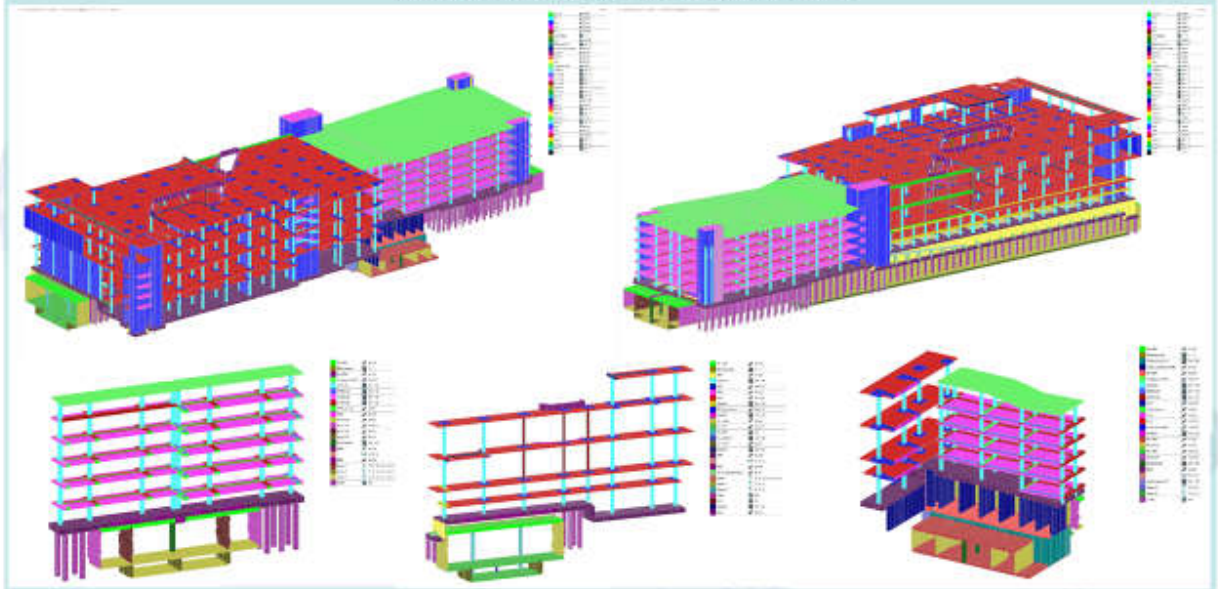
Таблица физико-механических свойств грунтов

Номер скважины	Глубина скважины, м	Глубина отбора, м	Средняя влажность, %	Средний коэффициент пористости, e	Средний удельный вес, γ_1 , т/м ³	Средний коэффициент трения, φ , °	Средний модуль деформации, E_0 , МПа	Средняя плотность, ρ_s , т/м ³		Средний коэффициент пористости, e	Средний удельный вес, γ_1 , т/м ³	Средний коэффициент трения, φ , °	Средний модуль деформации, E_0 , МПа	Средний коэффициент пористости, e	Средний удельный вес, γ_1 , т/м ³	Средний коэффициент трения, φ , °	Средний модуль деформации, E_0 , МПа
								по сухому	по сырому								
01	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
02	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
03	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
04	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
05	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
06	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
07	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
08	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
09	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
10	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
11	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
12	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
13	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
14	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
15	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
16	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
17	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
18	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
19	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
20	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
21	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
22	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
23	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
24	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
25	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
26	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
27	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
28	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
29	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
30	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
31	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
32	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
33	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
34	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
35	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
36	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
37	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
38	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
39	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
40	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
41	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
42	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
43	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
44	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
45	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
46	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
47	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
48	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
49	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37
50	10,0	0,5	18,0	0,61	1,68	35	37	1,30	1,30	0,61	1,68	35	37	0,61	1,68	35	37

Расчеты и расчетные ситуации

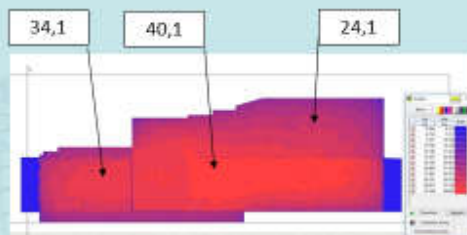
1. Стадия возведения (с учетом этапности возведения);
2. Стадия эксплуатации;
3. Деформативные характеристики основания (средние и максимальные осадки, относительная разность осадок, прогибы/выгибы фундаментной плиты);
4. Деформации плит перекрытий, горизонтальные смещения каркаса, перекося ячейки;
5. Общая устойчивость системы;
6. Конструктивный расчет (армирование).

Расчетная модель каркаса здания совместно со подземным станционным комплексом ст. м. Вокзальная



Расчет деформативных характеристик основания

Осадки фундамента в КРОСС



Осадки фундамента в SCAD

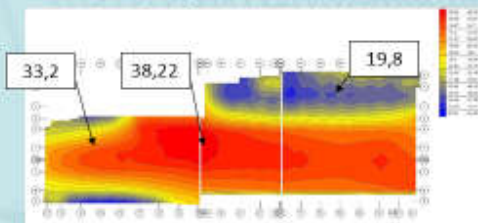
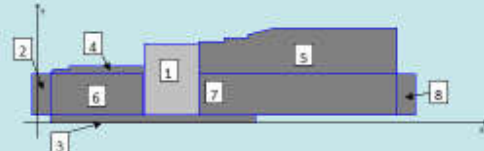
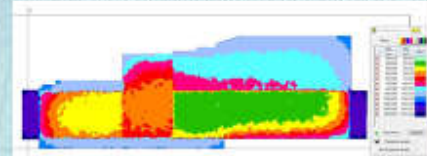


Схема условных фундаментов

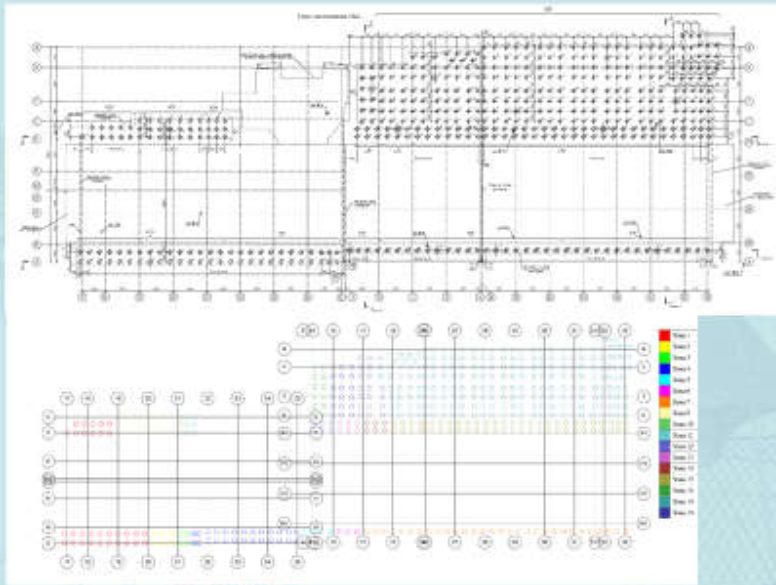


N	Условный фундамент	Давление, Т/м ²	Отметка подошвы, м
1	Основание станции в осях 22-25, М-У	23,1	-10,2
2	Основание тоннеля слева от станции	8,6	-8
3	Условный фундамент в осях 17-12, Л-М	33	-13
4	Условный фундамент в осях 17-22, Р-С	33	-13
5	Условный фундамент в осях 9-33, Р-Ф	27,4	-13
6	Основание станции в осях 17-22, М-Р	20,15	-8
7	Основание станции в осях 9-33, М-Р	20,15	-8
8	Основание тоннеля справа от станции	8,6	-8

Распределение коэффициентов постели



Расстановка свай и определение их жесткости

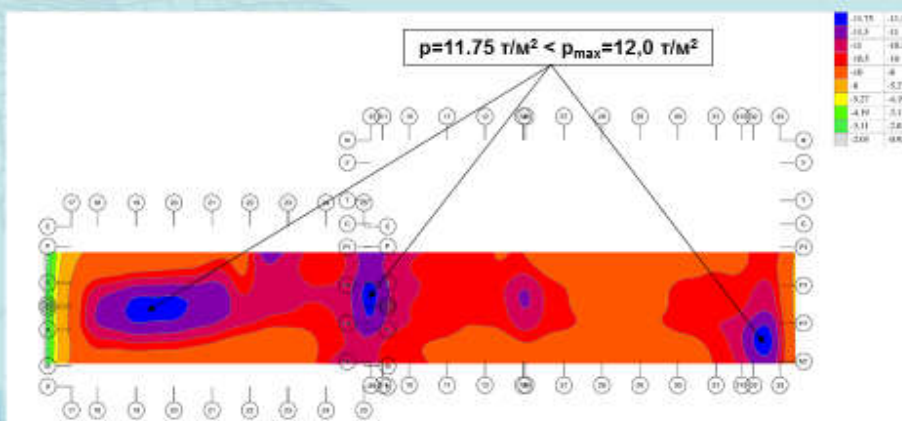


Жесткости свай по зонам

№ п/п	Зона свайного поля в осях	Длина свай	Коэффициент упругости		Жесткость сваи относительно вращений, т/м
			К _α	К _β	
1	17-20, Л-М	13	3.704	4669	
2	20-21, Л-М	15	4.046	3940	
3	21-22, Л-М	17	4.388	3635	
4	22-23, Л-М	20	4.900	3896	
5	9-10, Л-М	20	2.450	6507	
6	10-11, Л-М	17	2.180	7512	
7	11-13, Л-М	15	3.033	7659	
8	17-19, Р-С	13	3.704	4669	
9	19-21, Р-С	15	5.275	3022	
10	21, Р-С	17	5.725	2412	
11	12, Р-С	20	6.400	2158	
12	9-10, Р-С	20	7.825	2440	
13	10-11, Р-С	17	6.990	2281	
14	11-12, Р-С	15	6.453	2478	
15	12-13, Р-С	13	5.877	2712	
16	9-10, С-У	17	6.990	2830	
17	10-11, С-У	15	6.453	3075	
18	11-12, С-У	13	5.877	3081	
19	12-13, С-У	10	5.042	3052	

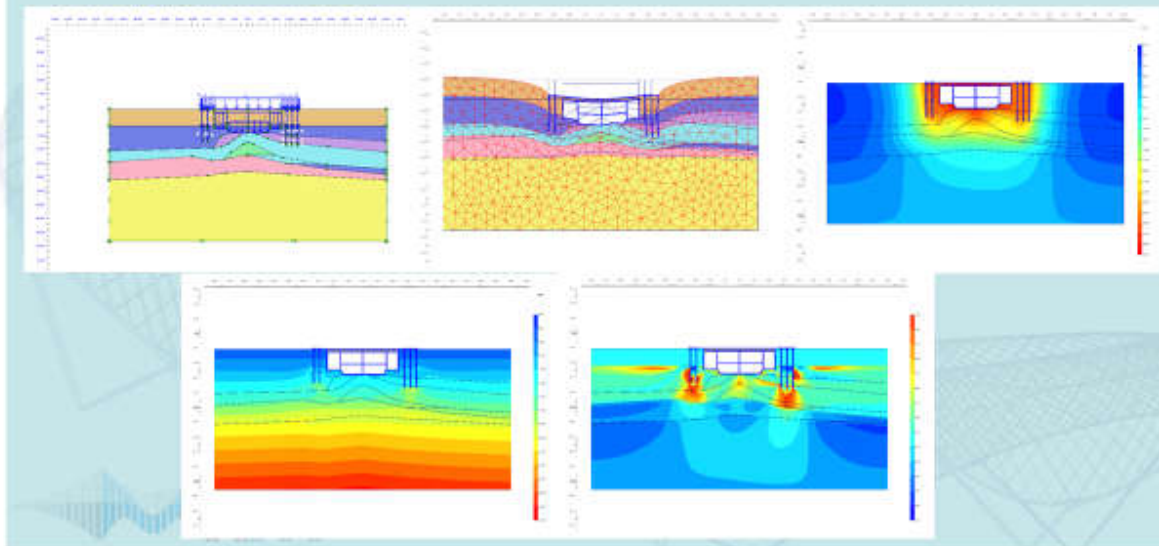
Расчетные нагрузки на покрытие станции

Равномерно распределенная нагрузка от каркаса здания на покрытие станции "Вокзальная" не превышает $p_{max}=12,0 \text{ т/м}^2$



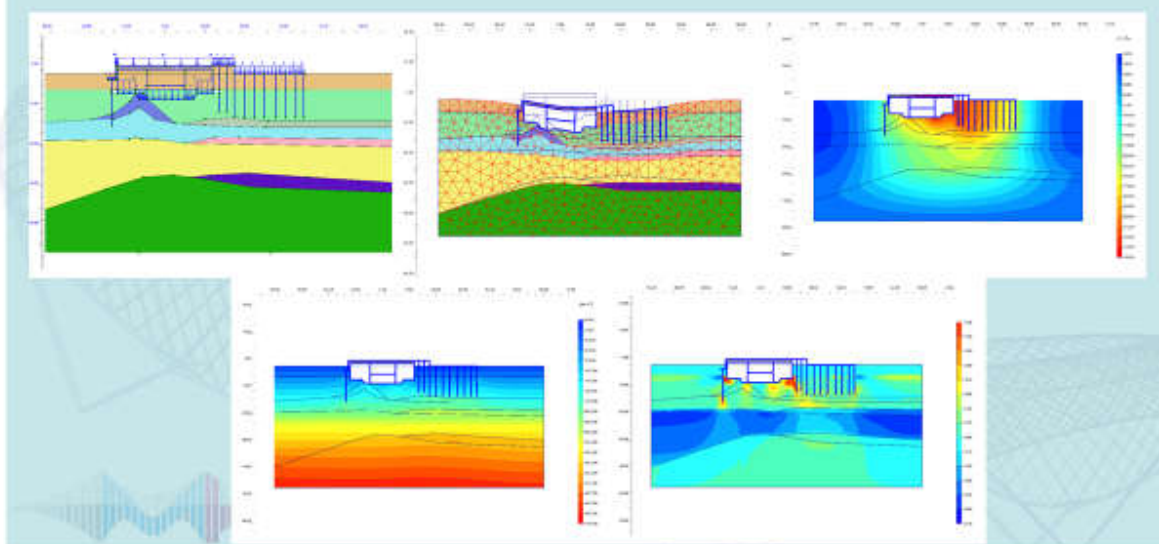
Расчет осадок фундаментов в Plaxis

Сечение 1-1



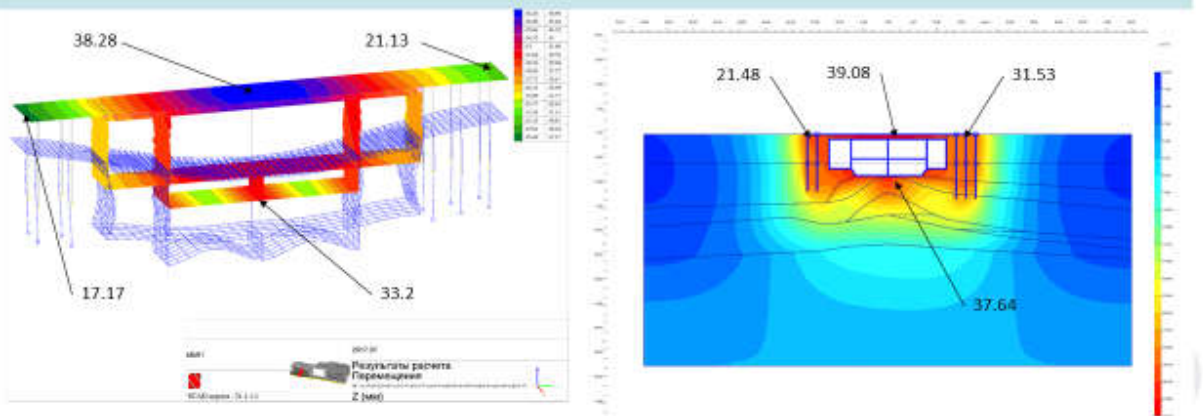
Расчет осадок фундаментов в Plaxis

Сечение 2-2



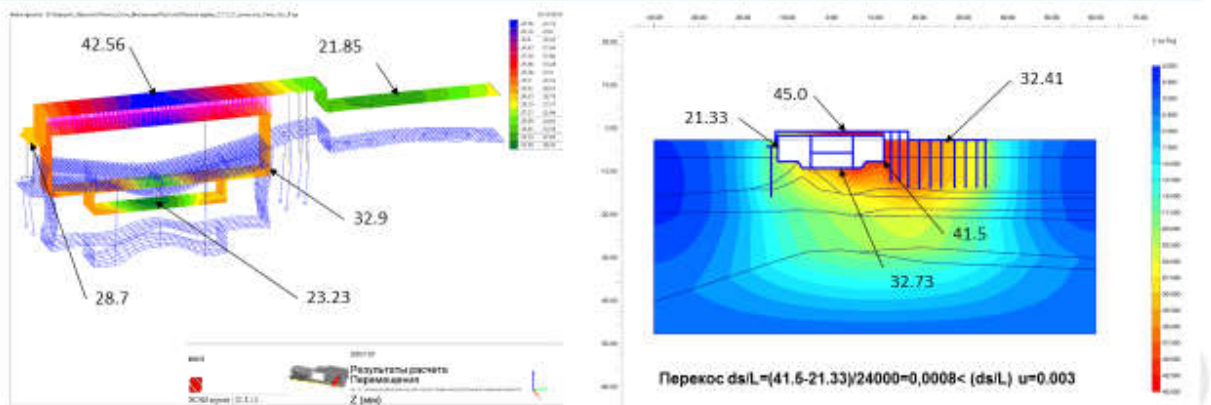
Сравнение результатов расчетов общих деформаций в SCAD и Plaxis

Сечение 1-1



Сравнение результатов расчетов общих деформаций в SCAD и Plaxis

Сечение 2-2



Выводы

Достоинства подхода:

1. сравнительно простое конструктивное решение задачи. Не требует огромных опор и больших пролетных конструкций (ширина станции более 24 м);
2. относительно небольшая стоимость;
3. свобода объемно-планировочных решений здания.

Особенности подхода:

1. Требуется высокая культуры производства, так как важна последовательность выполнения работ (этапы бетонирования и захватки определены проектировщиком) и необходимость отслеживания деформаций и контроля нагрузок (была установлена мониторинга для контроля деформаций и ширин раскрытия трещин покрытия станции);
2. Нельзя укладывать пути до полной стабилизации осадок станции;
3. Сроки возведения станции и наземного здания тесно взаимосвязаны;
4. Необходимость эксплуатировать здание в технической зоне метро.

Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.21

Опыт применения Autodesk InRoads при разработке сложных
объемно-планировочных решений транспортных узлов

Козак Н.В.

Кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей ФГБОУ ВО СПбГАСУ,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

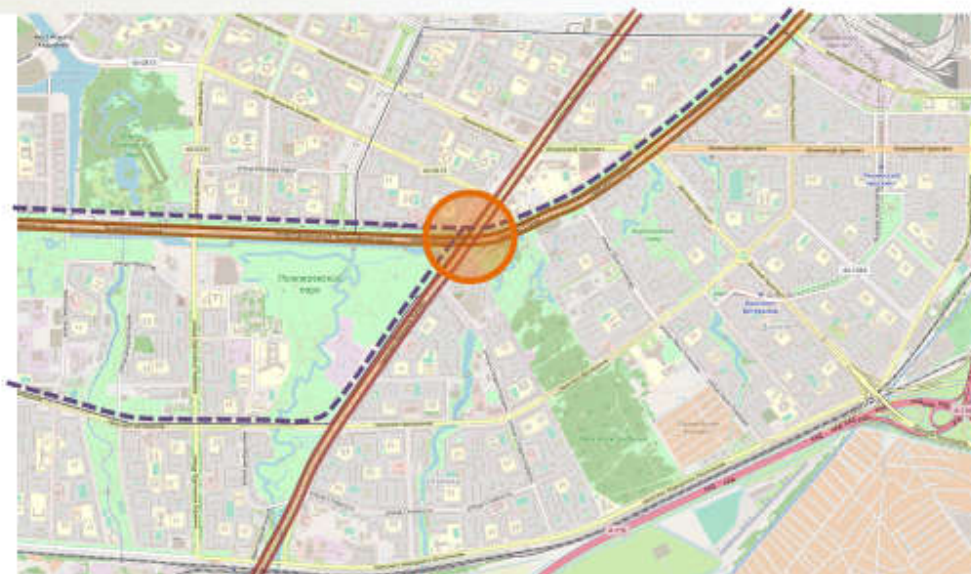
г. Санкт-Петербург

транспортная развязка на пересечении пр. М. Жукова и пр. Стачек



г. Санкт-Петербург

транспортная развязка на пересечении пр. М. Жукова и пр. Стачек



г. Санкт-Петербург

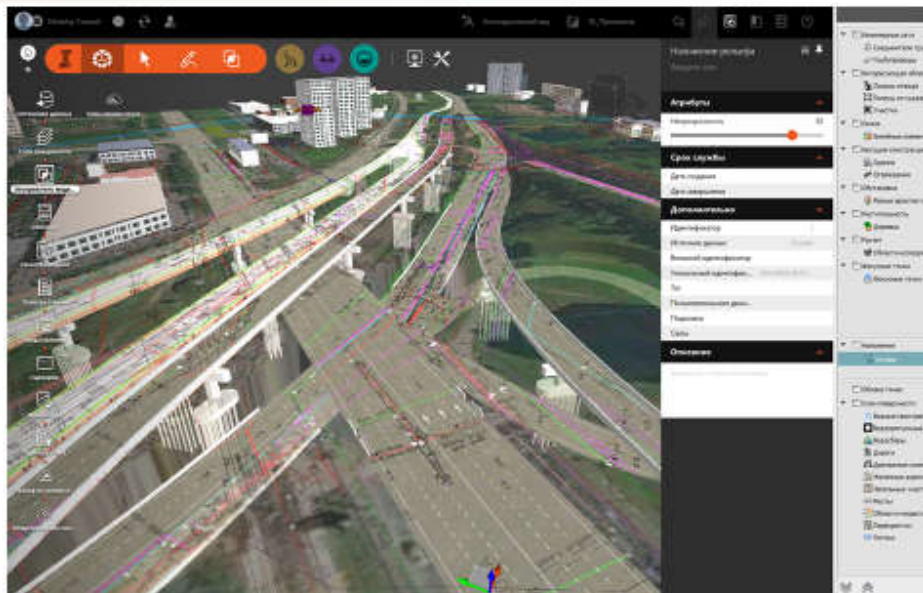
транспортная развязка на пересечении пр. М. Жукова и пр. Стачек



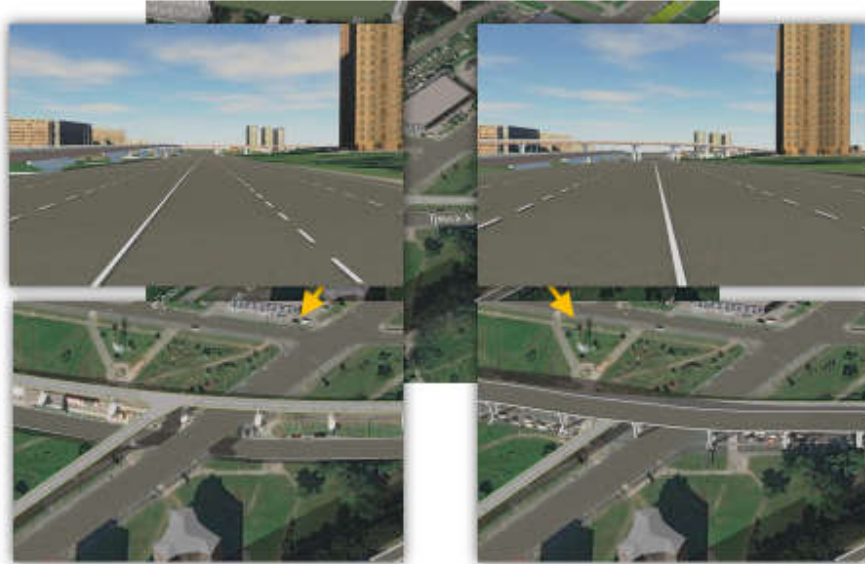
Идея работы



Построение рабочей модели



Анализ вариантов на влияние на городскую среду



Эскизное проектирование вариантов



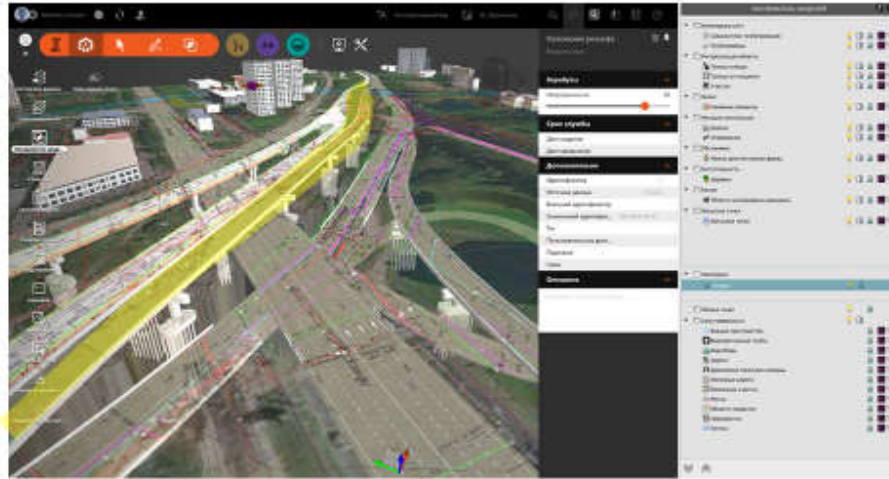
Эскизное проектирование вариантов



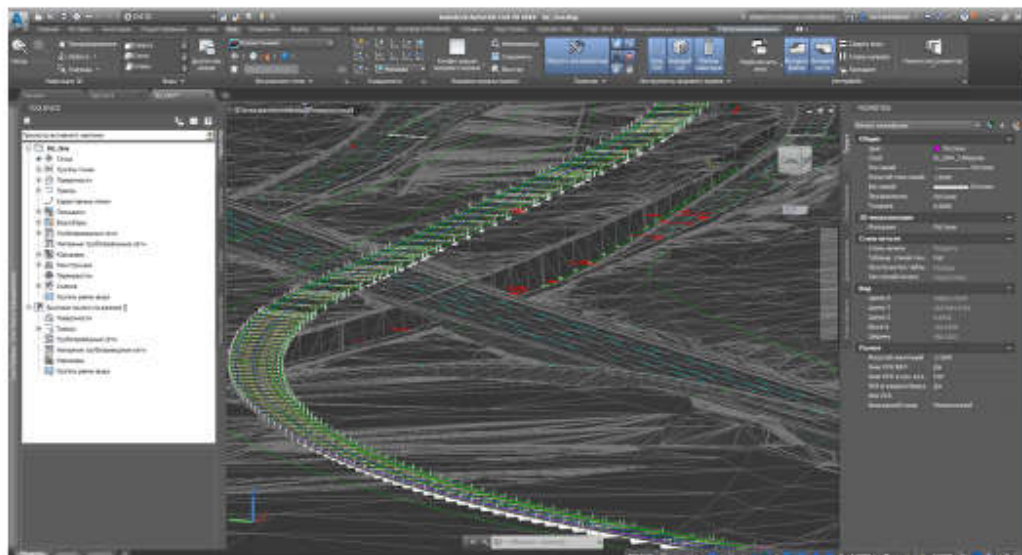
Решения сложных объемно-пространственных элементов



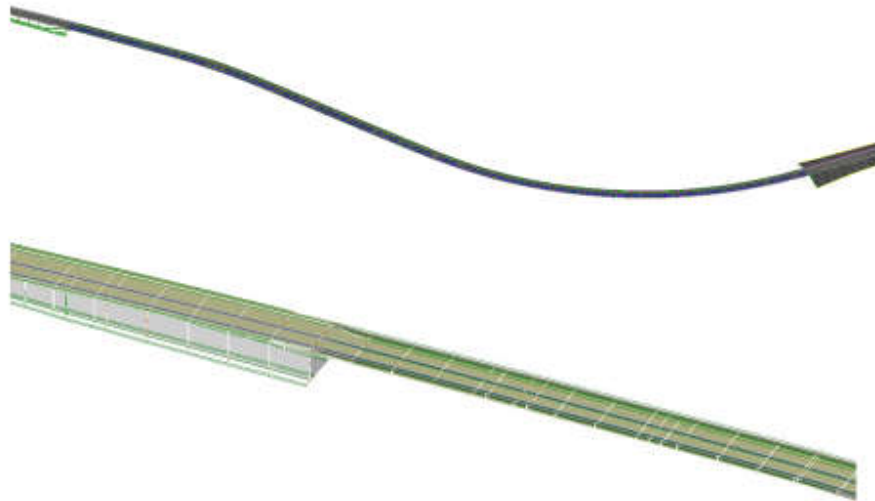
Экспорт осей транспортных сооружений



Работа с осью сооружения в Civil 3D



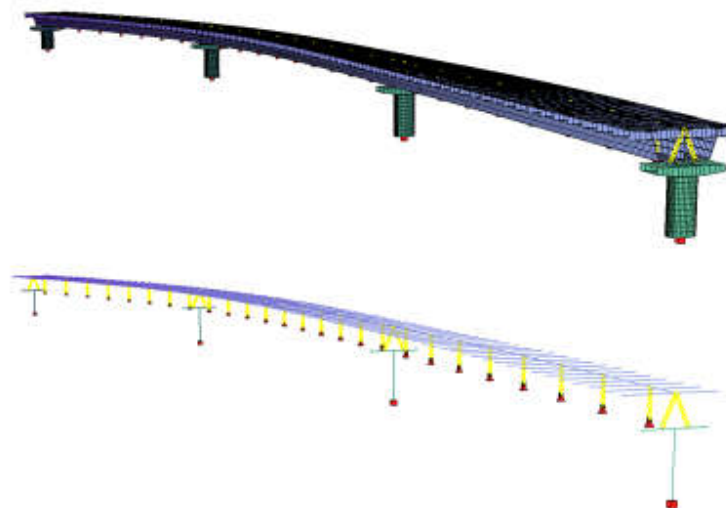
Работа с осью сооружения в Civil 3D



Работа с осями: Sofistik



 SOFISTIK



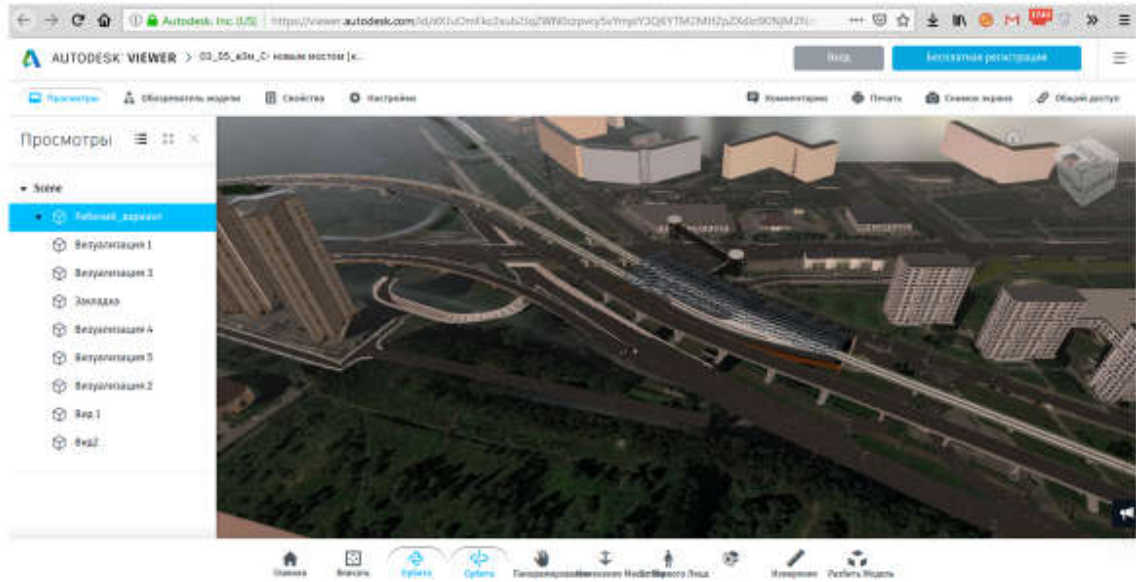
Работа с осями: SketchUp+Vray



Сводка в презентационную модель



Интерактивный браузерный просмотр



Международная научно-практическая конференция
«BIM-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.07

Методы и подходы защиты строительных конструкций

Корзун А. С.

Иностранное предприятие «Реммерс Бел»,

г. Минск, Республика Беларусь

«Столетний строительный материал», бетон



«Столетний строительный материал», бетон

Ничто не вечно

- Некачественное выполнение строительных работ
- Трещины
- Коррозия арматуры в результате карбонизации
- Коррозия арматуры, вызванная хлоридами
- Реакция щелочи с кремнеземом
- Коррозия, вызванная сульфатами (III вид коррозии)
- Воздействие мороза

Виды повреждения и их причины

Коррозия арматуры в результате карбонизации



Виды повреждения и их причины

Коррозия арматуры в результате карбонизации



Виды повреждения и их причины

Коррозия арматуры, вызванная хлоридами



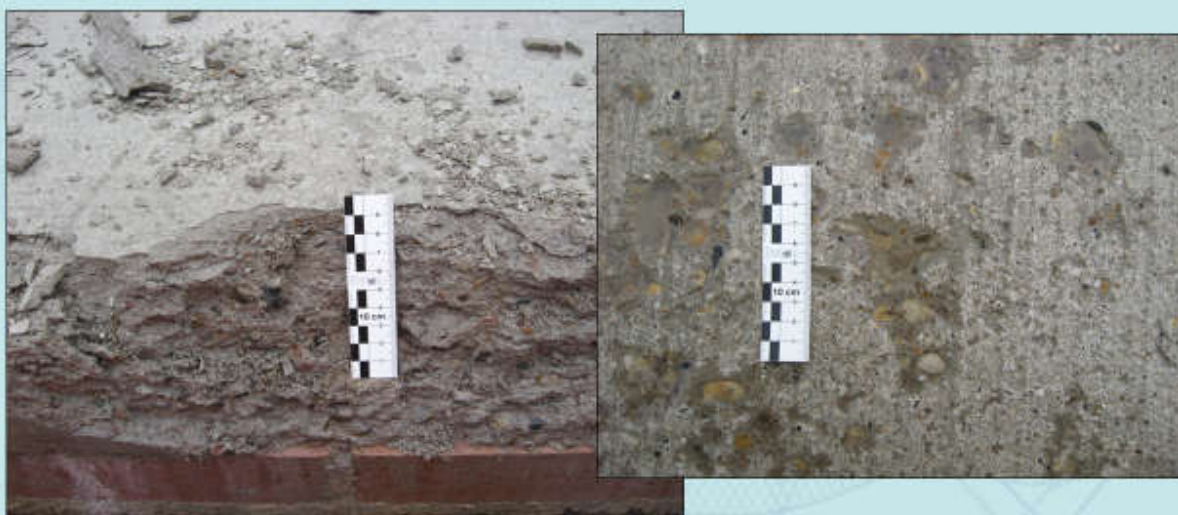
Виды повреждения и их причины

Коррозия арматуры, вызванная хлоридами

- Стальная арматура может быть поражена коррозией в результате воздействия вредных веществ, независимо от показателя pH окружающего бетона.
- Хлорид-ионы вызывают подобную коррозию.
- Попадают в бетон хлорид-ионы преимущественно через техническую соль.
- Воздействие хлорид-ионов приводит к сквозной коррозии на поверхности арматуры, что в большинстве случаев снаружи не видно!
- Поражённая хлоридами область бетона должна быть полностью удалена.
- Предельные показатели содержания хлорида (Cl) в свежем бетоне
 - < 1,0 М.-% в неармированном бетоне
 - < 0,4 М.-% в железобетоне
 - < 0,2 М.-% в предварительно напряжённом бетоне

Виды повреждения и их причины

Коррозия бетона в результате воздействия мороза



Виды повреждения и их причины

Коррозия бетона в результате воздействия мороза и солей-антиобледенителей

- Соли-антиобледенители снижают точку замерзания воды. При растворении соли энергия берется из тающей смеси и подстилающего слоя бетон, в котором резко падает температура.
- В результате этого «резкого падения температуры» в структуре бетона возникает растягивающее напряжение, которое может привести к «слоевому» растрескиванию конструкции.



Виды повреждения и их причины

Коррозия бетона в результате воздействия мороза и солей-антиобледенителей



Системы защиты поверхности бетона

Рекомендации по обеспечению долговечности

- проектировать конструкции с таким расчетом, чтобы они минимально были подвержены воздействию влаги;
- выбирать низкое В/Ц отношение;
- обеспечить достаточное количество вовлеченного воздуха;
- подбирать качественные исходные материалы
- обеспечить бетону возможность набрать требуемую прочность до первого цикла замораживания/оттаивания;
- уделять внимание качеству выполнения строительных работ;
- наносить специальные покрытия стойкие к диффузии хлоридов и воды (RiLi-SiB, СТБ EN 1504 часть 9)

Системы защиты поверхности бетона

Основные цели защитных покрытий

- защита бетона от проникновения воды, хлоридов и углекислого газа
- высушивание бетона путём предотвращения возможности попадания воды и возможности диффузии влаги из бетона через покрытие
- увеличение устойчивости к физическим и/или механическим воздействиям

Системы защиты поверхности бетона

Системы в соответствии с Европейскими нормами

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RIL DaStb	OS 1	OS 2	OS 4	OS 5a	OS 5b	OS 7	OS 8	OS 9	OS 10	OS 11 ³⁾	OS 13 ⁴⁾
ZTV-ING	OS-A	OS-B	OS-C	OS-D11	OS-D1	[TL/TP-BEL-EP ²⁾]	-	OS-E	TL/TP-BEL-BSP	OS-F ³⁾	-
	Гидрофобизация	Гидрофобизация + Покрытие	Покрытие								
		неэластичный	Перекрывающий трещины			неэластичный	Перекрывающий трещины				
		На водной основе				Реагирующий материал					
	На основе растворителей			Дисперсионный	Дисперсионный + цементный	EP, EP/PUR, PUR-Nadg (сложившим эластичности)					
	Не рассчитан на нагрузку ходовой или проездом (например фасад)					1)	Расч. на нагрузку ходовой + проездом	Как OS 1-5	Рассчитан на нагрузку ходовой или проездом (например подземный гараж, гидроизоляция мостов)		
1) В качестве грунтовки под изоляционный слой согласно OS 10 (TL/TP-BEL-B3) ZTV-ING, часть I, раздел 1 и 2											
2) Изоляционный слой под литой асфальт или износостойкий полимерный слой											
3) Покрытие с повышенной способностью перекрывать трещины											
4) Покрытие с конструктивной способностью перекрывать трещины											

Системы защиты поверхности бетона

Системы в соответствии с Европейскими нормами

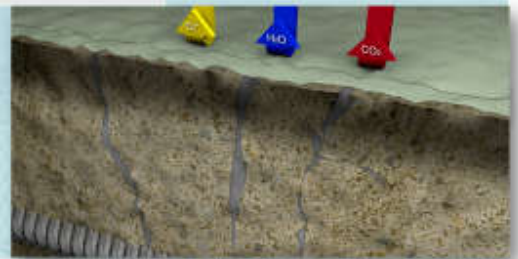


Фасадные покрытия Обозначение системы	Описание в соответствии с Директивой RL-BIB, ZTV-BIB (старая редакция), V DIN 19026	Рабочая операция	Раздел DIN EN 1504-6
OS 1 (OS A)	Гидрофобизирующая пропитка	Гидрофобизация	1.1/2.1/8.1
OS 2 (OS B)	Покрытие для поверхностей, не подверженных пешеходным и транспортным нагрузкам (без шпательования на сдир и выравнивающего шпательования)	Покрытие	1.3/2.2/ 5.1/8.2
OS 4 (OS C)	Высокоплотное покрытие для поверхностей, не подверженных пешеходным и транспортным нагрузкам (со шпательованием на сдир и выравнивающим шпательованием)	Шпательование Покрытие	1.3/2.2/ 5.1/8.2
OS 5a (OS DII)	Покрытие с наибольшим перекрытием трещин для поверхностей, не подверженных пешеходным и транспортным нагрузкам (со шпательованием на сдир и выравнивающим шпательованием)	Шпательование Покрытие	1.3/2.2/5.1/ 6.1/8.2

Системы защиты поверхности бетона

Покрытие в соответствии с СТБ EN 1504 часть 9

Принцип согласно DIN EN 1504, часть 9:	Принцип и его определение:	Метод, основанный на этом принципе:
Принцип 1 [P]	Защита от проникновения веществ. Препятствие проникновению агрессивных веществ (например, воды, других жидкостей, пара, газа, химических) и биологических форм жизни	1.3 Локальное перекрытие трещин
Принцип 2 [MC]	Регулирование водного баланса	2.2 Нанесение покрытий
Принцип 5 [PR]	Стойкость к физическим воздействиям	6.1 Покрывать и запечатывать
Принцип 6 [RC]	Стойкость к химикатам	6.1 Покрывать и запечатывать



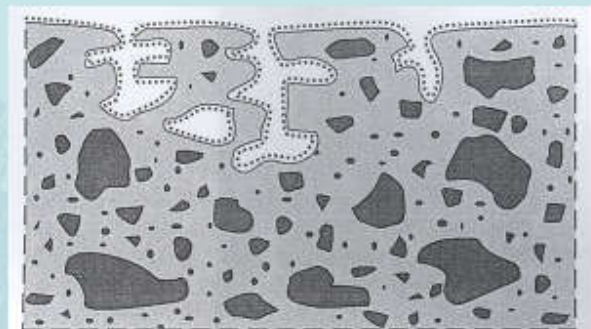
Системы защиты поверхности бетона

Гидрофобизация в соответствии с RiLi-SiB

Гидрофобизация

Обработка бетона для получения водонепроницаемой поверхности. Поры и капилляры не заполняются. Внешний вид поверхности бетона не изменяется.

- возможные вещества Силаны и Силоксаны



Системы защиты поверхности бетона

Гидрофобизация в соответствии с RiLi-SiB

качество меры гидрофобизации зависит от

- качества применяемого импрегната
- условия и технологии применения
- расхода
- содержания влаги в субстрате

с увеличением содержания активного вещества

- увеличивается глубина проникновения и, следовательно, долговечность

Системы защиты поверхности бетона

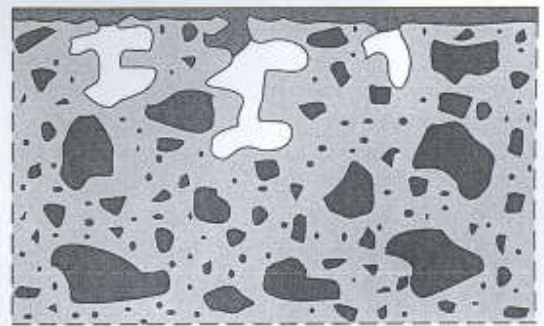
Покрытие в соответствии с RiLi-SiB

Покрытие

Обработка бетона окрасочным материалом, для создания на поверхности сплошного защитного слоя.

Показатель $S_d \text{ CO}_2 > 50 \text{ м}$.

- возможные вещества Полимерные дисперсии, Эпоксидные смолы, Полиуретаны



Международная научно-практическая конференция
«ВІМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

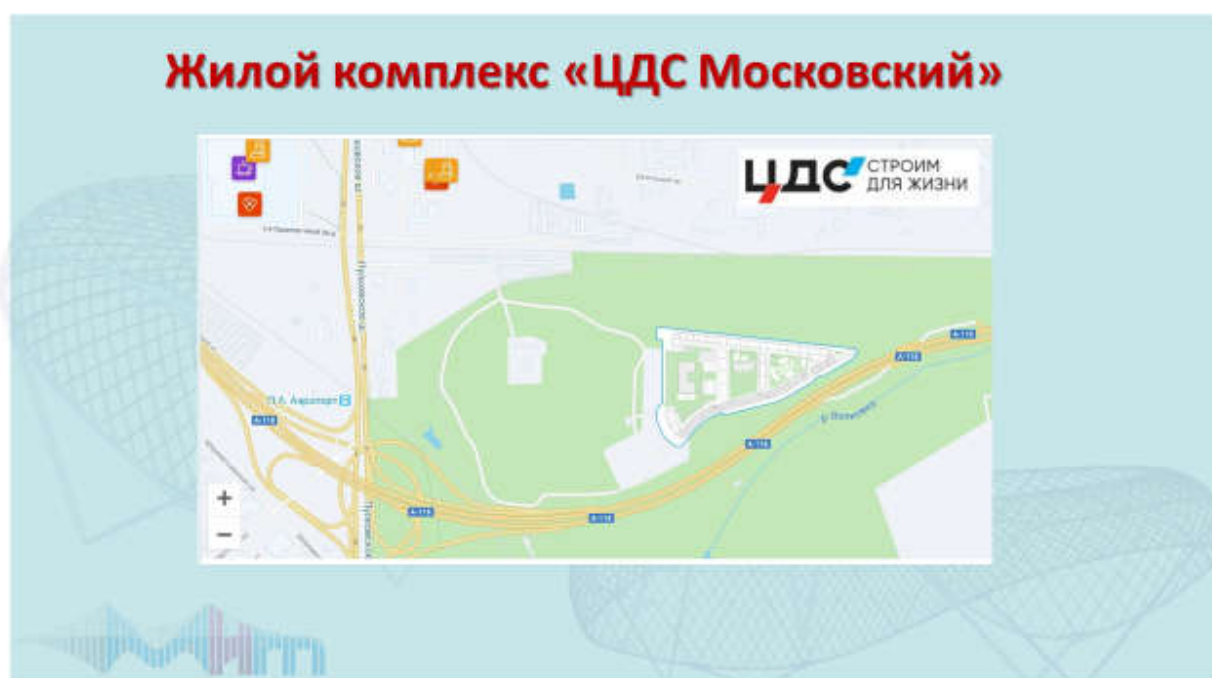
УДК 624.047

Опыт расчёта 4-этажного гаража в Санкт-Петербург с применением
ПК SOFiSTiK

Минкинен Ю.Э.

ПКБ «Строй-Проект» ГК ЦДС,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация



Жилой комплекс «ЦДС Московский»



Рассматриваемые блок-секции 4-этажного гаража

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ:

Вариант 1:

Слабый грунт основания заменяется песчаной уплотнённой подушкой.

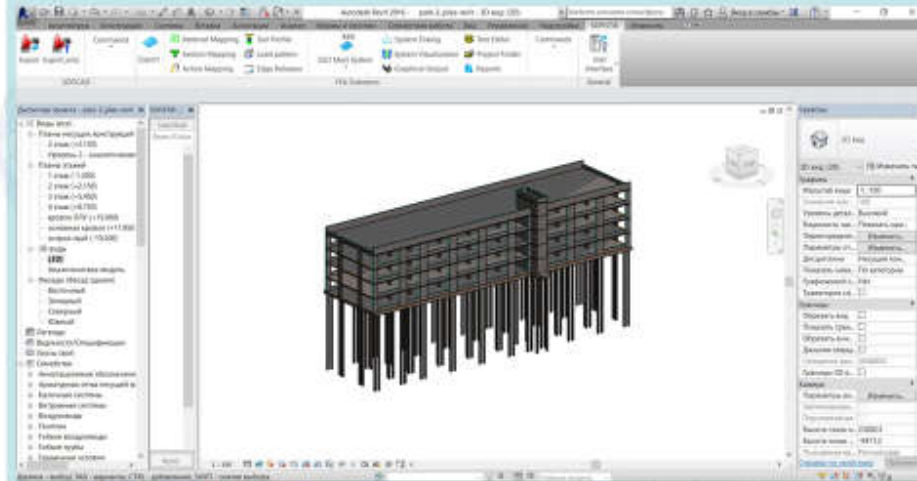
Плитный фундамент.

Вариант 2:

Слабый грунт основания не выбирается.

Свайный фундамент, длина составных ж/б свай сечением 350х350мм – 18...19 метров.

Блок-секция 4-этажного гаража. Вариант на свайном фундаменте:

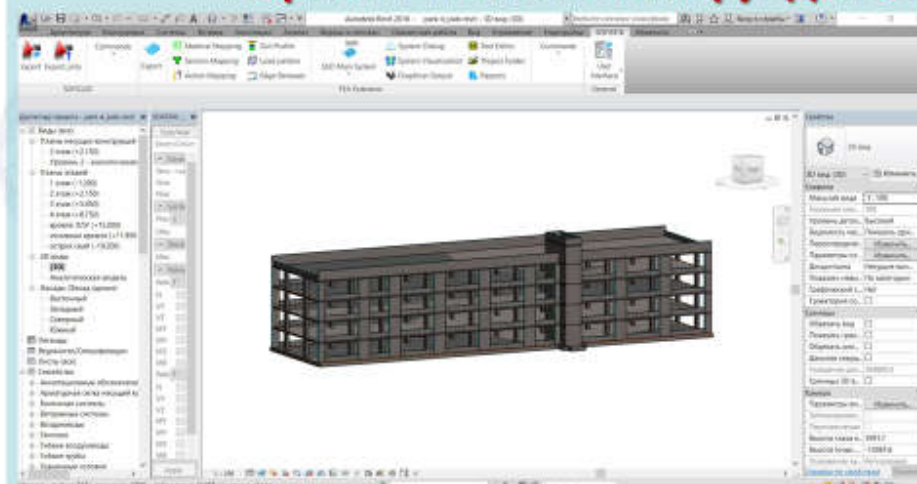


Материал: В25

Ростверк: 300-600 мм
Стены 1-4 этажей: 200-300 мм
Колонны 1-4 этажей: 900x400мм
Перекрытия над 1-3 этажами 240-540мм;
Основная плита покрытия: 200-500 мм;
Длина свай: 18-19 м (забивные составные, 350x350 мм).

Преппроцессор – Autodesk Revit

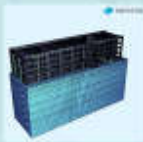
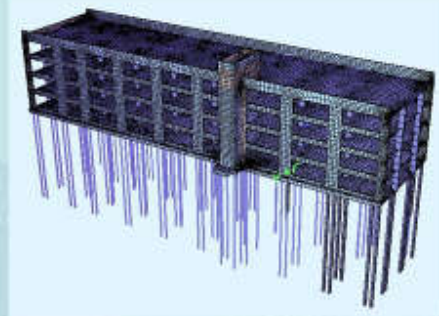
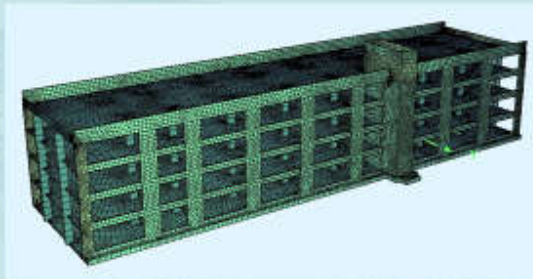
Блок-секция 4-этажного гаража. Вариант на плитном фундаменте:



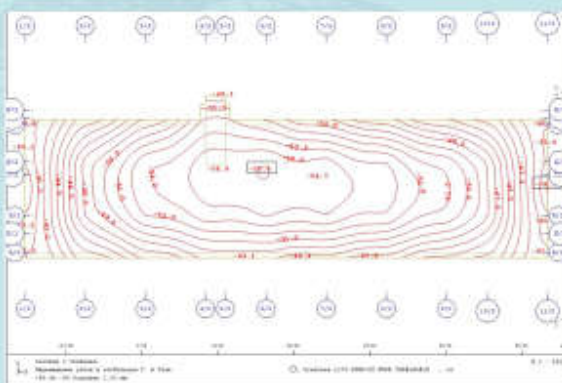
Материал: В25

Фундаментная плита: 300-600 мм
Стены 1-4 этажей: 200-300 мм
Колонны 1-4 этажей: 900x400мм
Перекрытия над 1-3 этажами 240-540мм;
Основная плита покрытия: 200-500 мм.

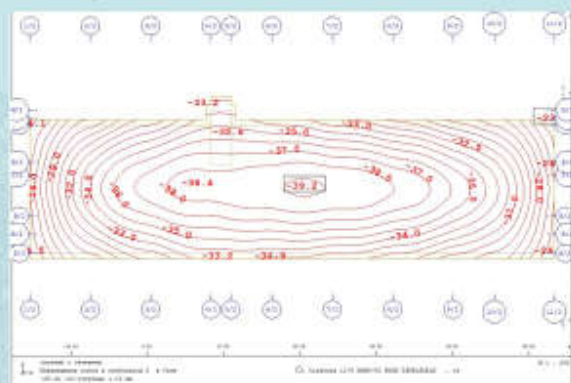
Преппроцессор – Autodesk Revit



Вертикальные деформации фундаментной плиты и ростверка 4-этажного гаража:

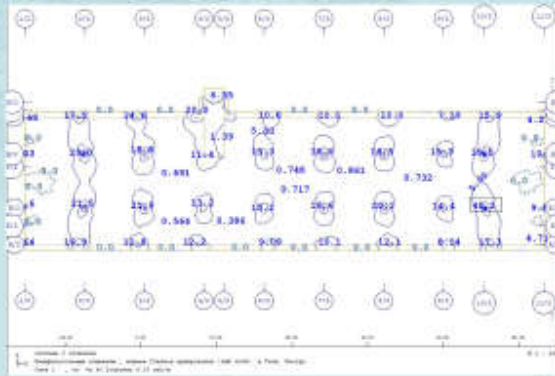


Фунд.плита
z=55.0мм

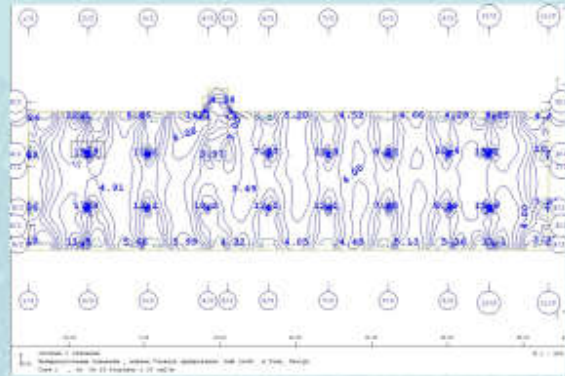


Ростверк
z=39.2мм

Сравнение расчётной нижней продольной арматуры (1 ряд) фундаментной плиты и ростверка 4-этажного гаража:

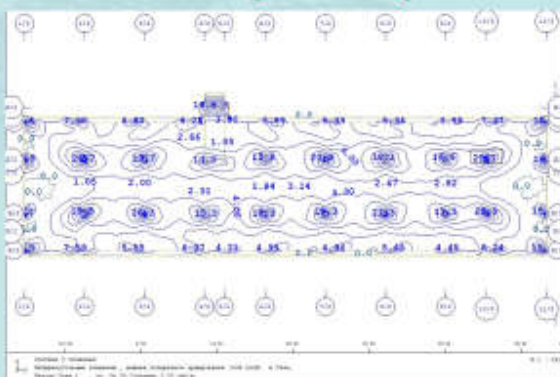


Фунд.плита
Ф16...Ф25

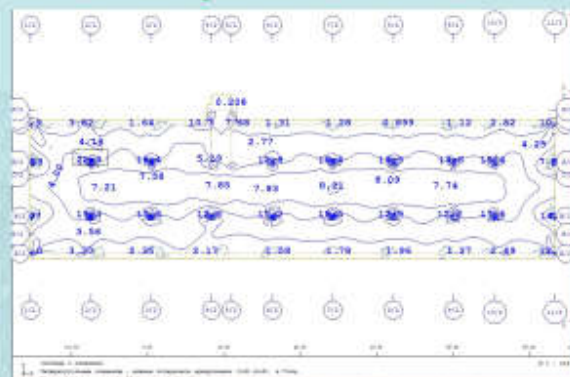


Ростверк
max. Ф12

Сравнение расчётной нижней поперечной арматуры (2 ряд) фундаментной плиты и ростверка 4-этажного гаража:

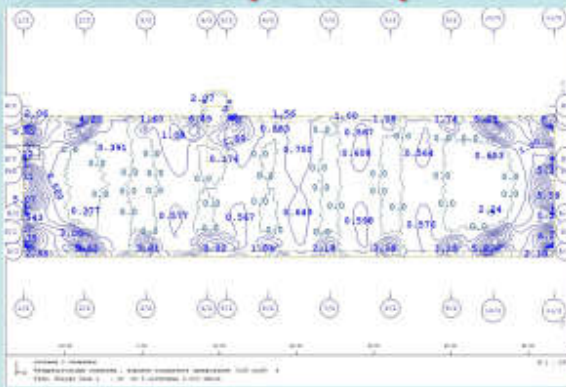


Фунд.плита
Ф16...Ф20

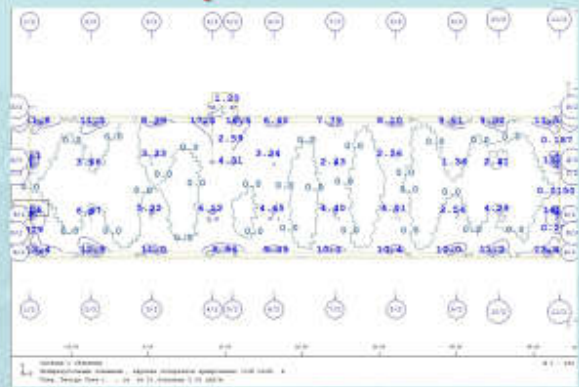


Ростверк
max. Ф14

Сравнение расчётной верхней поперечной арматуры (3 ряд) фундаментной плиты и ростверка 4-этажного гаража:

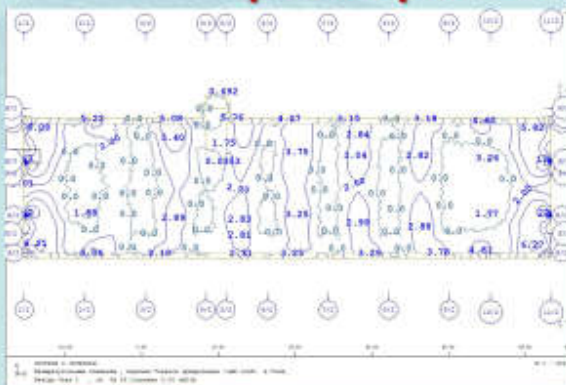


Фунд.плита
Φ10 (Φ12 по нормам)

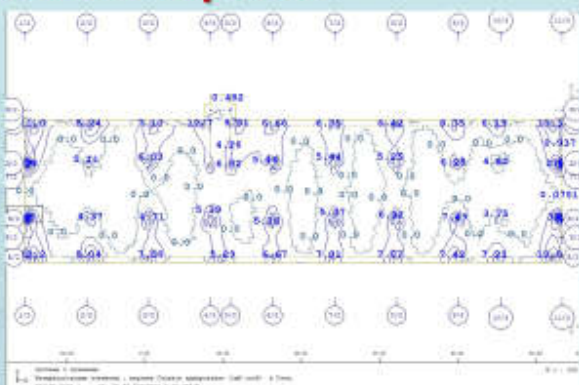


Ростверк
мах. Φ12...Φ14

Сравнение расчётной верхней продольной арматуры (4 ряд) фундаментной плиты и ростверка 4-этажного гаража:



Фунд.плита
Φ10 (Φ12 по нормам)



Ростверк
мах. Φ12...Φ14

ВЫВОД:

Вариант 1:

Слабый грунт основания
заменяется песчаной
уплотнённой подушкой.

Плитный фундамент.

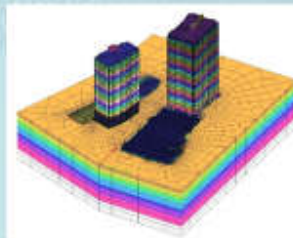
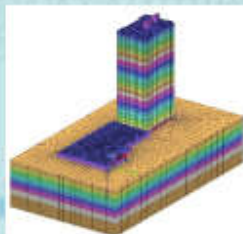
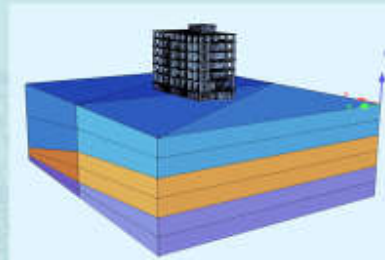
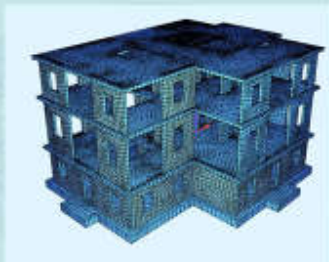
Вариант 2:

Слабый грунт основания не
выбирается.

Свайный фундамент, длина
составных ж/б свай
сечением 350х350мм –
18...19 метров.

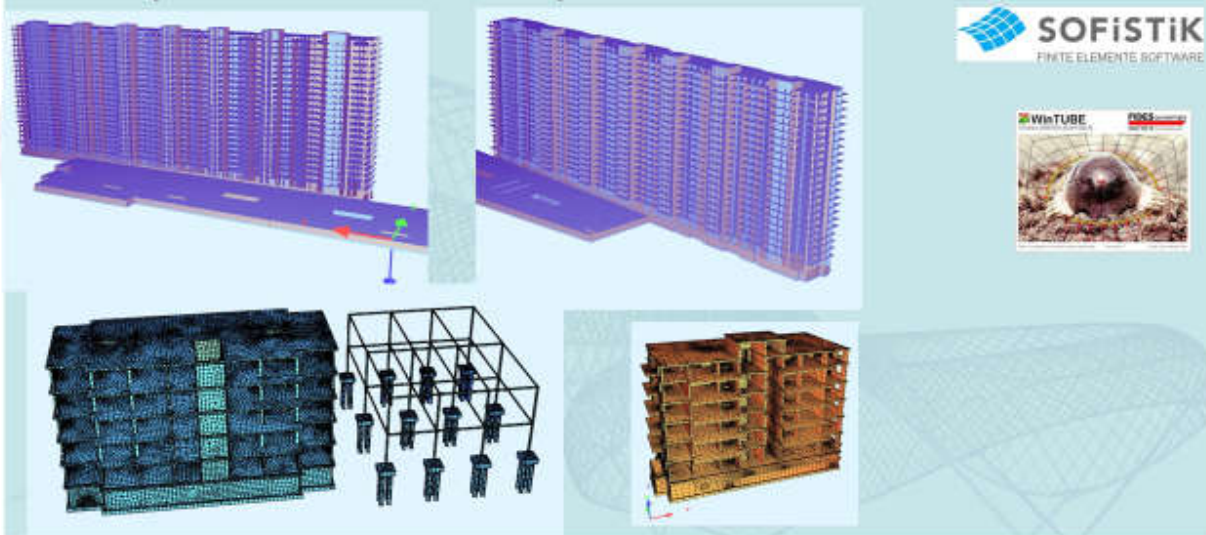
ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ !

Некоторые выполненные проекты:



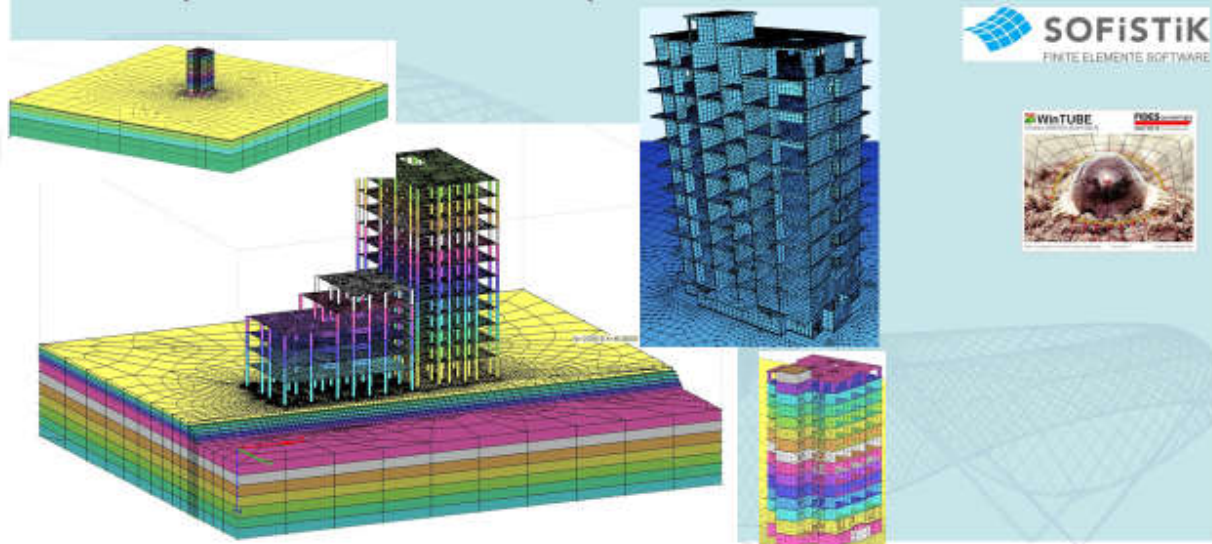
ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ !

Некоторые выполненные проекты:



ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ !

Некоторые выполненные проекты:



ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ !

Некоторые выполненные проекты:



ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ !

Некоторые выполненные проекты:



Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.04

Применение МКЭ-анализа при оценке воздействия на подземные сооружения метрополитена строительства наземных объектов в охранной зоне метрополитена

Новиков А.Л.

Кафедра «Тоннели и метрополитены» ФГБОУ ВО ПГУПС,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация




СХЕМА ЛИНИЙ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА
THE SAINT PETERSBURG SUBWAY MAP

Характеристики

- 69 станций, из которых:
 - 5– мелкого заложения,
 - 4 - наземных,
 - 60 - глубокого заложения
- 65 эскалаторных тоннелей

- ▶ Постоянное сокращение свободных территорий для строительства в Санкт-Петербурге приводит к необходимости застройки площадей над действующими объектами метрополитена.
- ▶ Застройка в охранной зоне метрополитена может оказывать существенное влияние на напряженно-деформированное состояние и эксплуатационную надежность подземных сооружений. Это влияние может выражаться в увеличении деформаций подземных сооружений, появлении трещин и иных повреждений в обделках, увеличении обводненности сооружений вследствие изменения режима подземных вод. Следствием является снижение эксплуатационной надежности сооружений, нарушение безопасной и бесперебойной работы метрополитена, значительные незапланированные затраты на ремонт поврежденных сооружений.



- Станции в зоне вестибюлей которых строительство невозможно (12)
- Станции, встроенные в здания на поверхности при строительстве (17)
- Станции, в зоне вестибюлей и эскалаторных тоннелей которых построены новые сооружения на поверхности (13)
- Станции, в зоне которых возможно или проектируется новое строительство (21)

- ▶ Как показывает имеющаяся практика, в наибольшей степени подвержены влиянию наземного строительства станции метрополитенов, эскалаторные тоннели, перегонные тоннели на мелком заложении и зоне выхода на поверхность и скважины.
- ▶ Эскалаторный комплекс является важнейшей частью станции метрополитена глубокого заложения. Он включает в себя эскалаторный тоннель, машинное помещение, натяжную камеру и два (верхний и нижний) оголовки. Из них наиболее важным и ответственным сооружением является эскалаторный тоннель.

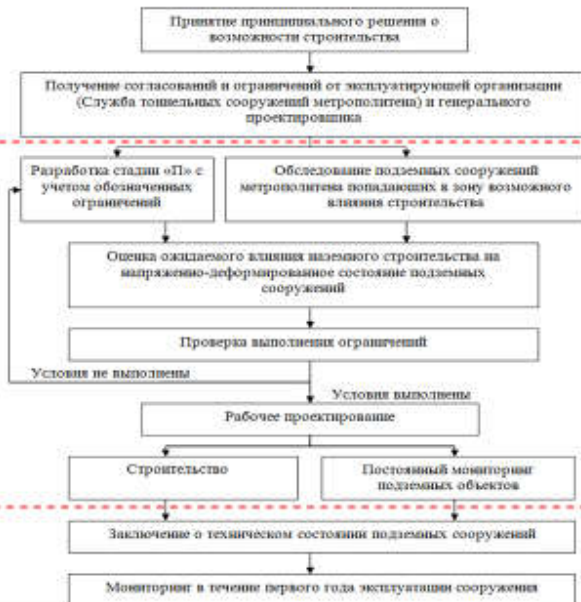
- ▶ Эскалаторные тоннели пересекают все слои геологического разреза. В условиях Санкт-Петербурга в верхней части разреза на глубинах от поверхности до 30.60 м залегают слабые грунты четвертичных отложений различной литологии и происхождения, часть из них находится в водонасыщенном состоянии, встречаются напорные горизонты подземных вод. В нижней части инженерно-геологического разреза эскалаторные тоннели заземлены в устойчивые протерозойские глины.
- ▶ Из-за особенностей строительства (применение замораживания грунтового массива), продолжительности эксплуатации и ряда других факторов, большинство эскалаторных тоннелей находятся в ограниченно-работоспособном состоянии и их обделка весьма чувствительна к дополнительным воздействиям.

Конструктивно-технологические решения эскалаторных тоннелей метрополитена Санкт-Петербурга



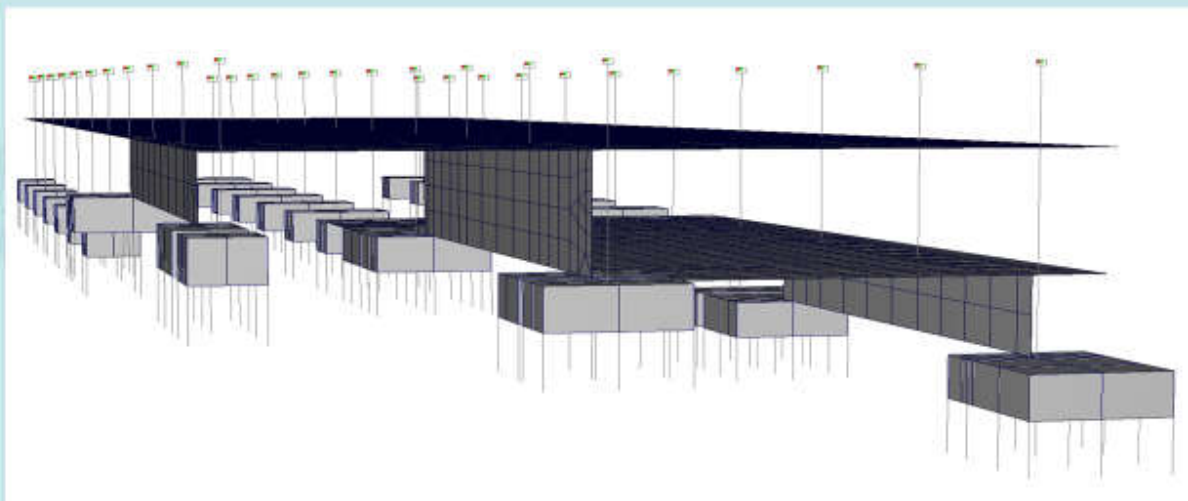
- С применением цементации грунтов и замораживания, с обделкой из монолитного железобетона
- С применением ТПМК, с обделкой из сборного железобетона
- С применением замораживания, с обделкой из чугунных тюбингов

Комплекс мероприятий по оценке влияния наземного строительства на объекты метрополитена

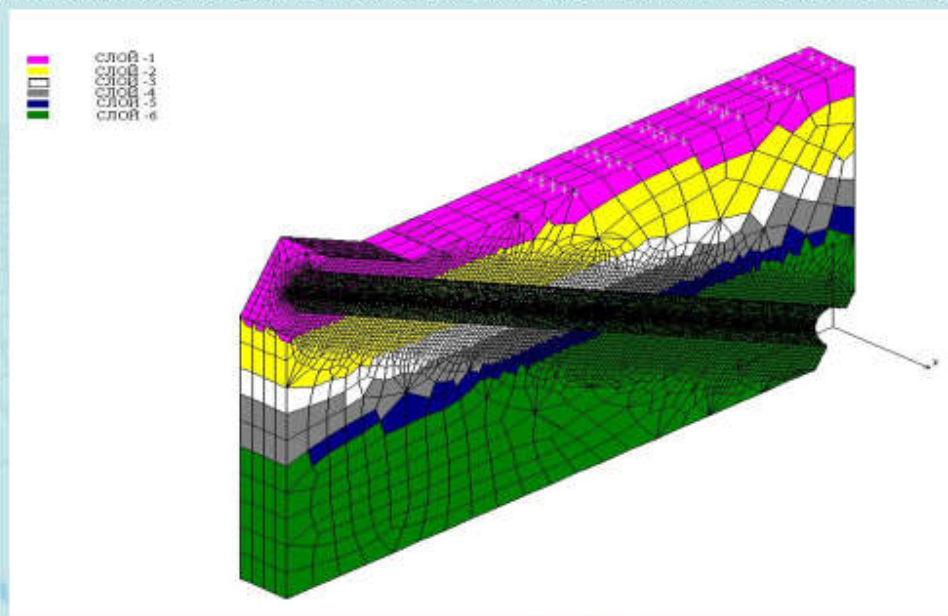


Область использования МКЭ-анализа для определения степени воздействия на подземные сооружения

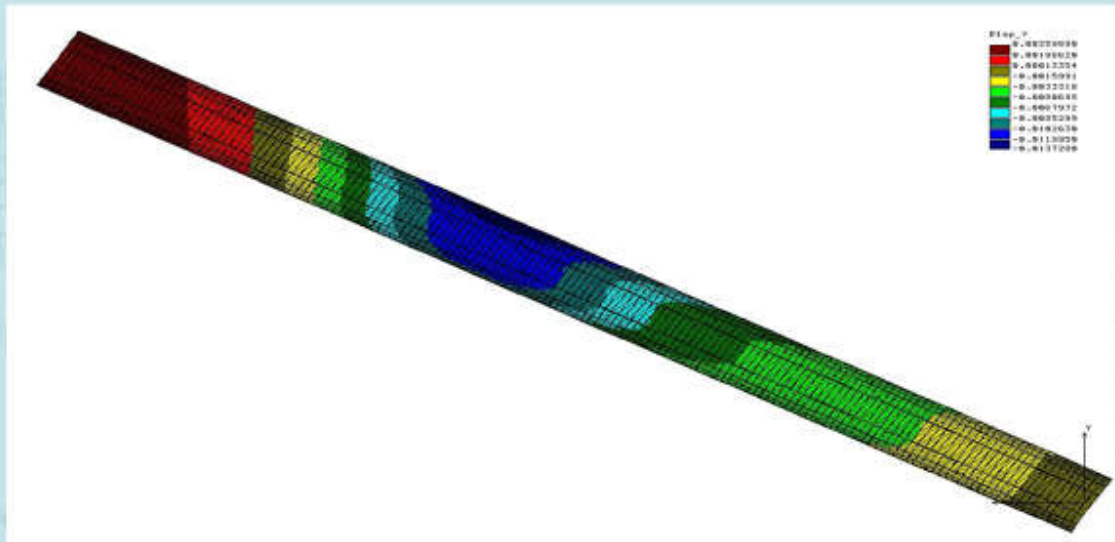
МКЭ-модель разгрузочных мостов над эскалаторным тоннелем



РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ОБДЕЛКИ ЭСКАЛАТОРНОГО ТОННЕЛЯ И ГРУНТОВОГО МАССИВА



КАРТИНА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЭСКАЛАТОРНОГО ТОННЕЛЯ ПОСЛЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НАЗЕМНОГО ОБЪЕКТА



ОБЩИЙ ВИД ПРОЕКТИРУЕМОГО МКК НАД СТАЦИОННЫМ КОМПЛЕКСОМ «ЭЛЕКТРОСИЛА»



СХЕМА ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ МКК И СООРУЖЕНИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

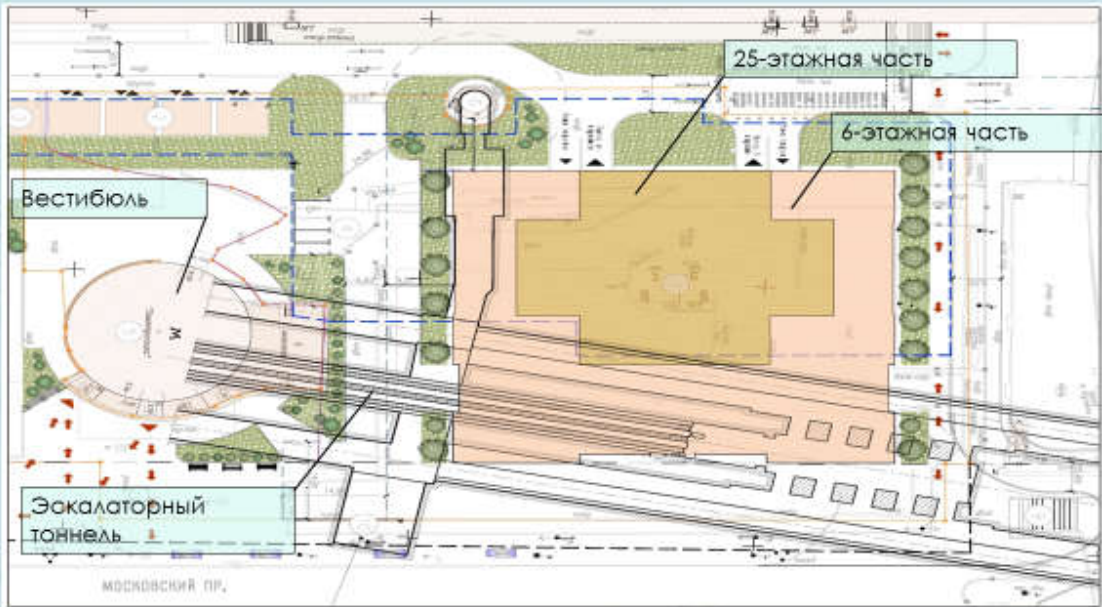
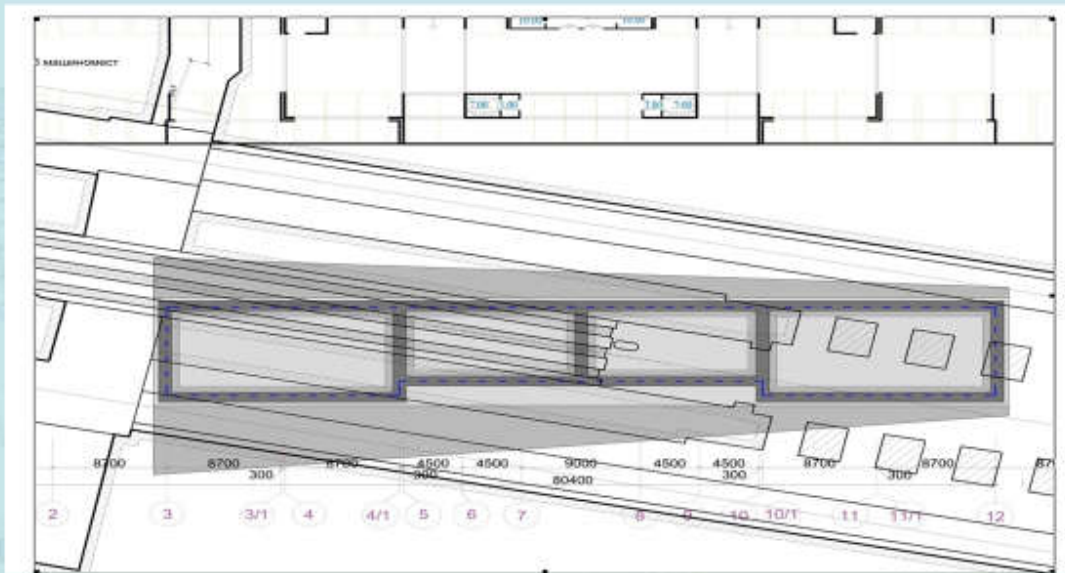
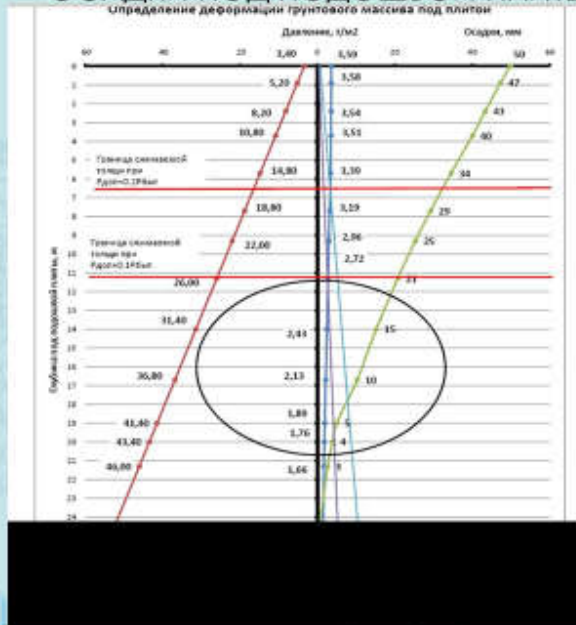


СХЕМА ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЛИТЫ И ЭСКАЛАТОРНОГО ТОННЕЛЯ



ОСАДКИ ПОД ПОДОШВОЙ ПЛИТЫ

Определение деформации грунтового массива под плитой



Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.154

Сравнительный анализ теоретических и натуральных результатов определения несущей способности буровых свай на примере строительства фундаментов опор путепровода на Западном обходе г. Брест

Павуков Ю.И.

Государственное Предприятие «БелдорНИИ»,

г. Минск, Республика Беларусь

В соответствии с П13 к СНБ 5.01.01 [9] несущую способность ($F_{дн}$), кН, буронабивных свай с уширением и без уширения, работающих на сжимающую нагрузку следует определять по формуле:

$$F_{дн} = \gamma_c (\gamma_{дн} R_A + \sum \gamma_{лi} R_{бi})$$

где γ_c – коэффициент условий работы свай; в случае опирания ее на пылеватоглинистые грунты (со степенью влажности $S_w < 0,9$) $\gamma_c = 0,8$, а в остальных случаях $\gamma_c = 1$;
 $\gamma_{дн}$ – коэффициент условий работы грунта под нижним конком свай; $\gamma_{дн} = 1$ во всех случаях, за исключением свай с уширением, бетонированных подвижным способом, для которых $\gamma_{дн} = 0,9$, а также опор воздушных линий электропередач;
 R – расчетное сопротивление грунта под нижним конком свай, кПа, принимаемое по указанию 5.8.1 настоящего Пособия;
 A – площадь поперечного сечения ствола или уширения свай, м²;
 μ – средний периметр в i -ом слое грунта поперечного сечения ствола свай, м;
 $\gamma_{лi}$ – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности свай, зависящий от способа образования сваевыми и условий бетонирования, принимаемый по таблице 5.1 [9];
 $R_{бi}$ – расчетное сопротивление трению грунта за боковой поверхности ствола свай в пределах i -го слоя, кПа, принимаемое по таблице 5.2 [9].

П13-01 к СНБ 5.01.01-99 Проектирование и устройство буронабивных свай

Таблица 2 – Коэффициенты $\gamma_{дн}$ по П13 к СНБ 5.01.01 [9]

Свай и способы их устройства	Коэффициент условий работы свай $\gamma_{дн}$			
	в песках	в супесях	в суглинках	в глинах
Буровые, в том числе с уширением в верхней или нижней части, бетонированные:				
а) при отсутствии воды в скважине (сухим способом), а также при использовании обсадных инвентарных труб	0,7	0,7	0,7	0,6
б) под водой или под глиняным раствором	0,6	0,6	0,6	0,6
в) жесткими бетонными смесями, укладываемыми с помощью глубинной вибрации (сухим способом)	0,8	0,8	0,8	0,7
Буронабивные, полые круглые, устраиваемые при отсутствии воды в скважине с помощью вибросердечника	0,8	0,8	0,8	0,7

Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения.
Строительные нормы проектирования

ТКП 45-5.01-254-2012

Таблица 5.9 — Коэффициент условий работы γ_k

Материал стены	Технология устройства и особые условия	γ_k
Бетон, железобетон	Монолитные гравитационные стены и гибкие стены, бетонируемые насухо	0,67
	Монолитные гибкие стены, бетонируемые под глинистым раствором в грунтах естественной влажности. Сборные гравитационные стены	0,5
	Монолитные гибкие стены, бетонируемые под глинистым раствором в водонасыщенных грунтах. Сборные гибкие стены, устраиваемые под глинистым раствором в любых грунтах	0,33
Металл, дерево	В мелких и пылеватых водонасыщенных песках	0
	В прочих грунтах	0,33
Любой	При наличии вибрационных нагрузок на основание	0

Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования фундаментов

Таблица 1 — Коэффициенты γ_{cf} по ТКП 45-3.03-188 [20]

Сваи и способы их устройства	Коэффициент условий работы свай γ_{cf}			
	в песках	в суглинках	в супылях	в глинах
Набивные по 6.2.4а при забивке пилентарной трубы с наконечником	0,8	0,8	0,8	0,7
Набивные виброштампованные	0,9	0,9	0,9	0,9
Свай-оболочки, погружаемые вибрированием с выемкой грунта	1,0	0,9	0,7	0,6
Свай-столбы	0,7	0,7	0,7	0,6

СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений

Коэффициенты условий работы γ_k по СП 50-101-2004

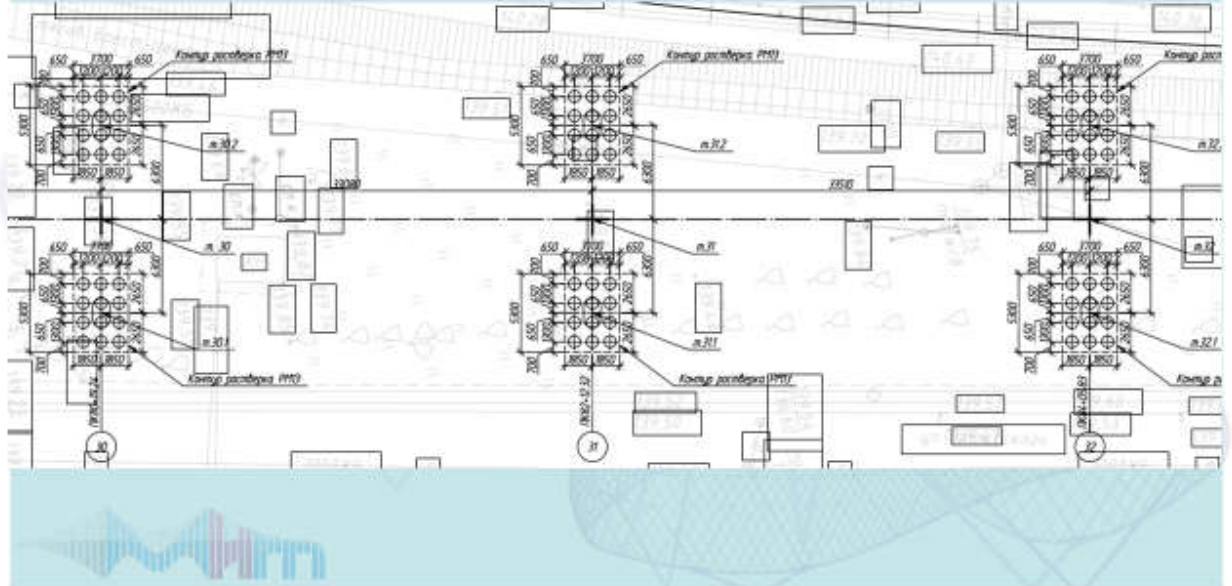
Материал стены	Технология устройства и особые условия	γ_k
Бетон, железобетон	Монолитные гравитационные стены и гибкие стены, бетонируемые насухо	0,67
	Монолитные гибкие стены, бетонируемые под глинистым раствором в грунтах естественной влажности. Сборные гравитационные стены	0,50
	Монолитные гибкие стены, бетонируемые под глинистым раствором в водонасыщенных грунтах. Сборные гибкие стены, устраиваемые под глинистым раствором в любых грунтах	0,33
Металл, дерево	В мелких и пылеватых водонасыщенных песках	0
	В прочих грунтах	0,33
Любой	При наличии вибрационных нагрузок на основание	0

СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции

Таблица 6 — Коэффициент трения по СНиП II-22-81 [26]

Материал	Коэффициент трения m при состоянии поверхности	
	сухом	влажном
1. Кладка по кладке или бетону	0,7	0,6
2. Дерево по кладке или бетону	0,6	0,5
3. Сталь по кладке или бетону	0,45	0,35
4. Кладка и бетон по песку или гравию	0,6	0,5
5. То же, по супылю	0,55	0,4
6. То же, по глине	0,5	0,3

План свайных ростверков опор №№30-32



Несущая способность буровых свай опор №№29-39

Спецификация свай

№	Наименование	Марка свай	Несущая способность свай, кН	Кол-во свай, шт	Отметка низа свай, м	Отметка верха свай до срубки, м	Отметка низа ростверка
1	Опора №29	СБ12-80	1380	24	124.98	137.98	136.98
2	Опора №30	СБ12-80	1382	24	125.74	138.74	137.74
3	Опора №31	СБ12-80	1410	24	126.10	139.10	138.10
4	Опора №32	СБ12-80	1450	24	126.06	139.06	138.06
5	Опора №33	СБ12-80	1400	24	126.03	139.03	138.03
6	Опора №34	СБ12-80	1450	24	126.20	139.20	138.20
7	Опора №35	СБ12-80	1480	24	126.30	139.30	138.30
8	Опора №36	СБ12-80	1480	24	126.30	139.30	138.30
9	Опора №37	СБ12-80	1480	24	126.62	139.62	138.62
10	Опора №38	СБ12-80	1450	24	126.85	139.85	138.85
11	Опора №39	СБ12-80	1450	24	127.18	140.18	139.18



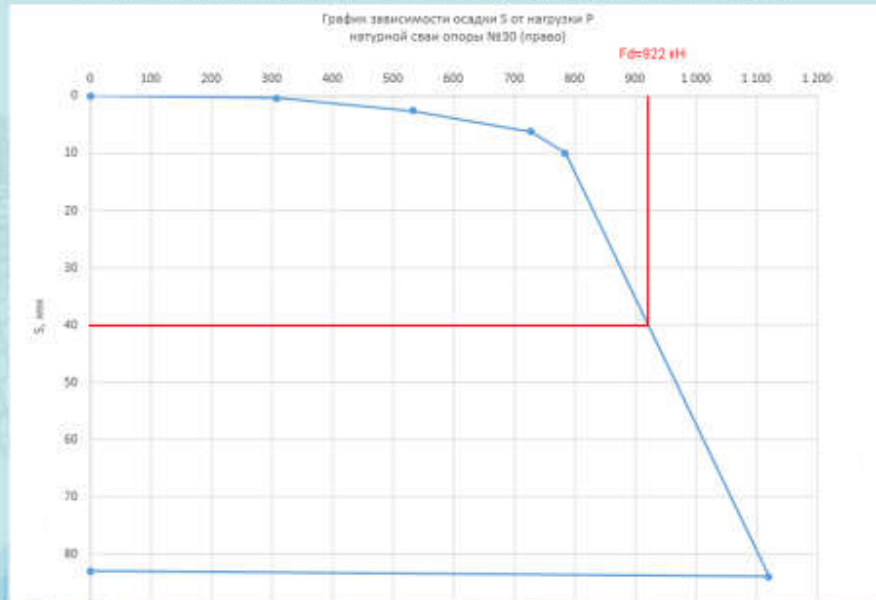
Испытательная установка

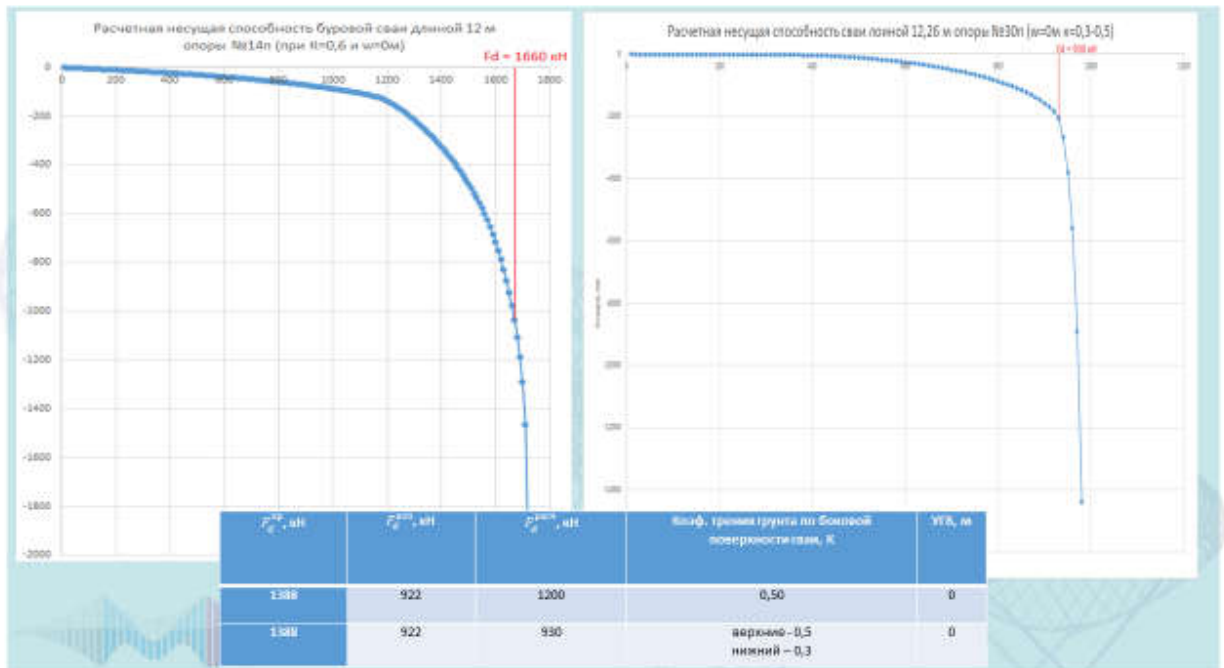
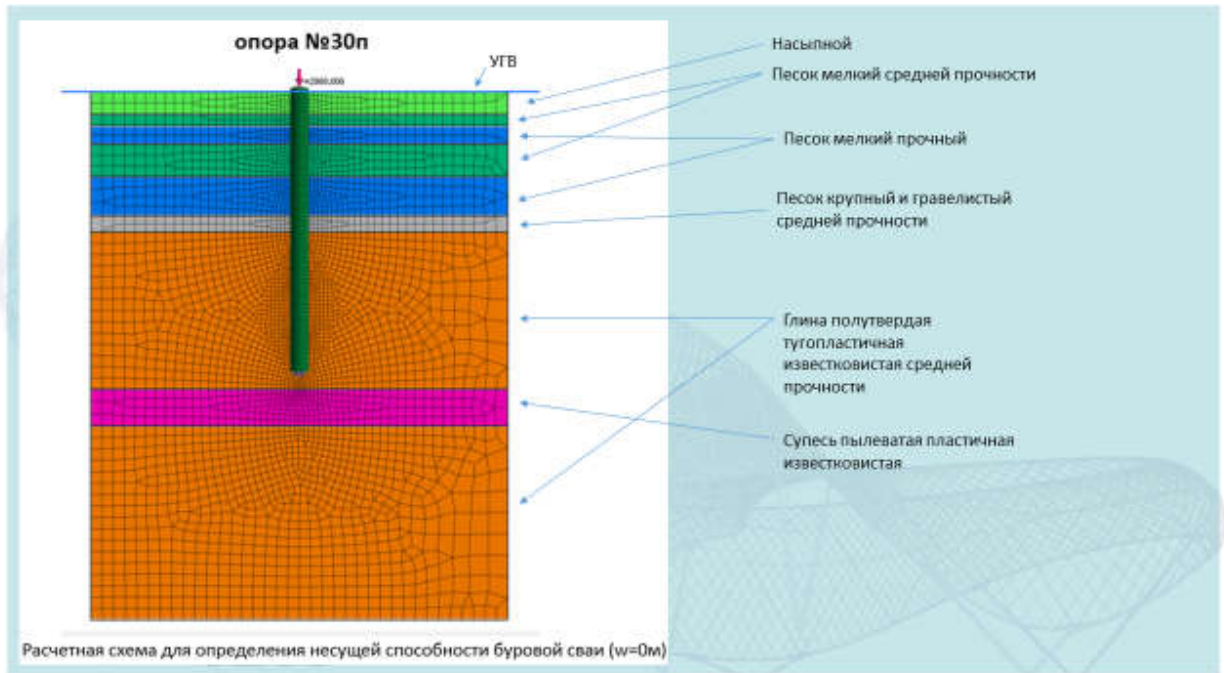
Опора №30

Расположение приборов для испытания и измерения перемещения сваи



График зависимости осадки S от нагрузки P натурной сваи опоры №30







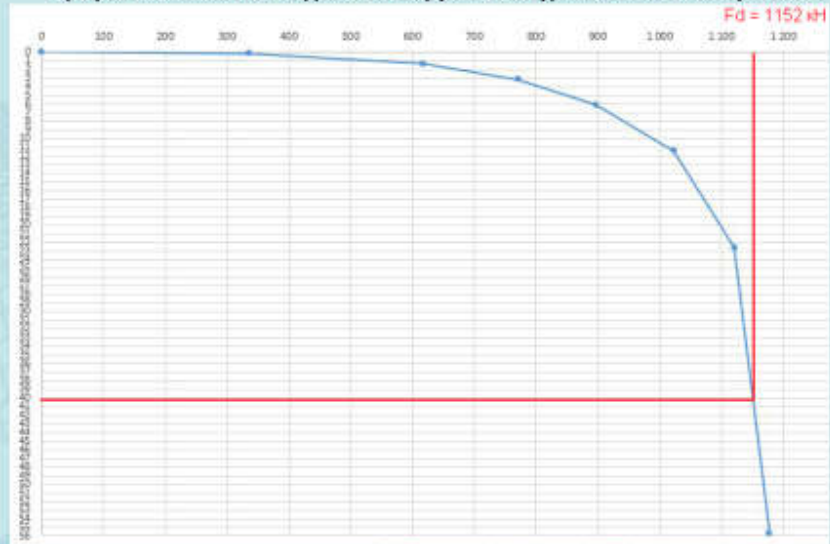
Испытательная установка опоры №31

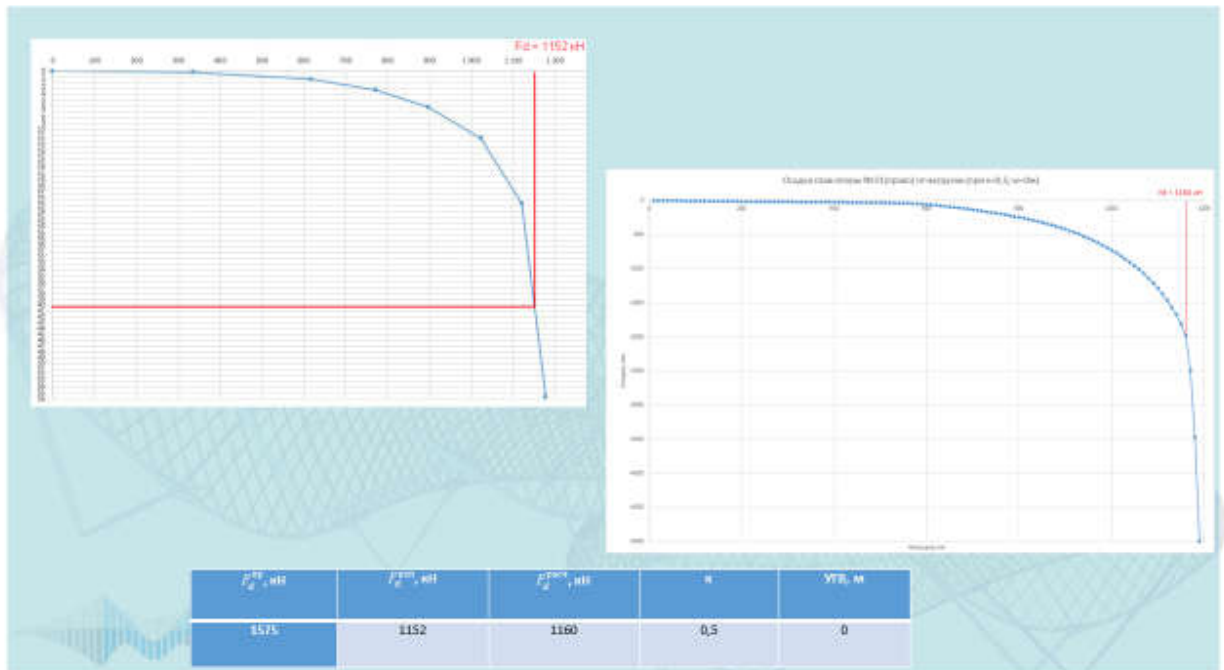
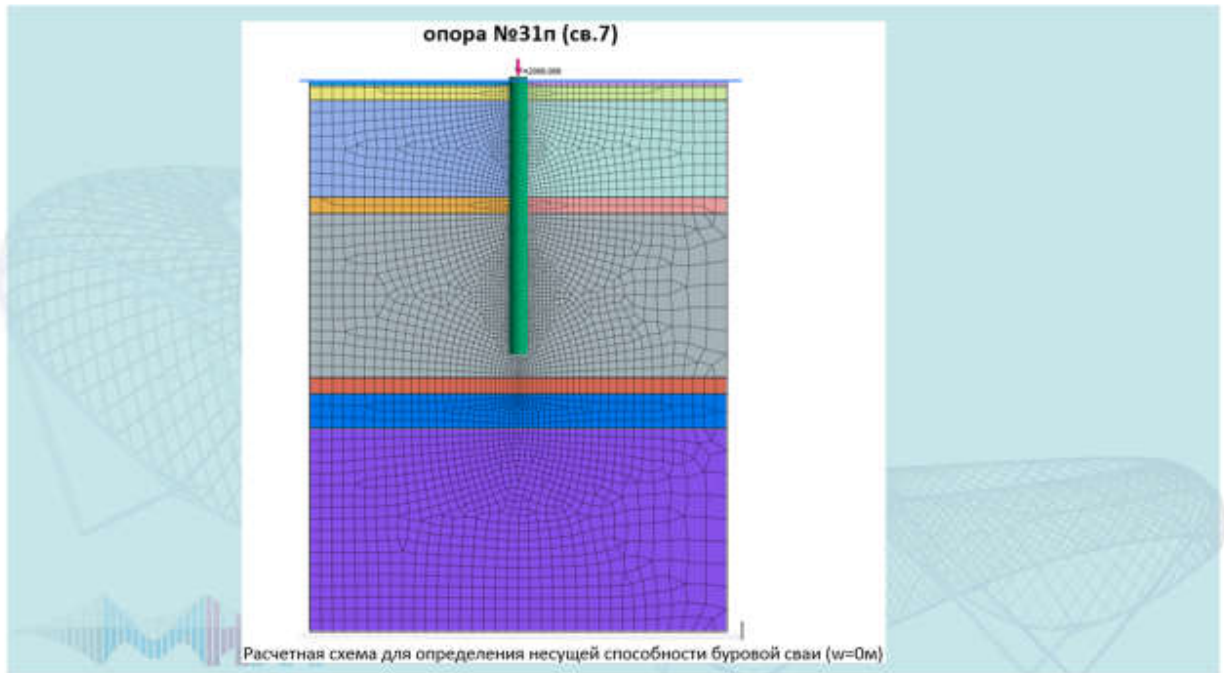
Опора №31

Расположение приборов для испытания и измерения перемещения сваи



График зависимости осадки S от нагрузки P натурной сваи №7 опоры №31







Испытательная установка. Опора №32

Расположение приборов для измерения перемещения сваи. Опора №32

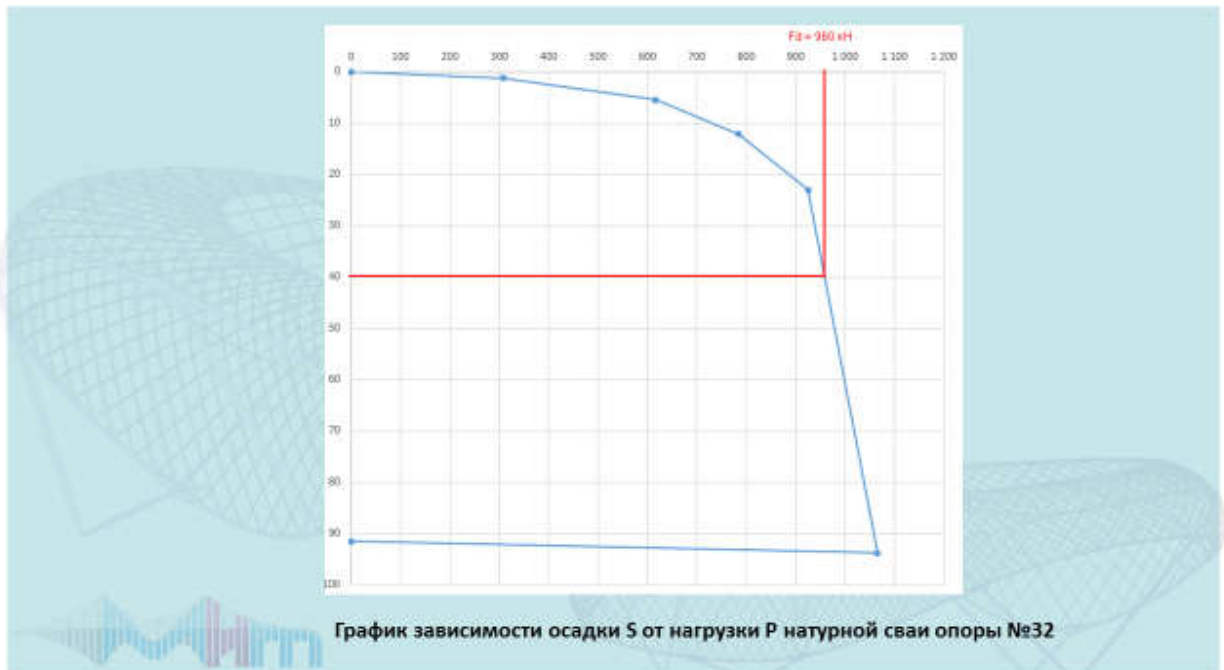
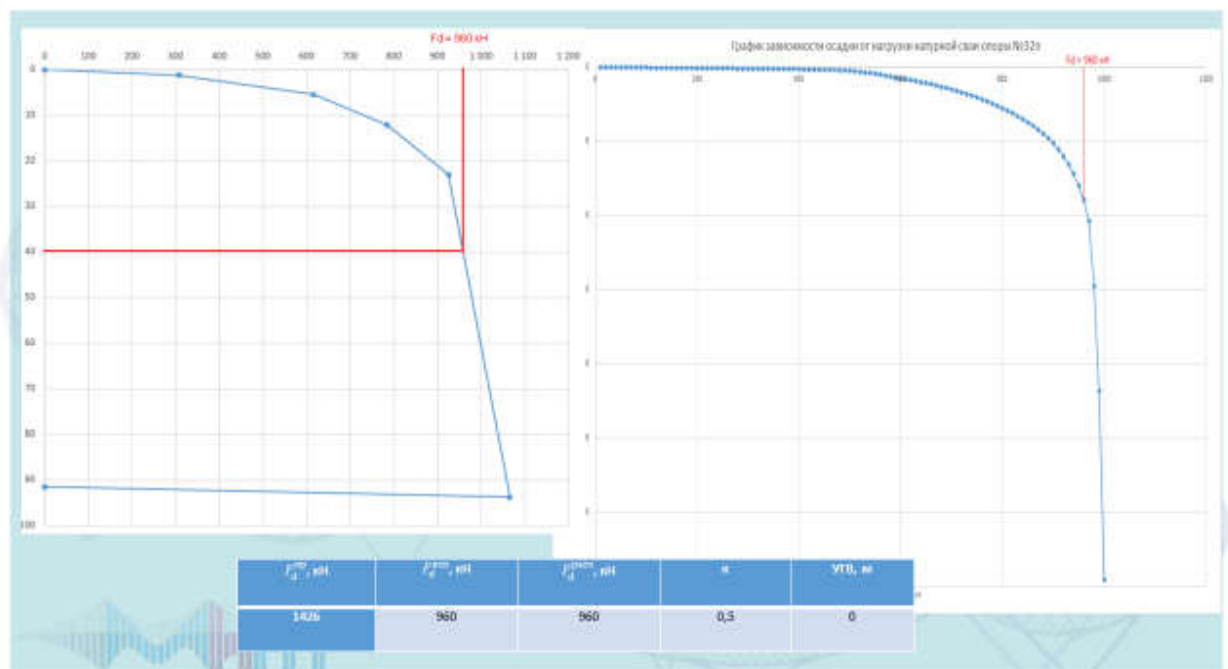
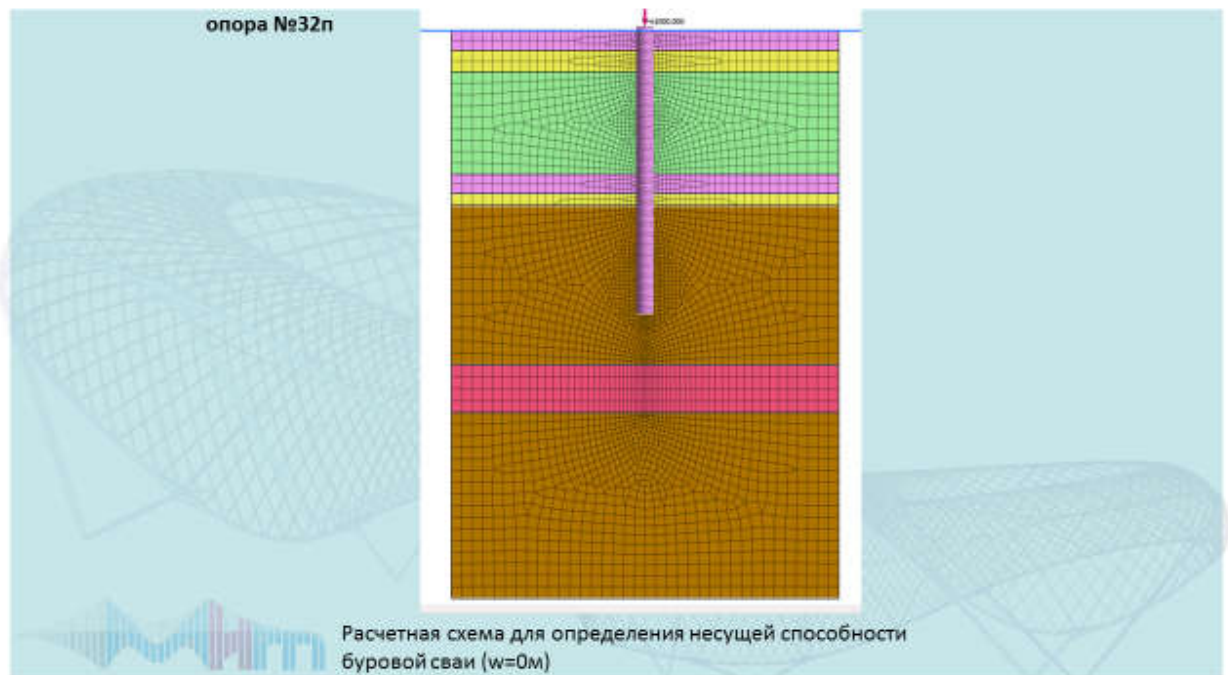


График зависимости осадки S от нагрузки P натурной сваи опоры №32



Выводы

1. Испытания грунтов буровыми сваями на мостовых сооружениях в Республике Беларусь проводились впервые.
2. Предоставленные проектной организацией теоретические (расчетные) значения несущей способности буровых свай, рассчитанные в соответствии с действующими ТНПА, значительно превышают полученные при натурных испытаниях значения.
3. Коэффициенты условий работы грунта на боковой поверхности различаются в различных действующих ТНПА.
При использовании коэффициентов условий работы по ТКП 45-3.03-188 и Пособия П13-01 к СНБ 5.01.01-99 несущая способность получается выше, чем полученная по результатам натурных испытаний. Наиболее близкие значения расчетной и натурной несущей способности были получены при использовании коэффициентов, приведенных в СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции
4. Результаты расчетов показали, что на несущую способность буровой сваи существенное влияние оказывают коэффициенты условий работы грунта на боковой поверхности (трения)
5. Необходимо продолжить исследования несущей способности буровых свай, с учетом влияния грунтовых вод и различных коэффициентов условий работы с внесением изменений в действующие ТНПА

Международная научно-практическая конференция
«BIM-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

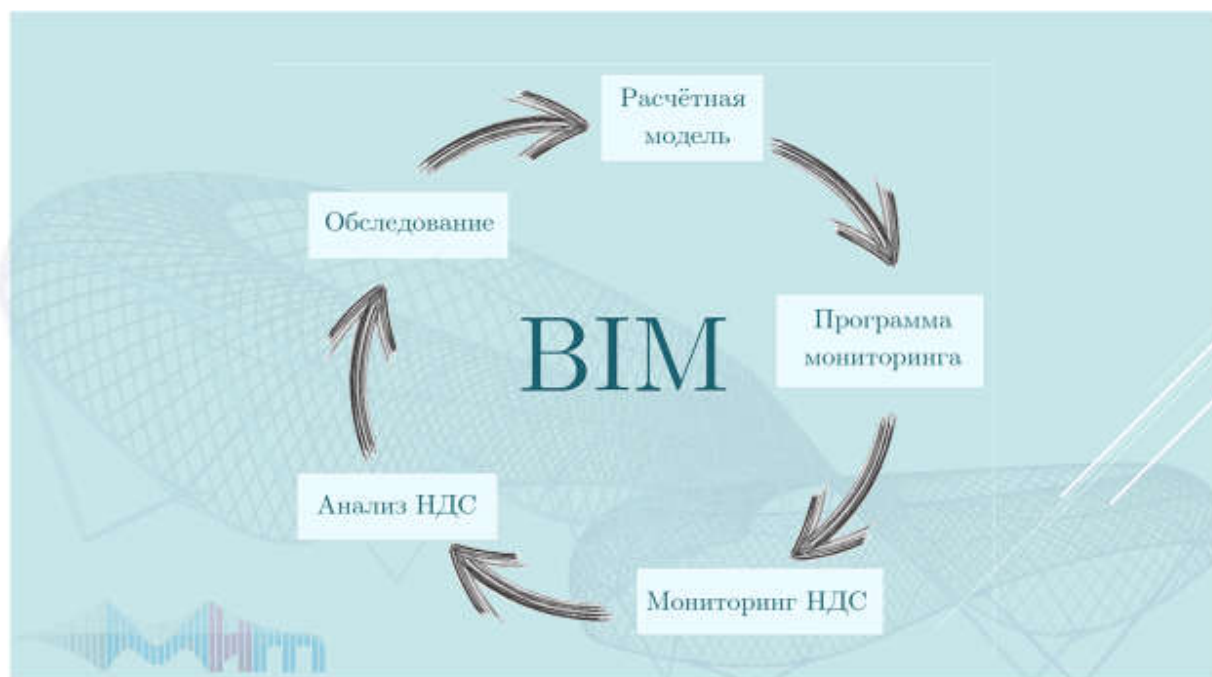
УДК 624

Инновационные решения при мониторинге зданий и сооружений

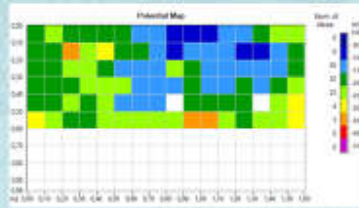
Пастушков Г.П., Шикуть К.К., Пастушков В.Г.

Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ,

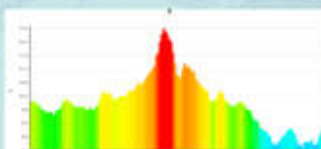
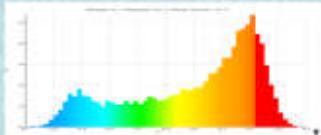
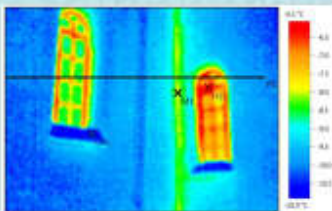
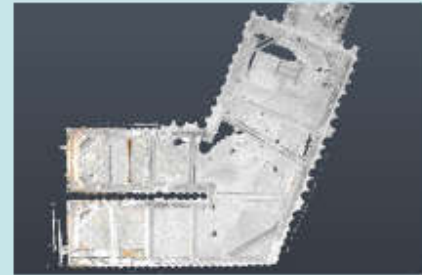
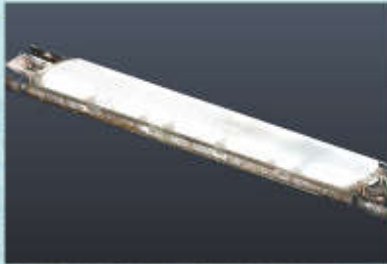
г. Минск, Республика Беларусь



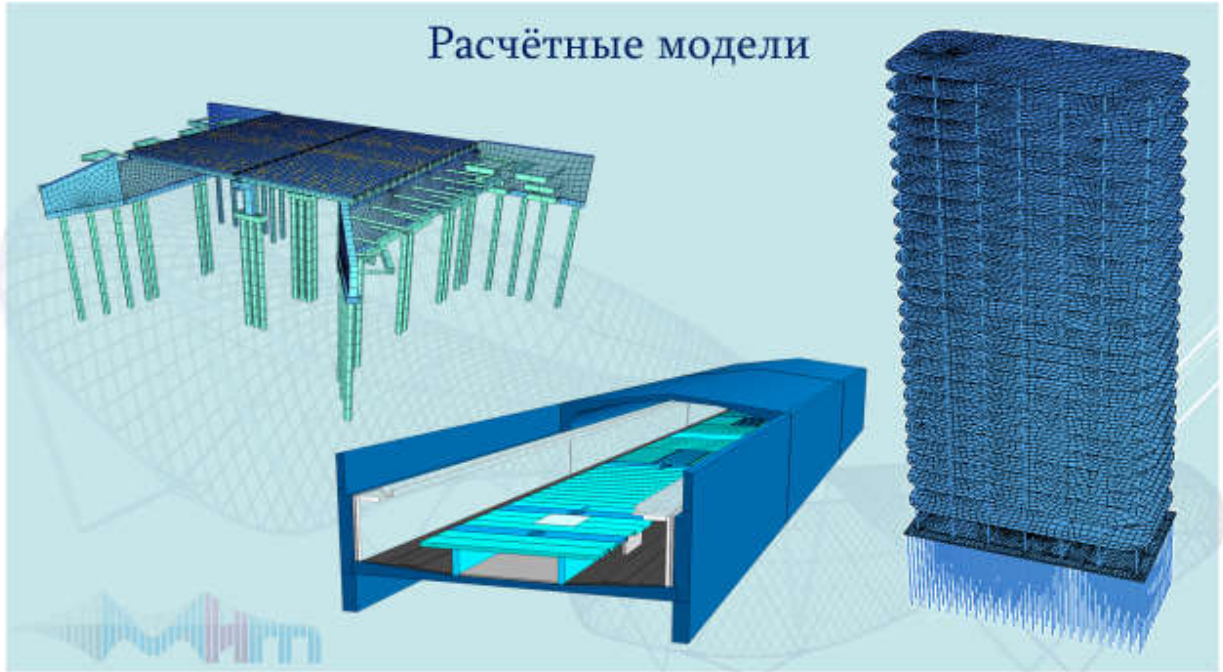
Обследование



3D сканирование и тепловизионные исследования



Расчётные модели



Программа мониторинга



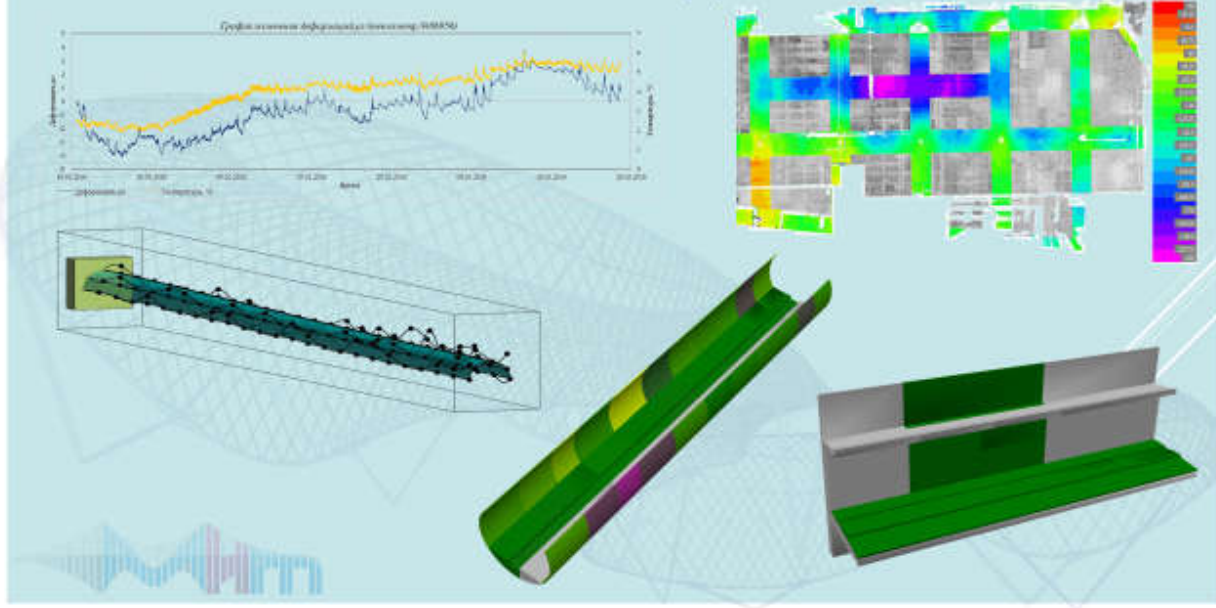
Мониторинг НДС



Мониторинг НДС



Анализ НДС



Международная научно-практическая конференция
«BIM-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.9

Информационное моделирование сборного железобетона с использованием Tekla Structures. Технические и организационные аспекты. Экспорт услуг

Передков И.И.

ОДО «ЭНЭКА»,

г. Минск, Республика Беларусь

Цель выступления

- показать некоторые типы современных сборных железобетонных конструкций
- рассказать о задачах, которые позволяет решить BIM в проектировании таких изделий
- рассказать о некоторых особенностях проектирования для заказчиков в ЕС (экспорт услуг)
- рассказать об интеграции в общий процесс производства, управления жизненным циклом проекта (PLM)
- привлечь внимание к теме и породить дискуссию

Современный сборный и гибридный железобетон

- Позволяет сократить объем работ в построечных условиях
- Максимальная степень готовности конструкций - предусматривается разводка электрики, понижения под готовые сантехнические блоки, крепления строительных ограждений и т.д.
- Унифицируются технические решения, но не сами изделия
- Гибкость, разнообразная архитектура при относительно небольшом количестве типов конструкций
- Применяются изделия Reikko, Halfen, Terwa и подобные (имеются утилиты для расчета, таблицы для подбора изделий и т.д.)
- Параллельное проектирование – производство изделий – строительство
- Информационное моделирование необходимо практически

Примеры зданий



Citypassagen Office Building
Örebro, Sweden, 2017-2018



INHUS administrative building
Vilnius, 2018



Residential Building in Nemencine Highway
Vilnius, 2017



"Gjutformen" residential buildings
Malmö, 2018-2019



Statoil Office Building
Harstad, Norway, 2015

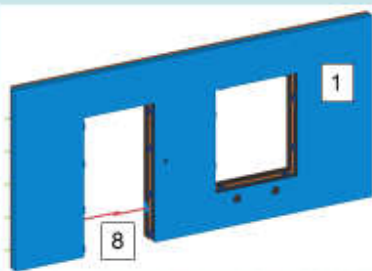


Ikea Development Center
Älmhult, Sweden, 2012-2013

Стеновые панели

1. Однослойные, двух- или трехслойные, в т.ч. с декоративными поверхностями в опалубках типа Reckli
2. С проемами и отверстиями различной конфигурации или без них, с деталями для крепления оконных и дверных блоков
3. С бортом для устройства гибридного перекрытия или замоноличивания стыка пустотных плит (или без борта)
4. С электрическими коробками и каналами
5. Устанавливаются на анкеры, в т.ч. через башмаки типа Peikko Sumo
6. Имеют в верхнем торце соединения типа Peikko Jenka для анкеров под вышележащие панели
7. Узел стыка панелей – на тросовых PVL-петлях
8. При необходимости предусматриваются дополнительные закладные детали (например, для транспортировочных распорок в проемах)
9. Предусматриваются крепления строительных ограждений в верхнем торце

Стеновые панели



Маркировка – индивидуальная

Например, ХХУУ11-22-333

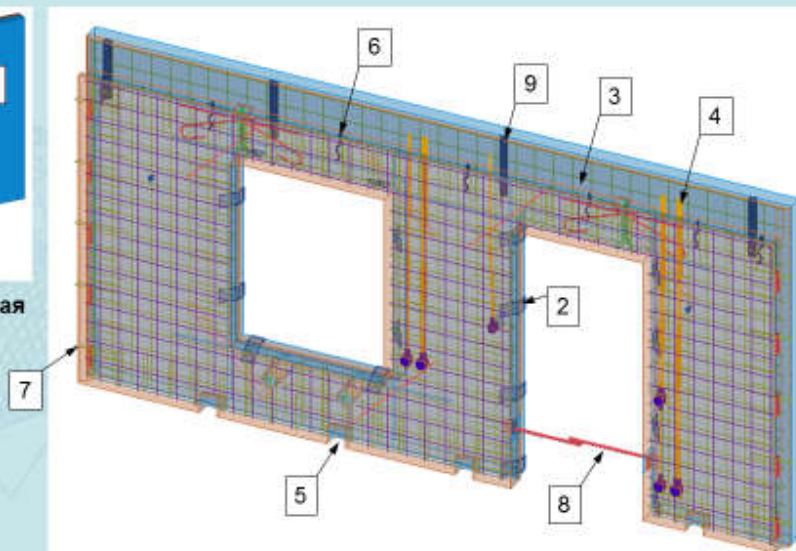
ХХ - шифр объекта

УУ - тип конструкции

11 – секция здания

22 – ярус

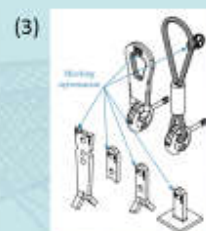
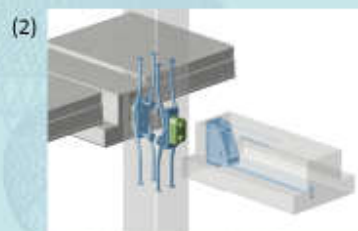
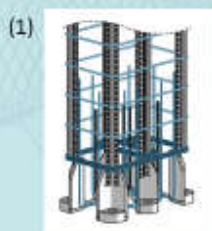
33 – номер изделия



Сборные колонны



- Разная длина (этажность) и сечения
- Устанавливаются как на одиночный анкер, так и на изделия типа Peikko HPKM, PEC (1)
- Могут иметь короткие и длинные бетонные консоли
- Могут иметь скрытые консольные выступы типа Peikko PCs Corbels (2)
- Могут иметь закладные детали для крепления других конструкций (например, связей)
- Верхний торец может быть решен плоской закладной деталью
- Снабжаются подъемными устройствами (3)
- Маркировка колонн – индивидуальная, без унификации



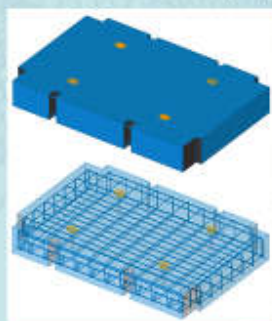
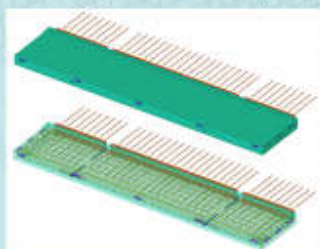
Ригели, балки

- Широко используются стальные HQ-балки и конструкции типа Peikko Deltabeam
- Устанавливаются на консоли или торцы колонн и стен на шпильки через неопрен или тефлон, либо навешиваются на скрытые консоли типа Peikko PCs
- Бетонные балки могут иметь полки для укладки пустотных плит или filigree, предназначаться для устройства гибридных конструкций (бетонируются сверху)
- Ригели и балки предусматривают устройство связевой системы, имеют соответствующие крепления либо отверстия для пропуска арматурных стержней



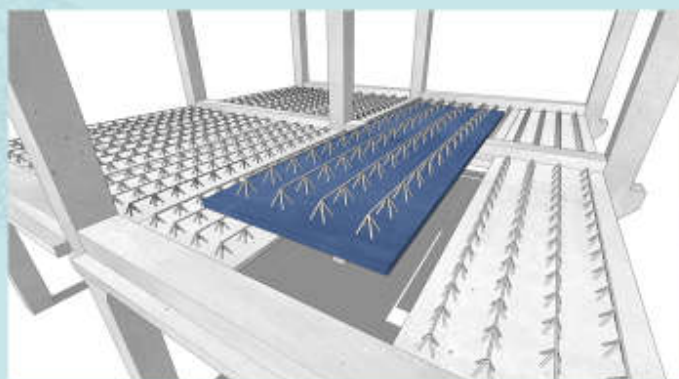
Пустотные и массивные плиты, балконы

- Пустотные плиты различных толщин (чаще – 200 .. 400 мм), цельные по ширине и подрезные
- Отверстия в пустотном перекрытии устраивается при помощи балок Peikko Petra
- В местах, где нельзя уложить пустотную плиту, монтируется массивная плита
- Балконы формируются с капельниками, уклоном верхней грани, деталями крепления ограждений
- Балконы навешиваются на изделия типа Peikko PS (для сборных перекрытий) либо на изолированные соединители типа HALFEN HIT (гибридные и монолитные плиты)



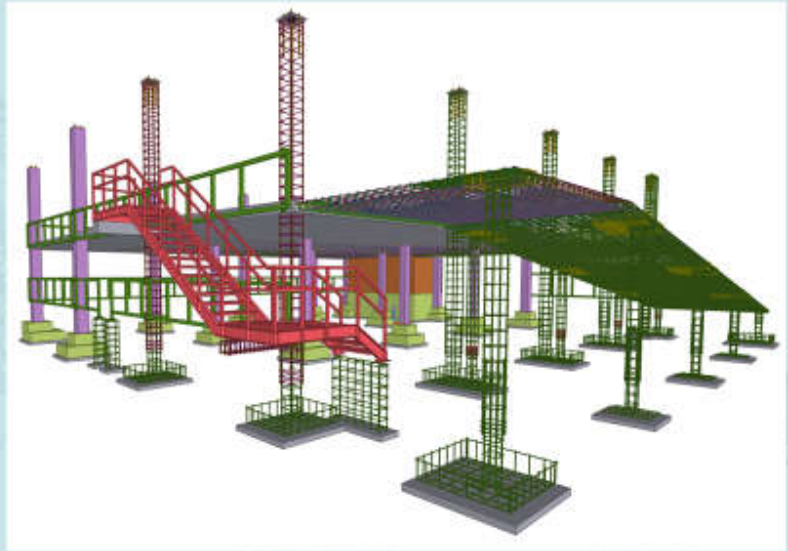
Гибридные перекрытия

- Гибридные перекрытия – по плитам Filigree (выполняют функцию несъемной опалубки и содержат нижнее армирование, электрические коробки, легкобетонные вкладыши, крепления строительных ограждений)
- В монолитной части содержится все остальное армирование, стыки Filigree перекрываются сетками или отдельными стержнями
- Треугольные каркасы (гирдеры) обеспечивают прочность тонкой плиты (50..70 мм) при монтаже, на них же настилается верхняя сетка плиты.
- Bubble deck – (пустотная монолитная плита) – разновидность Filigree с пустотообразователями, закрепленными между гирдеров



Прочие конструкции

- Элементы монолитного каркаса (колонны, диафрагмы, перекрытия, цокольные и подпорные стены)
- Монолитные лестницы
- Крыльца, приямки, перемычки и др.
- Стальные конструкции
- Закладные детали
- Конструкции из других материалов



Для чего нам BIM?

Сначала:

- Более высокая наглядность процесса проектирования
- Новизна

Затем:

- Оценка ТЭП конструктивного решения на ранних этапах, выбор оптимального решения, удобный подсчет объемов на каждой стадии
- Более высокая «продуманность» и «отсмотренность» решений
- Скорость внесения изменений

Теперь:

- Новые объемы работ, новые рынки
- Интеграция в процесс управления жизненным циклом и производством в частности

Дальше:

- Работа с данными имеет огромный практический и научный потенциал
- Leap, экономия ресурсов

Экспорт услуг

- Специфика работы – разделение на роли (расчет, моделирование, оформление чертежей)
- Только легальное ПО
- Обдуманый выбор лицензии, конфигурации
- Работа в многопользовательских моделях
- Страхование
- Интеграция в общую систему управления проектом
- Язык коммуникации - английский
- Опыт, который полезен на домашнем рынке



Как мы взаимодействуем с коллегами в ЕС?

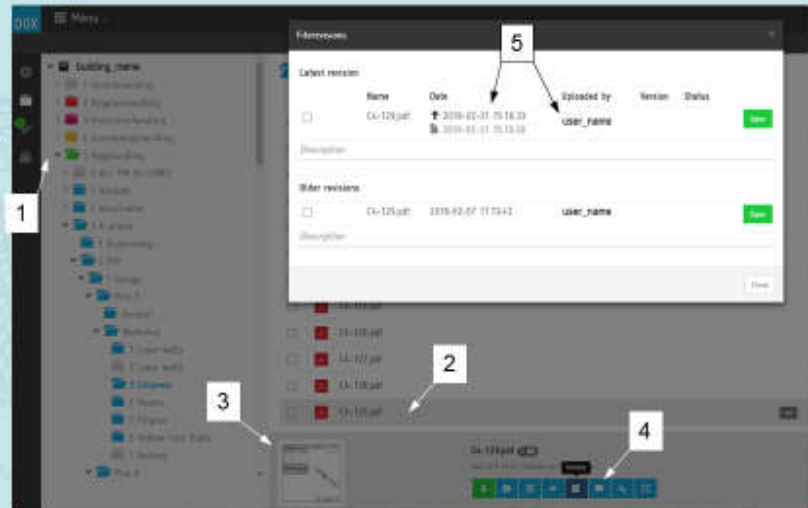
- Работа в OpenBIM – каждый специалист делает модель в удобном ему софте, но передает ее коллегам в формате .IFC (модель размещается в географических координатах, базовая точка у всех одна).
- Для публикации данных по проекту используем облака (сервисы типа DOX, BOX или IBINDER). Только опубликованный в облаке документ считается готовым. Использование сервиса обязательно по договору.
- Для решения текущих вопросов используем сервисы типа BIMCOLLAB, электронную почту. Своевременная публикация вопроса в BIMCOLLAB или вовремя отправленный Email позволяют предотвратить ошибку или по крайней мере не получить штраф.
- Tekla Bimsight + Ножницы + Paint + Skype
- Английский язык переписки и совещаний



Сетевая папка проекта (BOX, IBINDER и т.п.)

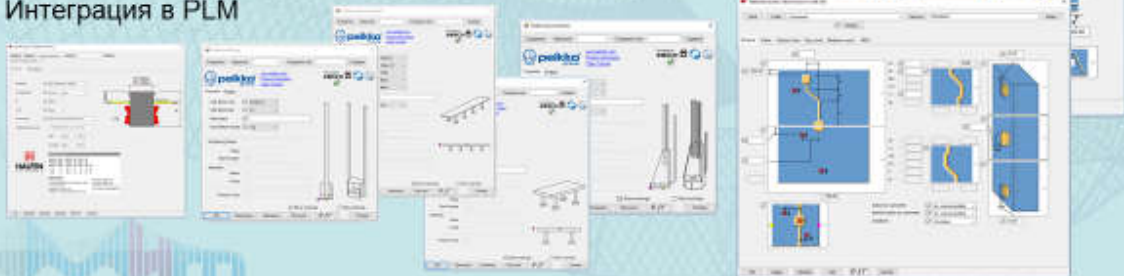
1. Стадии и разделы проекта
2. Файл в своей директории
3. Предпросмотр
4. Скачать, отредактировать информацию и метаданные, оставить комментарий или поделиться ссылкой
5. История версий, кто и когда создал и опубликовал файл

Все файлы проекта хранятся централизованно, всегда доступна актуальная версия, возможно проследить изменения, полномочия участников проекта дифференцированы



Выбор ПО

- Специализированный софт лучше подходит для решения узких задач (функциональность ИЗ КОРОБКИ)
- Софт, востребованный вашим заказчиком и рынком
- ПО с объективными преимуществами
- Качество технической поддержки и развитие от версии к версии
- Экономическая целесообразность, стоимость лицензии
- Интеграция в PLM



Выводы

- BIM -> PLM – управление жизненным циклом проекта (Project Lifecycle Management)



- Современные технологии делают доступными новые рынки, меняются взаимодействия между специалистами
- На первом месте – знание ТНПА и квалификация инженера
- Практический результат получается при решении практических задач
- Каждый рынок специфичен, готового "BIM – стандарта", который можно взять и перевести, нет, но отдельные вещи могут быть аккуратно и обдуманно заимствованы
- Цель "внедрения" BIM – бережливое производство
- Информационное моделирование и разработка проектной документации – разная работа

Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624

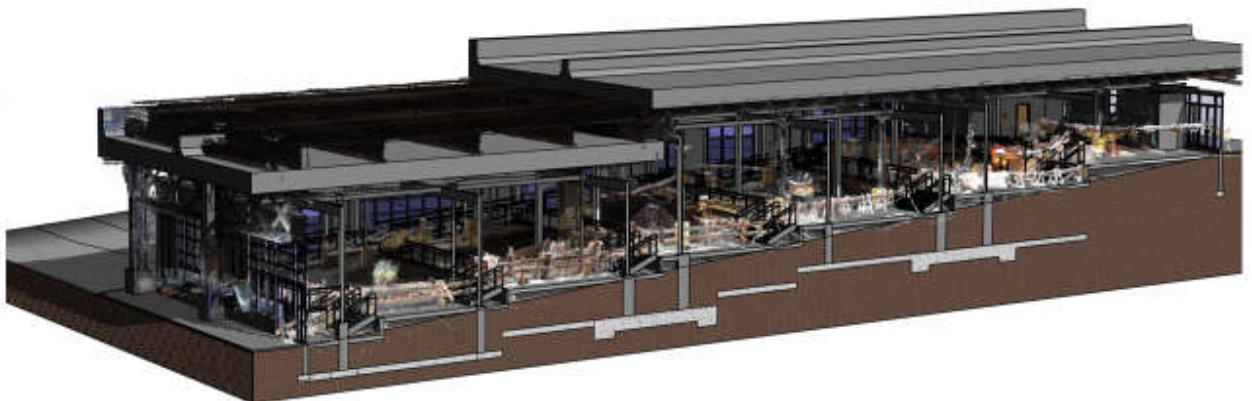
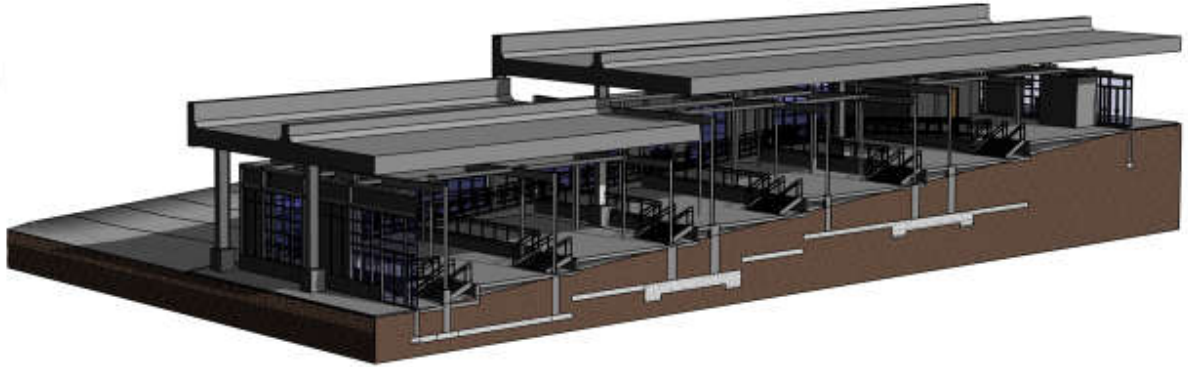
Контроль за возведением сооружения на основе автоматизированного
сравнения информационной модели и облака точек

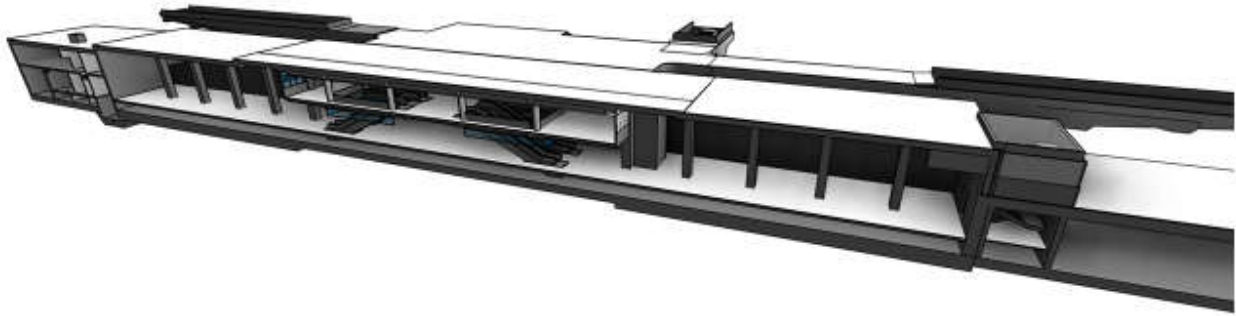
Петров М.П.

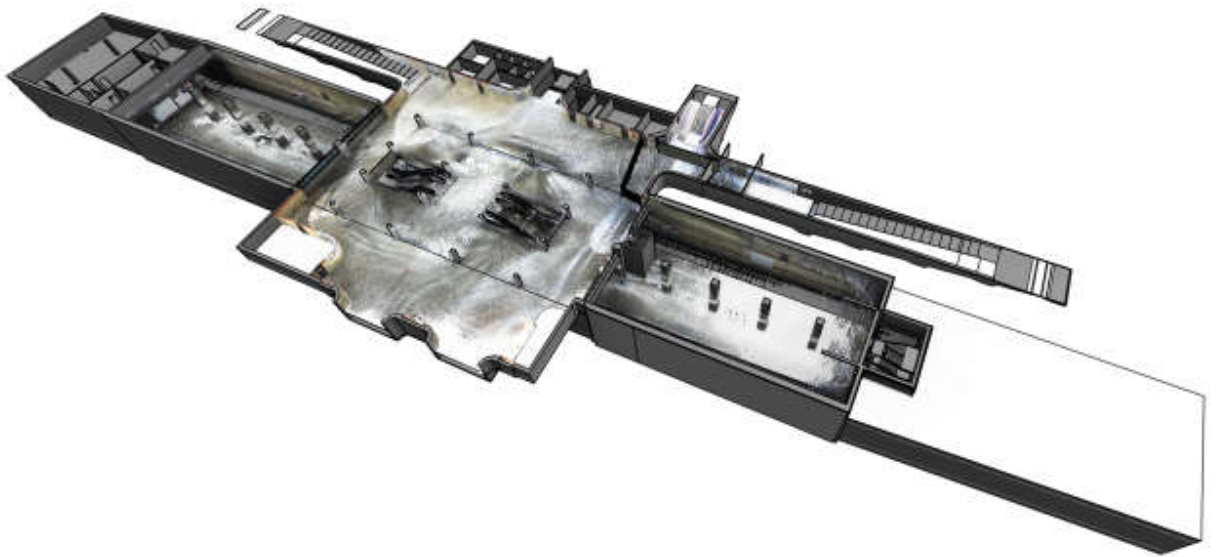
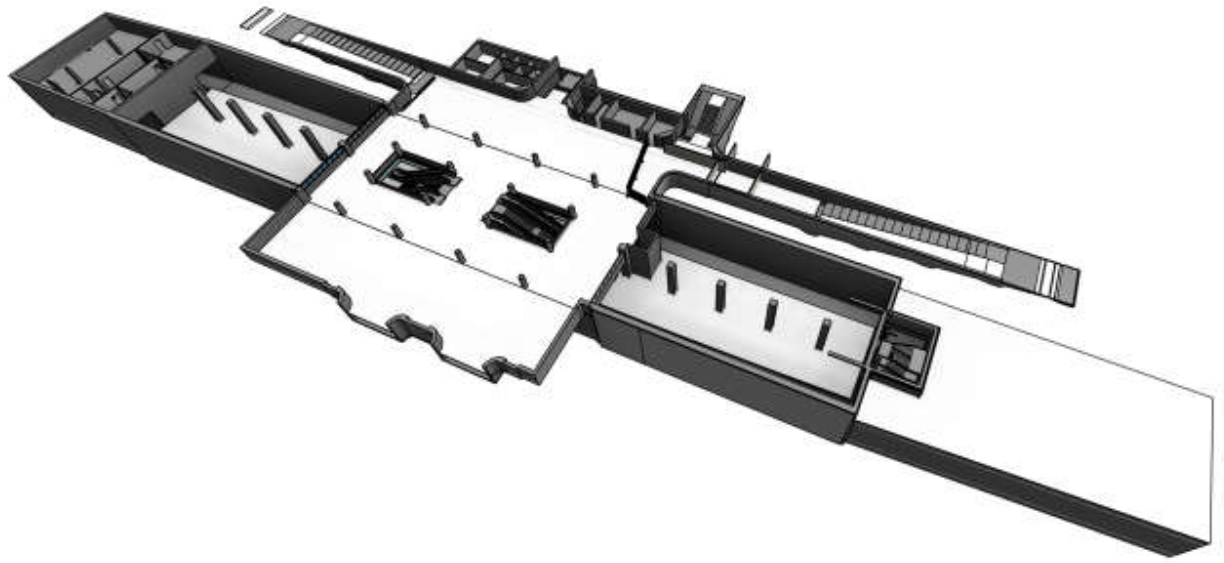
Кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ,

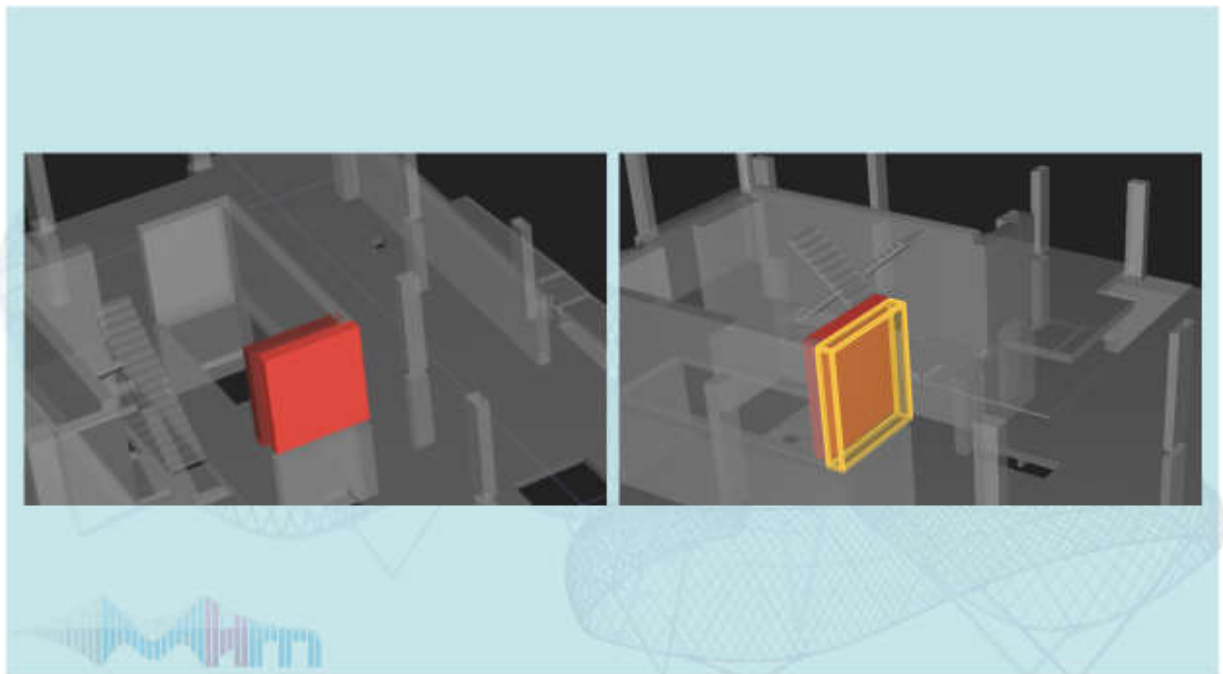
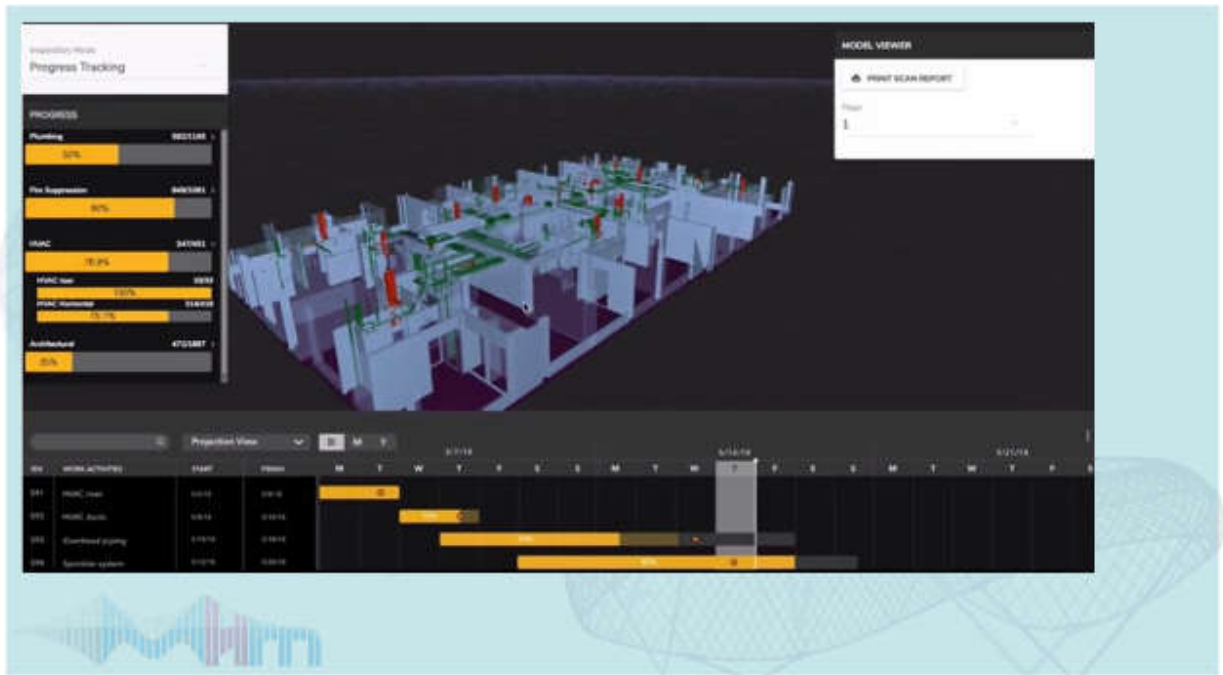
г. Минск, Республика Беларусь











Международная научно-практическая конференция
«BIM-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.21

BIM из Германии для проектирования зданий и сооружений

Товстопят Е.И.

Allbau Software GmbH,

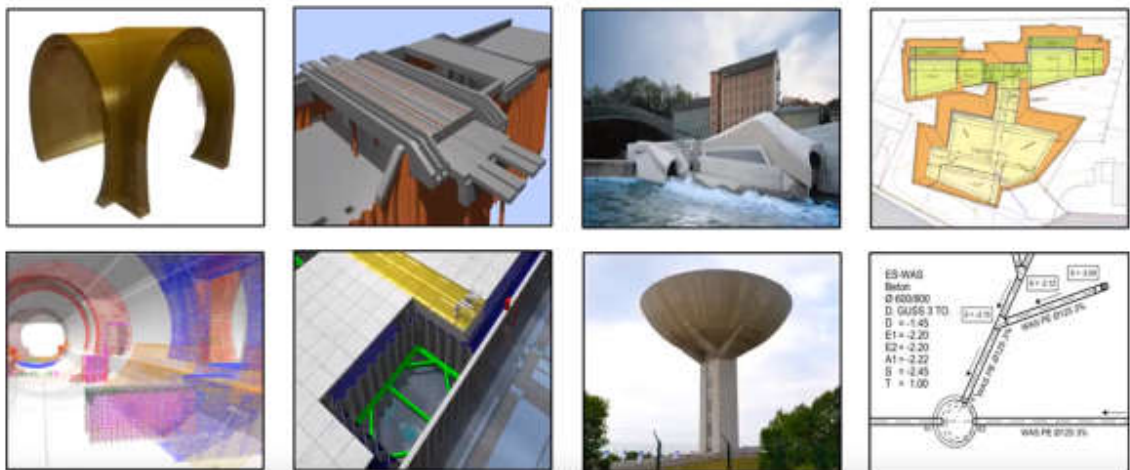
г. Киев, Украина



Примеры реализованных проектов



Сложные инженерные конструкции



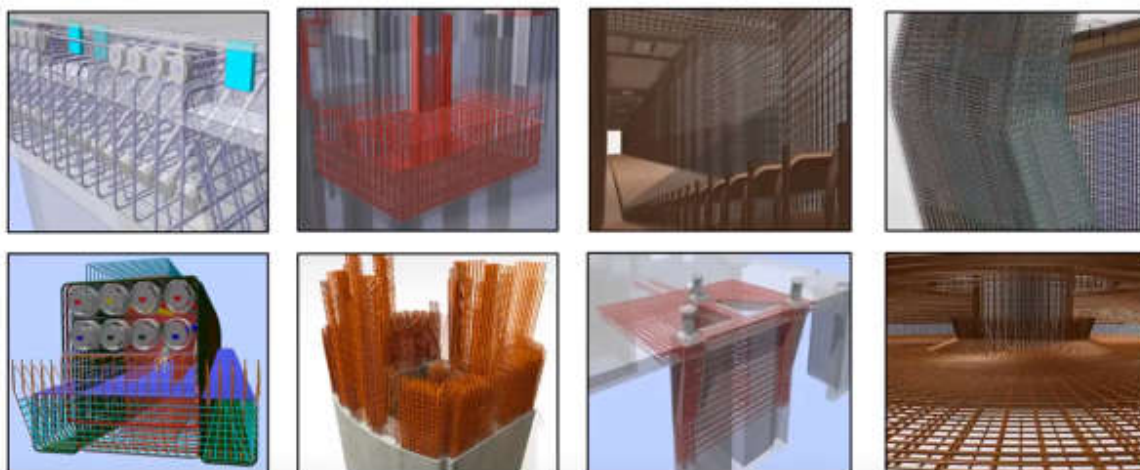
Тоннели

Сложные инженерные конструкции

Водонапорные Башни

План зем. Масс/ Дренажные системы

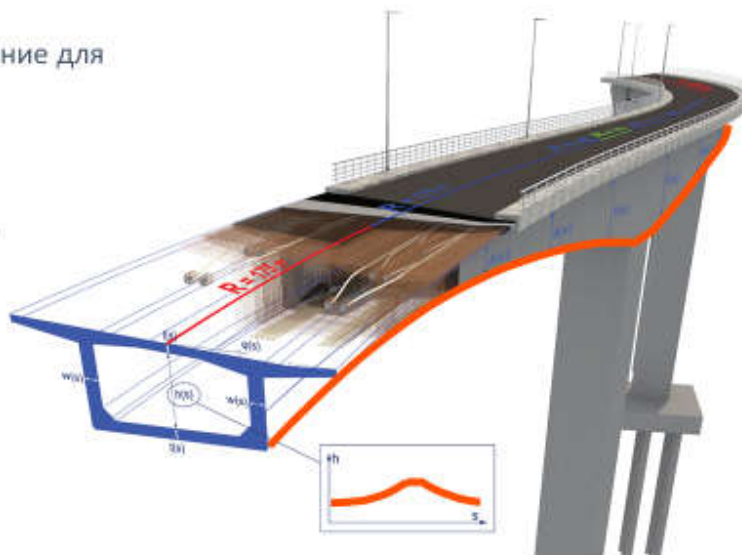
Детализация армирования в Allplan КЖ



Allplan Bridge

Профессиональное BIM – решение для проектирования мостов

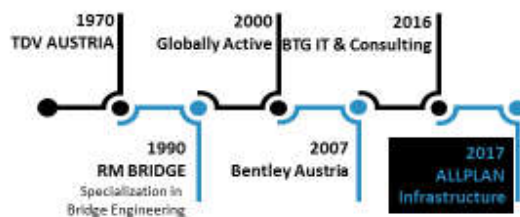
Allplan Мосты был разработан совместно с признанными экспертами в области мостостроения ALLPLAN Infrastructure GmbH. Сотрудничество предоставит лучшие в своем классе решения и консалтинговые услуги, которые позволят клиентам ALLPLAN еще ускорить внедрение своих инноваций и оптимизировать процессы планирования с точки зрения качества, сроков и эффективности.



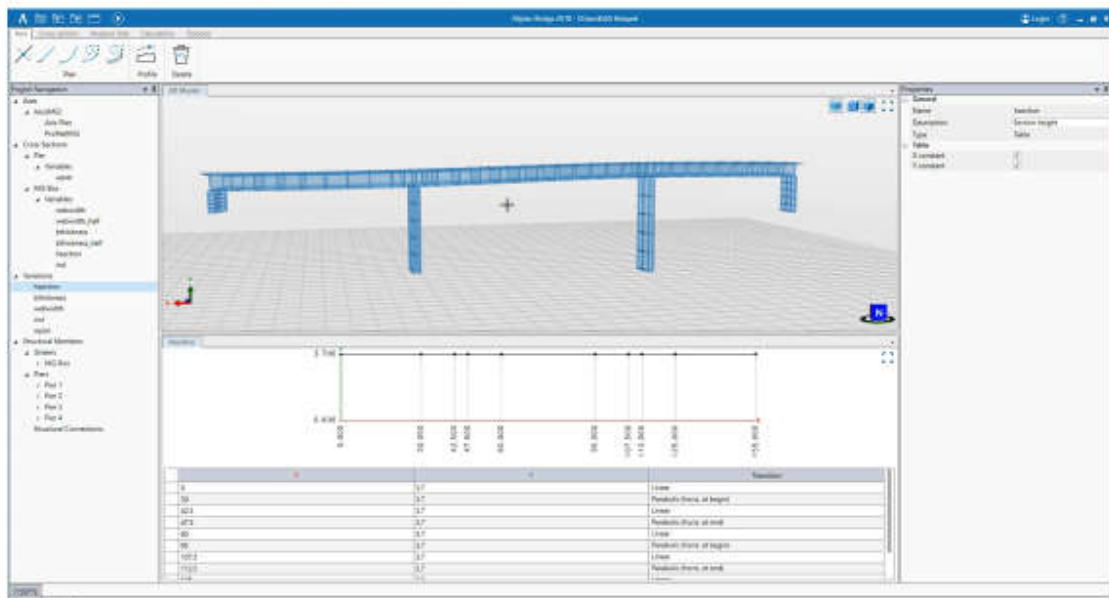
ALLPLAN Infrastructure - опыт

годы опыта (>40)

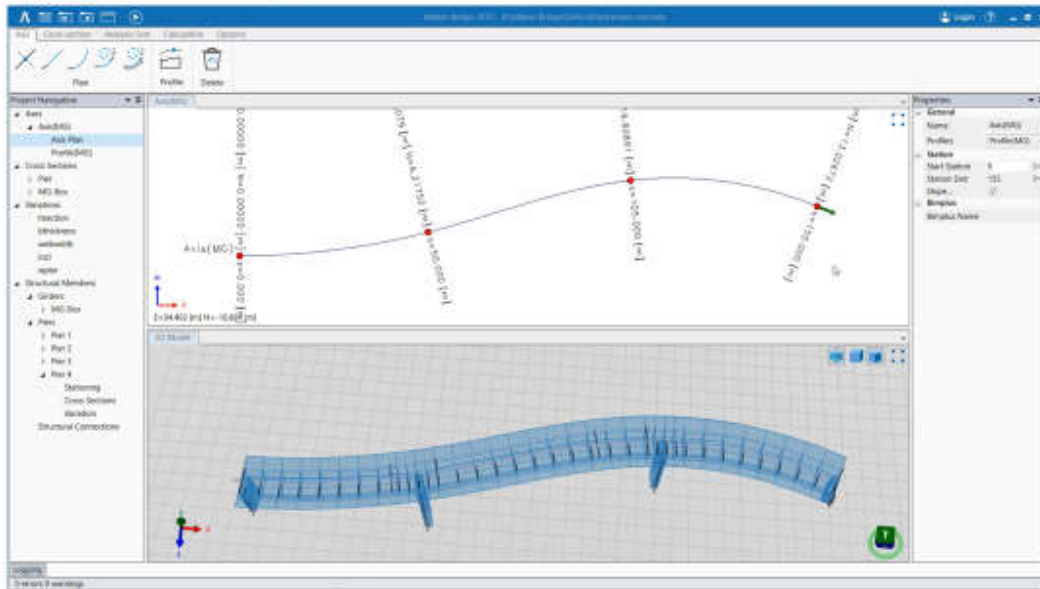
- Исследование & Развитие ПО
- Консалтинг & Техническая поддержка
- Маркетинг & Продажа



Гибкое управление изменениями в геометрии – Поперечное сечение



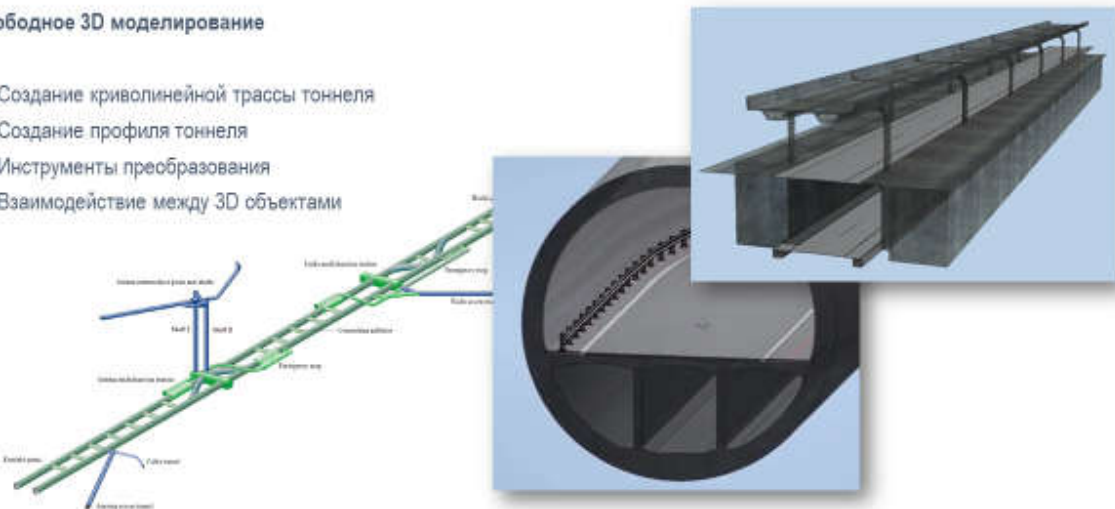
Гибкое управление изменениями в геометрии



Создание тела тоннеля инструментами Allplan

Свободное 3D моделирование

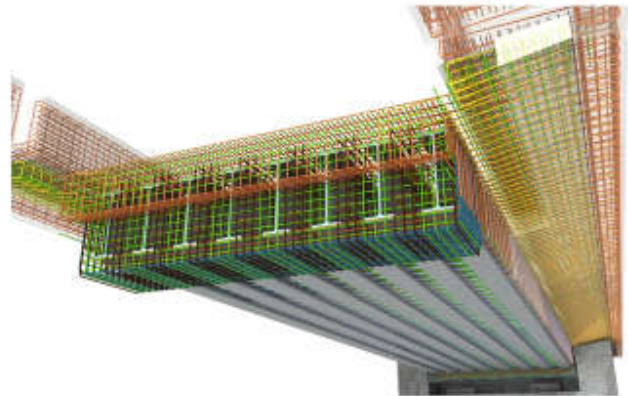
- Создание криволинейной трассы тоннеля
- Создание профиля тоннеля
- Инструменты преобразования
- Взаимодействие между 3D объектами



Allplan КЖ

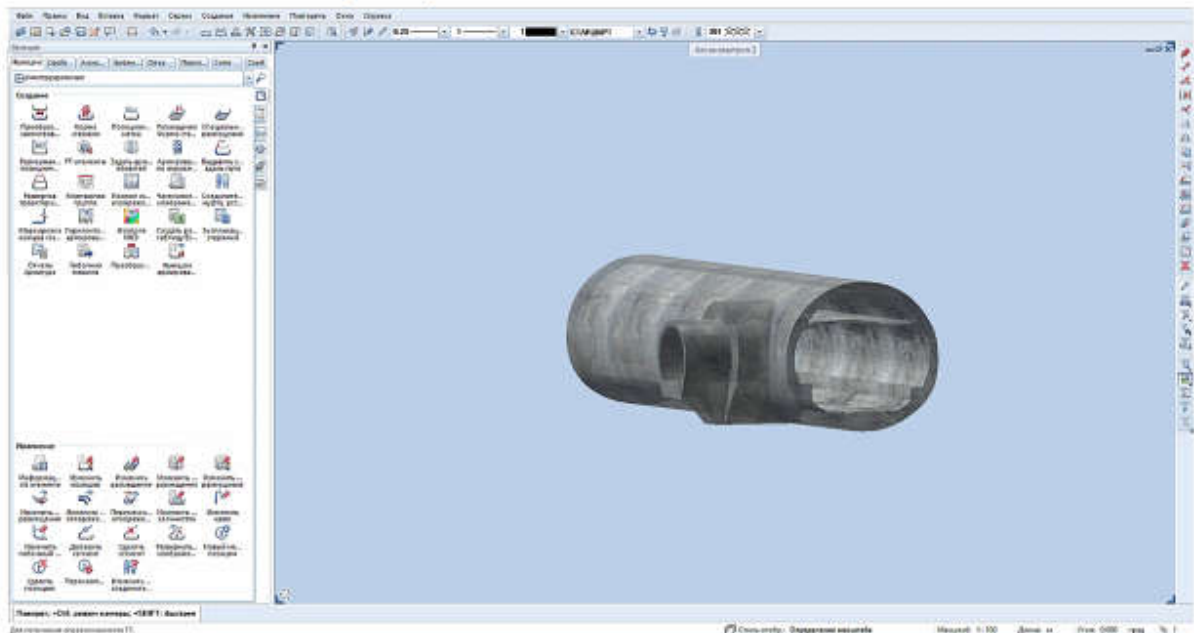
Преимущества цифровой модели в Allplan КЖ

- 3D детализация
- Армирование: Преднапряженная арматура
- Обнаружение коллизий
- Интерполяция хомутов
- Ассоциативные экспликации
- Документация
- Open BIM
- Повышение качества
- Экономия времени и денег

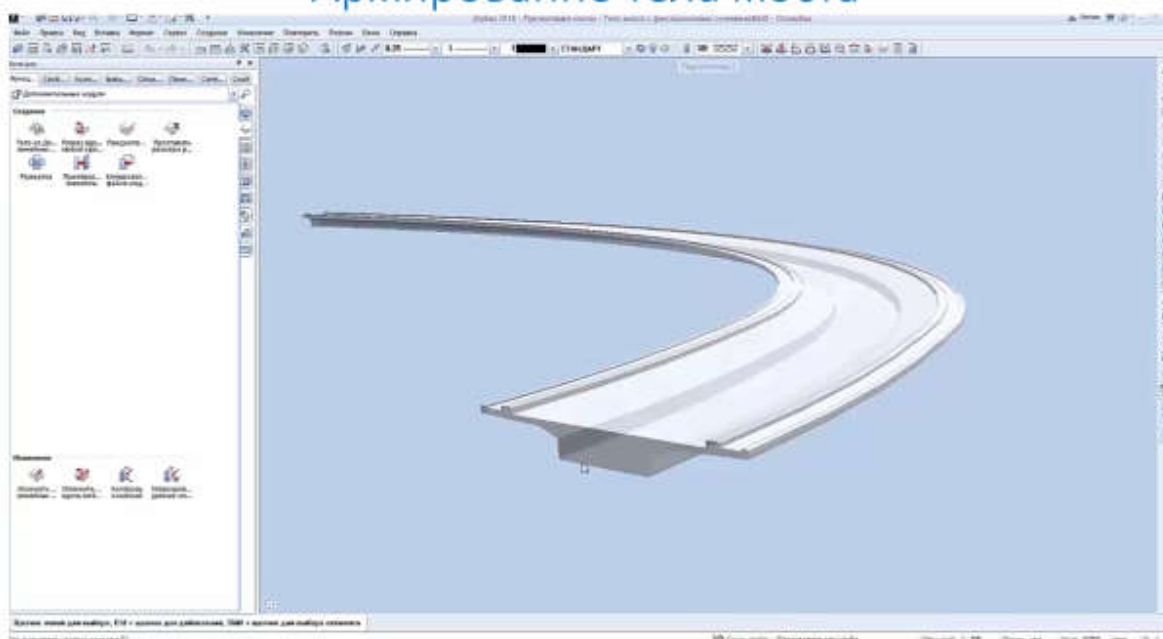


Железнодорожный мост, Jürgen Wolf Baukonstruktion, Берлин, Германия

Армирование тела тоннеля



Армирование тела моста



Мост Queensferry Crossing, Эдинбург/Шотландия



Мост Тамина, Швейцария



Тоннель Сен-Готтард, Швейцария

Генплан, опалубка и армирование в Allplan

- Длина: 57 километров (самый длинный железнодорожный тоннель в мире)
- Продолжительность проезда через тоннель: 20 минут для пассажирских поездов
- Максимальная скорость : Пассажирских поездов до 200 км/ч
- Максимальная глубина заложения: 2,450 метров
- Время потраченное на строительство: 17 лет
- Объем разработанного грунта: 28 млн. тонн
- Участвовало в строительстве: 2,600 человек
- Введен в эксплуатацию: Декабрь 11, 2016



Международная научно-практическая конференция
«ВІМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.21

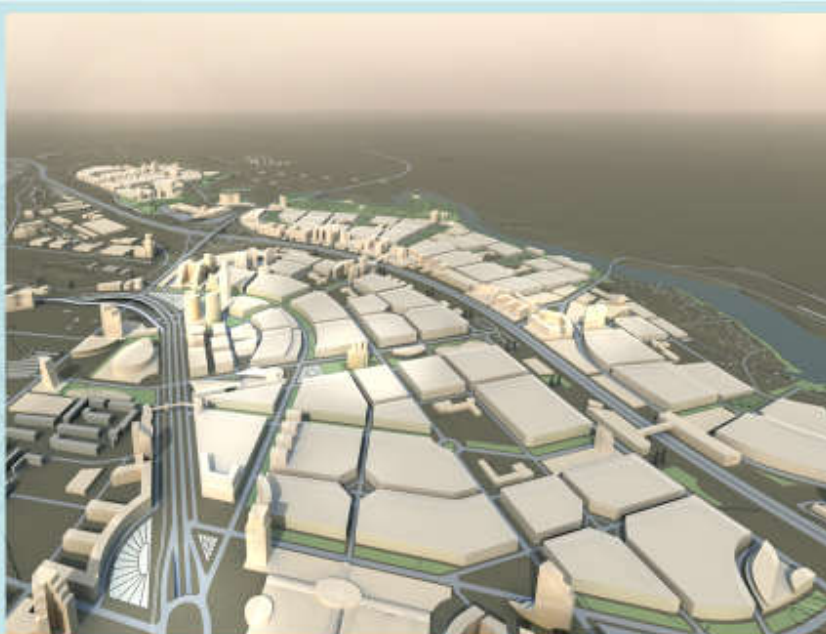
Опыт применения ВІМ при проектировании, строительстве и эксплуатации
линейных сооружений

Утенков О.В., Ульянова А.С

ООО «ЦКМ»,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

ООО «ЦКМ» была разработана проектная, а так же рабочая документация на строительство целой сети автомобильных дорог в жилом комплексе «Цветной город» – который на данный момент является одним из самых масштабных проектов комплексного освоения территории, которые реализуются в Санкт-Петербурге.



Исходя из большого объема работ, проектирование и строительство автомобильных дорог были разделены на 2 крупномасштабных этапа – Восточный и Западный районы Цветного города, разделяемые между собой кольцевой дорогой Санкт-Петербурга.



Общая протяженность запроектированной дорожной сети составляет 19 км из которых 10 км приходится на магистральные улицы. И 9 км улицы местного значения.
Общая площадь строительства более 60га.





Проектом предусмотрено строительство 4 магистральных улиц и 5-ти улиц местного значения. Улично-дорожная сеть объединяется между собой 19-ю перекрестками. Так же для предоставления доступа населения к жилым домам устроено более 75 въездов во внутриквартальную территорию. Проектом предусмотрено 28 автобусных остановок общественного транспорта.

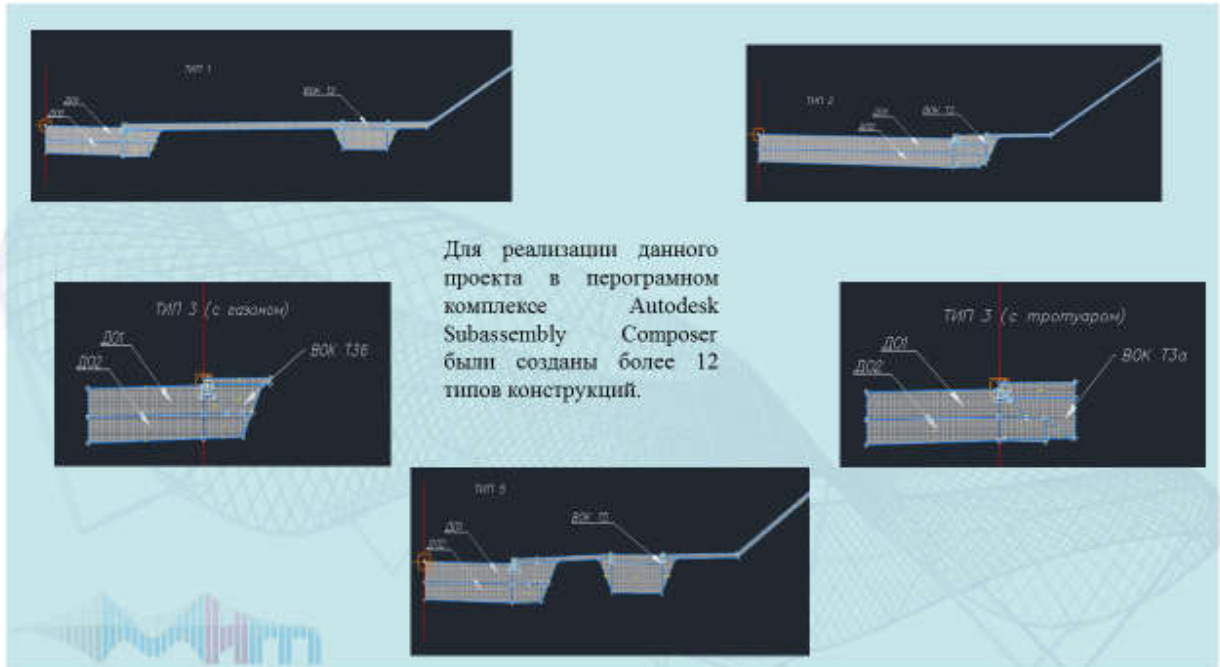


За время разработки документации – 2 года. Кардинально менялись планировочные решения 3 раза. Запроектированным улицам уже даны названия.



Конструкция дорожной одежды на магистральных улицах.

Для реализации данного проекта в перограмном комплексе Autodesk Subassembly Composer были созданы более 12 типов конструкций.

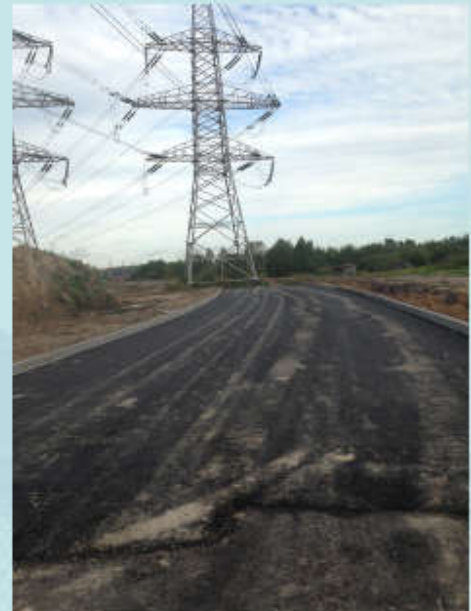




В настоящее время выполняется реализация данного проекта.



Строительные коллизии



Капитальный ремонт моста через реку Галинка



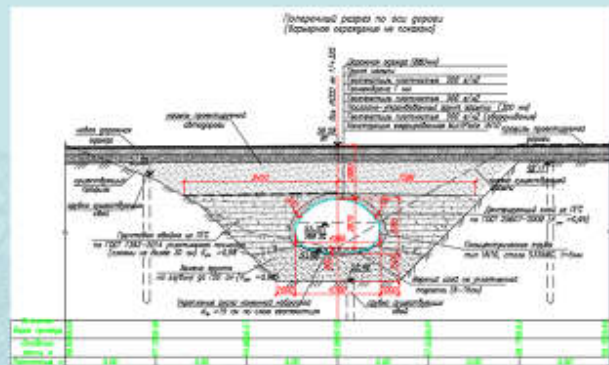
До капитального ремонта



После капитального ремонта

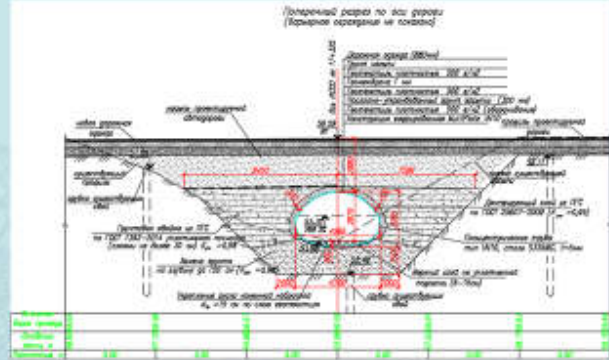


Труба из гофрированного металла сложно полицентрической формы

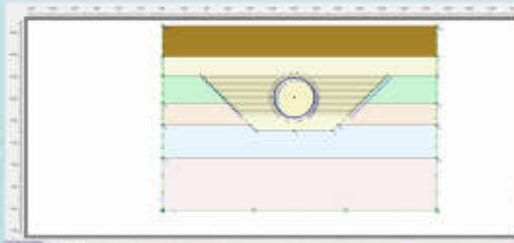


Произведен расчет осадки насыпи после монтажа конструкции. Так же проверены внутренние усилия, возникающие в конструкции и проверить расчет производителя

Труба из гофрированного металла сложно полицентрической формы



Произведен расчет осадки насыпи после монтажа конструкции. Так же проверены внутренние усилия, возникающие в конструкции и проверить расчет производителя



Физико-механические характеристики грунтов присвоены на основании результатов инженерно-геологических изысканий

PLANS - Finite Element Code for Soil and Rock Analysis

Project description: **PLANS 0.1**

User name: **Светлана Мельникова**

Project name: **Трасса**

Date: **12.11.2016**

Sheet: **1** of **1**

ID	Name	Type	EA	ET	ν	γ	γ _{sat}	γ _{sub}	γ _{sub}	γ _{sub}	γ _{sub}	γ _{sub}	γ _{sub}
1	грунт	Soil	20000	100000	0.3	18	18	18	18	18	18	18	18

PLANS - Finite Element Code for Soil and Rock Analysis

Project description: **PLANS 0.1**

User name: **Светлана Мельникова**

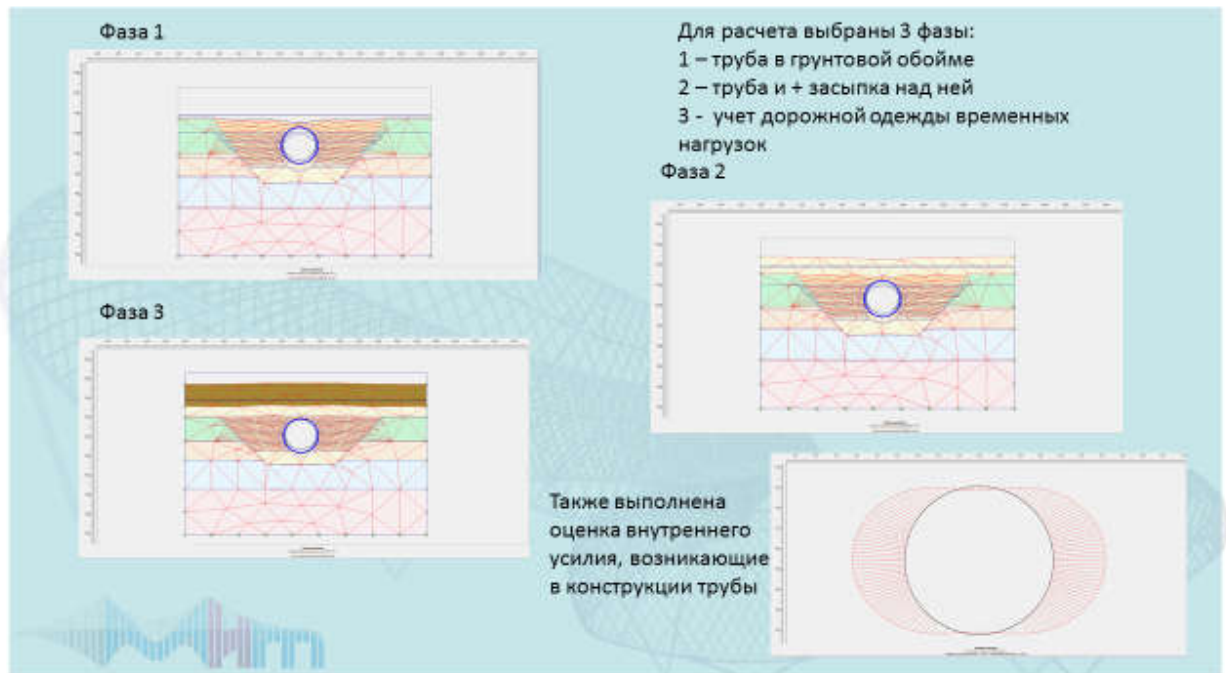
Project name: **Трасса**

Date: **12.11.2016**

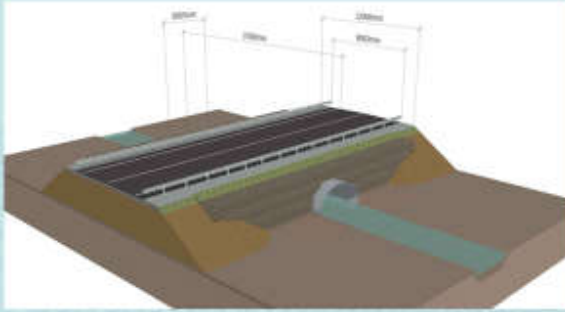
Sheet: **1** of **1**

ID	Name	Type	EA	ET	ν	γ	γ _{sat}	γ _{sub}	γ _{sub}	γ _{sub}	γ _{sub}	γ _{sub}	γ _{sub}
1	грунт	Soil	10000	100000	0.3	18	18	18	18	18	18	18	18
2	бетон	Concrete	20000	100000	0.2	25	25	25	25	25	25	25	25
3	грунт	Soil	10000	100000	0.3	18	18	18	18	18	18	18	18
4	грунт	Soil	10000	100000	0.3	18	18	18	18	18	18	18	18
5	грунт	Soil	10000	100000	0.3	18	18	18	18	18	18	18	18
6	грунт	Soil	10000	100000	0.3	18	18	18	18	18	18	18	18
7	бетон	Concrete	20000	100000	0.2	25	25	25	25	25	25	25	25

Физико-механические характеристики трубы приняты по данным производителя



Визуализация для Заказчика



Международная научно-практическая конференция
*«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»*

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.21

Результаты применения неэффективной конструкции деформационного шва
при проектировании мостовых сооружений

Шкляр В.Х.

Государственное Предприятие «Белгипродор»,

г. Минск, Республика Беларусь

Целью настоящей работы является желание убедить проектировщиков, заказчиков и строителей отказаться от применения в мостостроении устаревшей, ненадежной и недолговечной конструкции деформационного шва (ДШ) типа КРМ. Вместо нее предлагается использовать запатентованную Белгипродором в 2009 году конструкцию деформационного шва, (патент № 18102) с металлическим окаймлением и резиновым компенсатором (см. последний лист альбома).

Недолговечность применяемой конструкции ДШ и сложность ее ремонта наглядно демонстрируется на фотографиях трех путепроводов. Эти путепроводы построены в последние 4-5 лет в г.Минске и один построен ранее. Ненадежность конструкции демонстрируется также на мостовых сооружениях на МКАД 2 (М14), эксплуатируемых около 2 лет при незначительном движении транспорта и одном построенном ранее на а.д. Р-28.

Надежность запатентованной конструкции ДШ демонстрируется на фотографиях двух сооружений, построенных в 2010 году и одного в 2012 году. Отсутствуют фотографии еще 4 или 5 сооружений с деформационными швами этого типа на а.д. Минск-Гомель на участке Бобруйск-Гомель, построенных в 2014-2015 г.г., но не обследованных. К сожалению, на множестве других сооружений эта конструкция в проектах Белгипродора не применялась, либо после выпуска проекта была заменена на импортную, а с 2014 года ее применение вообще прекратилось. Подражая Белгипродору, головной проектной организации Республики Беларусь по проектированию мостовых сооружений, запатентованная конструкция не применялась и другими проектными организациями, в частности Минскинжпроект. Последствия

этого показаны на фотографиях на листах. Имеется один случай применения запатентованной конструкции ДШ проектной организацией ООО «Экомост» на сооружении через реку Неман, построенном в 2017 году.

Надеюсь, что после ознакомления с настоящим документом ответственными работниками системы Минтранса будет принято решение о возобновлении применения (причем широкого) запатентованной конструкции ДШ. Целесообразно для не начатых и (или) строящихся мостовых сооружений внести изменение в проект с целью использования этой конструкции.

При том, что запатентованная конструкция ДШ показала свою надежность, нет сомнений в том, что она имеет потенциальные возможности для совершенствования, что непременно произойдет в случае ее широкого применения и выполнения этих работ специализированным строительным подразделением.

Путепровод на пересечении пр. Дзержинского и ул. Алибегова (построен в 2013 году)









Путепровод на пересечении пр. Дзержинского и МКАД







**Путепровод на пересечении проспектов Жукова и Дзержинского
(построен в 2012 году)**

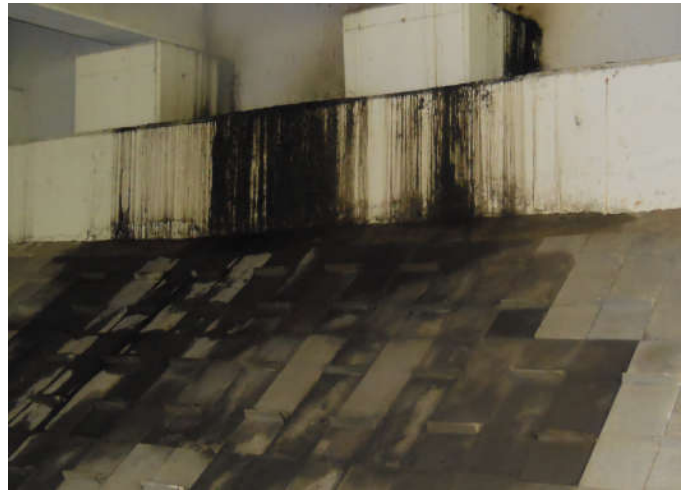






**Путепровод на пересечении улиц Тимирязева и Орловской
(построен в 2013 году)**





МКАД - 2 (М14) мост через р. Вяча



МКАД - 2 (М14) (Построен в 2015 году)



Путепровод на МКАД - 2 (М14) Нелидовичи – Косынь
(Построен в 2015 г.)



На фотографиях видны протечки воды через деформационный шов после двух лет эксплуатации.

Путепровод на МКАД - 2 (М14) Семков Городок – Казеково
(построен в 2015 г.)



**Путепровод через МКАД - 2 (М14) на а.д. Р-58
(Построен в 2015 г.)**

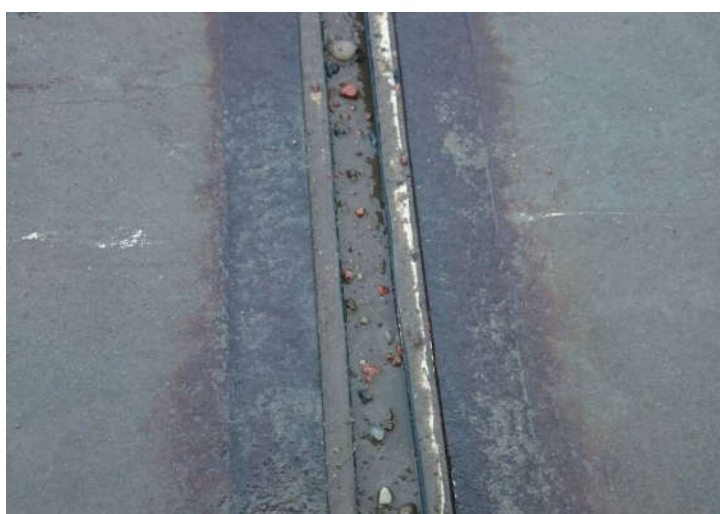
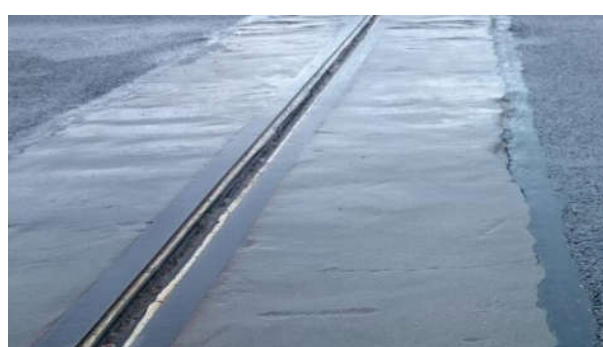


Видны протечки воды через деформационный шов после двух лет эксплуатации.

Путепровод через а.д. Р-28 (поворот на Заславль)



Мост через р. Клева на а.д. М-4 Минск-Могилев
Новая конструкция деформационного шва
(Построен в 2012 г.)

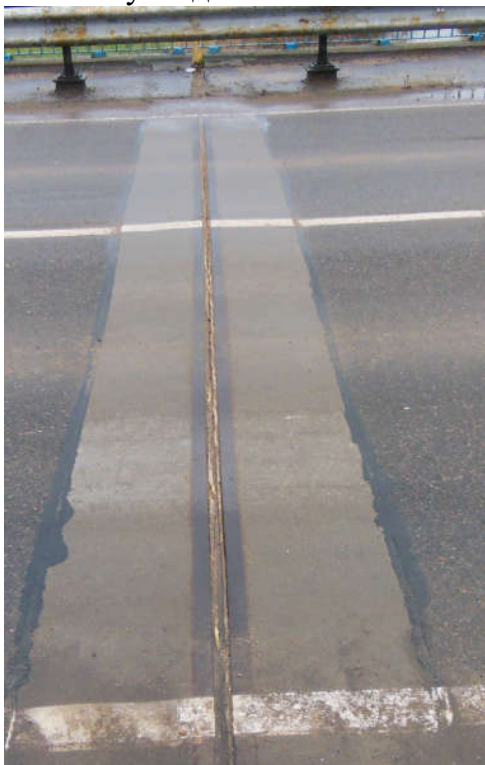


На фотографиях видно, что деформационный шов через 5 лет эксплуатации сооружения остается водонепроницаемым и не имеет механических повреждений. Причина видимого незначительного намокания насадки не установлена. Мост четырехпролетный имеет один деформационный шов, что позволяют технические характеристики этого шва.

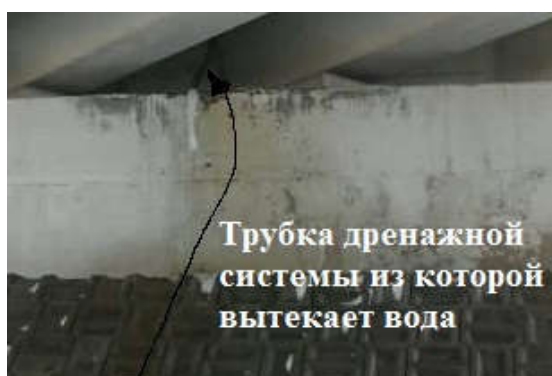
Мост через р. Уса на а.д. Заславль-Дзержинск-Озеро
Новая конструкция деформационного шва
(Построен в 2010 г.)



Через 7 лет эксплуатации деформационного шва появилась незначительная протечка воды. Вероятной причиной является разжижение герметика с целью удобства его укладки.

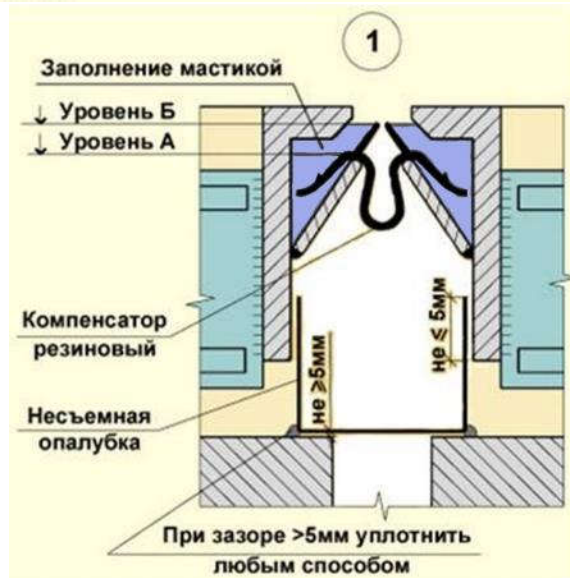
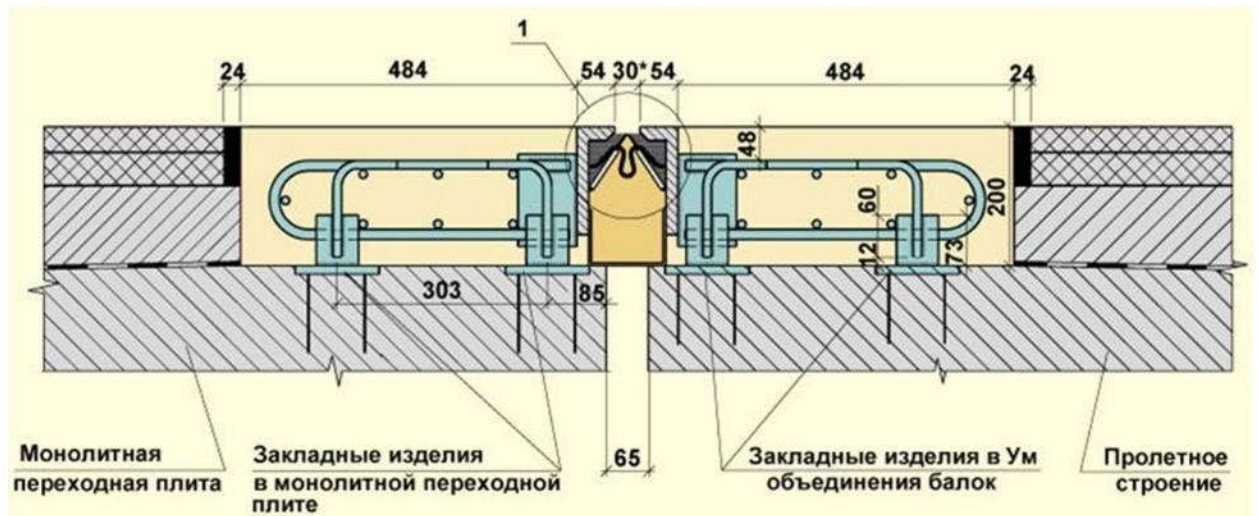


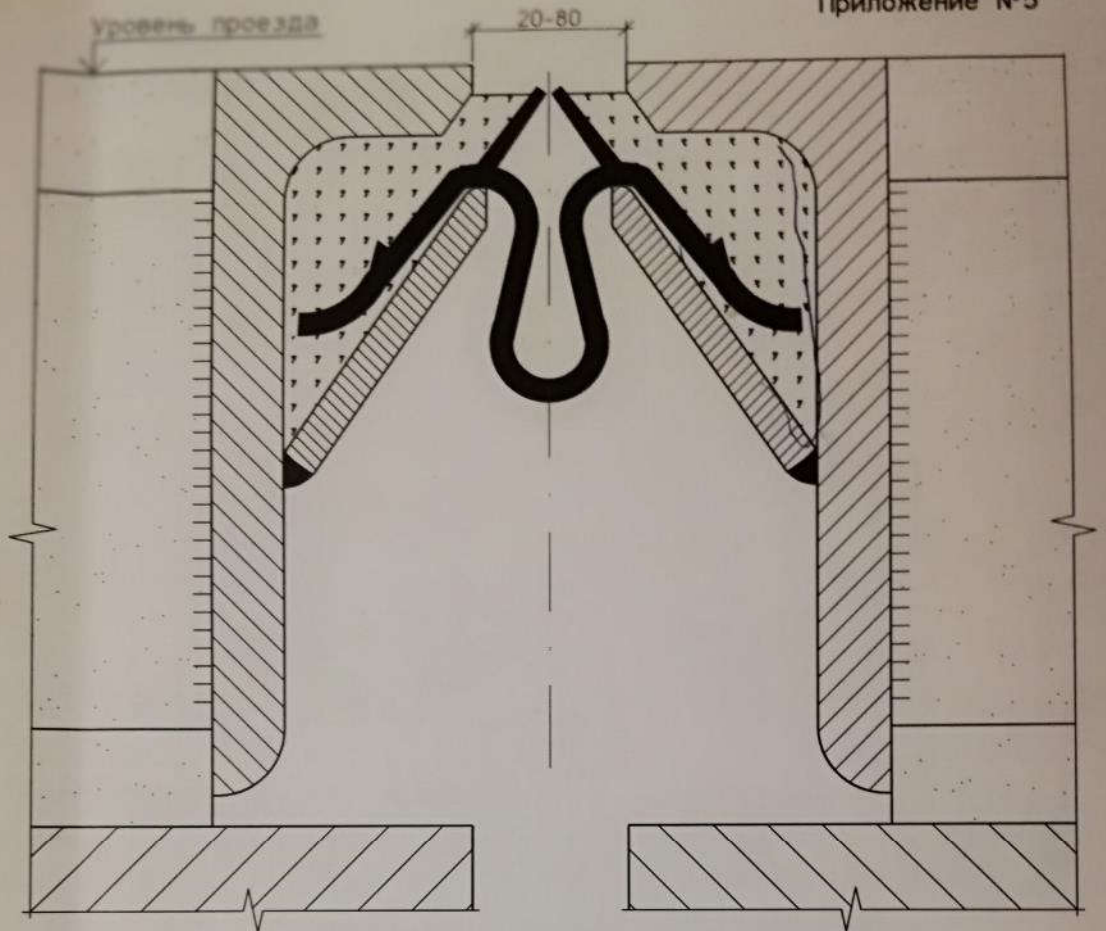
Путепровод на 176 километре а.д. М-4 Минск-Могилев
Новая конструкция деформационного шва
(Построен в 2010 г.)



На фотографиях видно, что деформационный шов через 7 лет эксплуатации сооружения остается водонепроницаемым и не имеет механических повреждений. Причиной видимых протечек воды на насадке являются трубки из которых вытекает вода из дренажной системы мостового полотна.

Запатентованная конструкция деформационного шва (патент 18102) ДШ. БГД 1-80

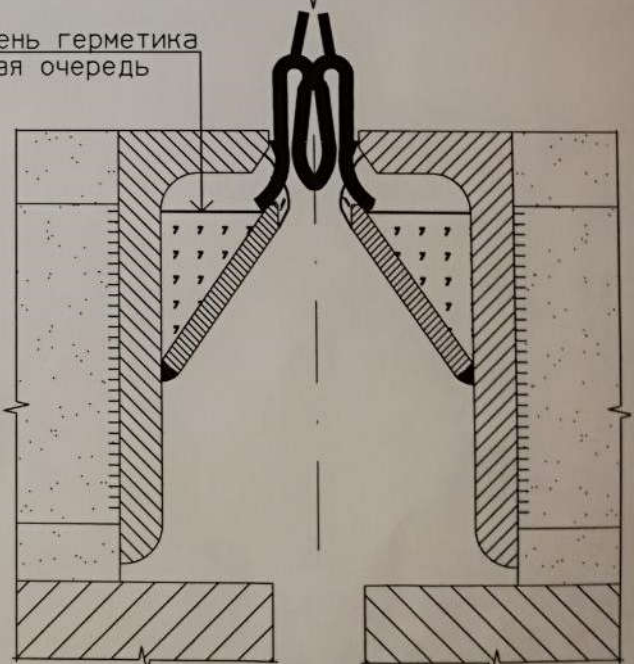




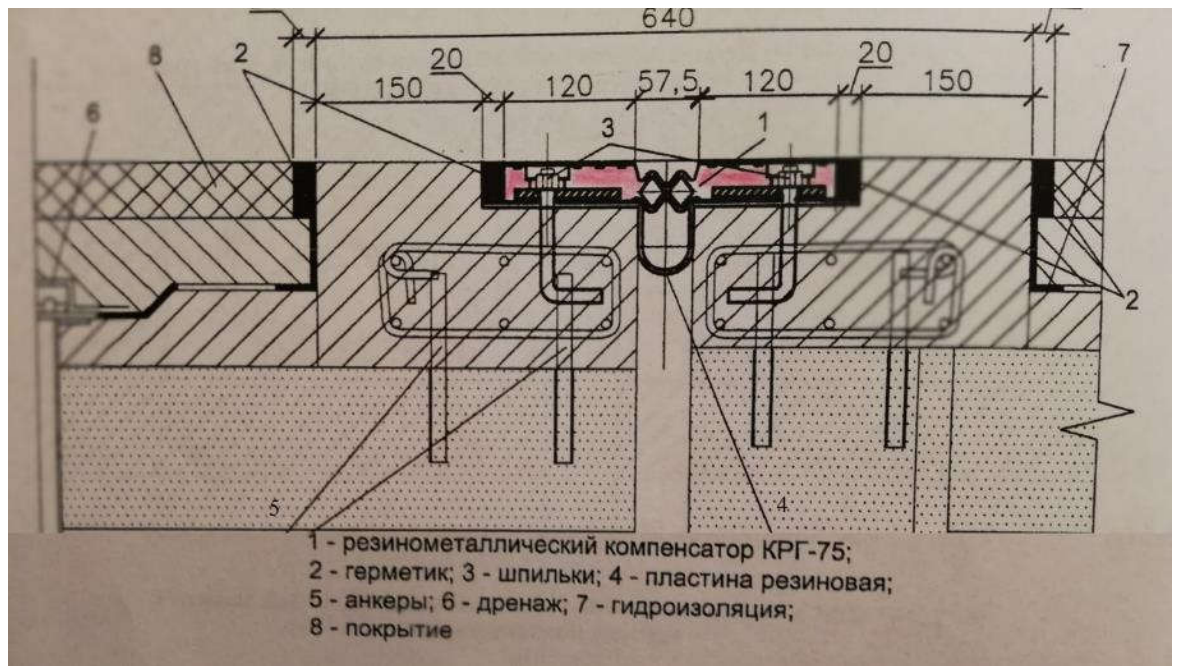
Уровень герметика
Первая очередь



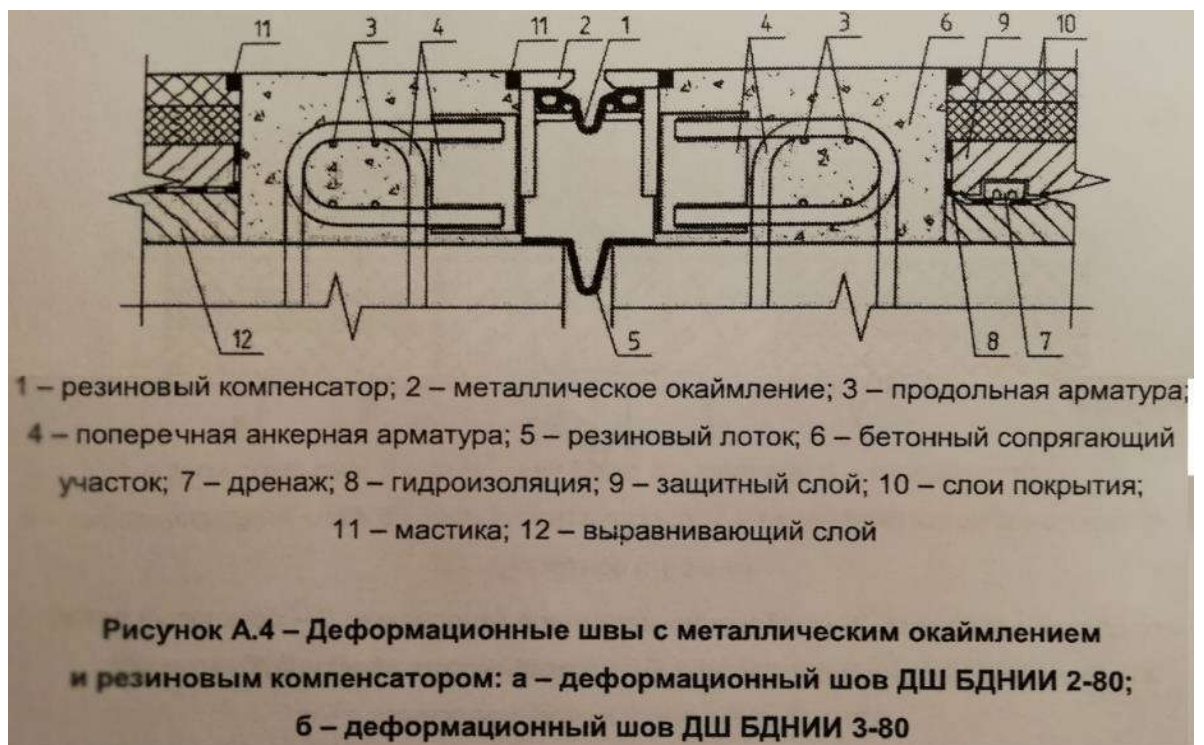
Резиновый компенсатор



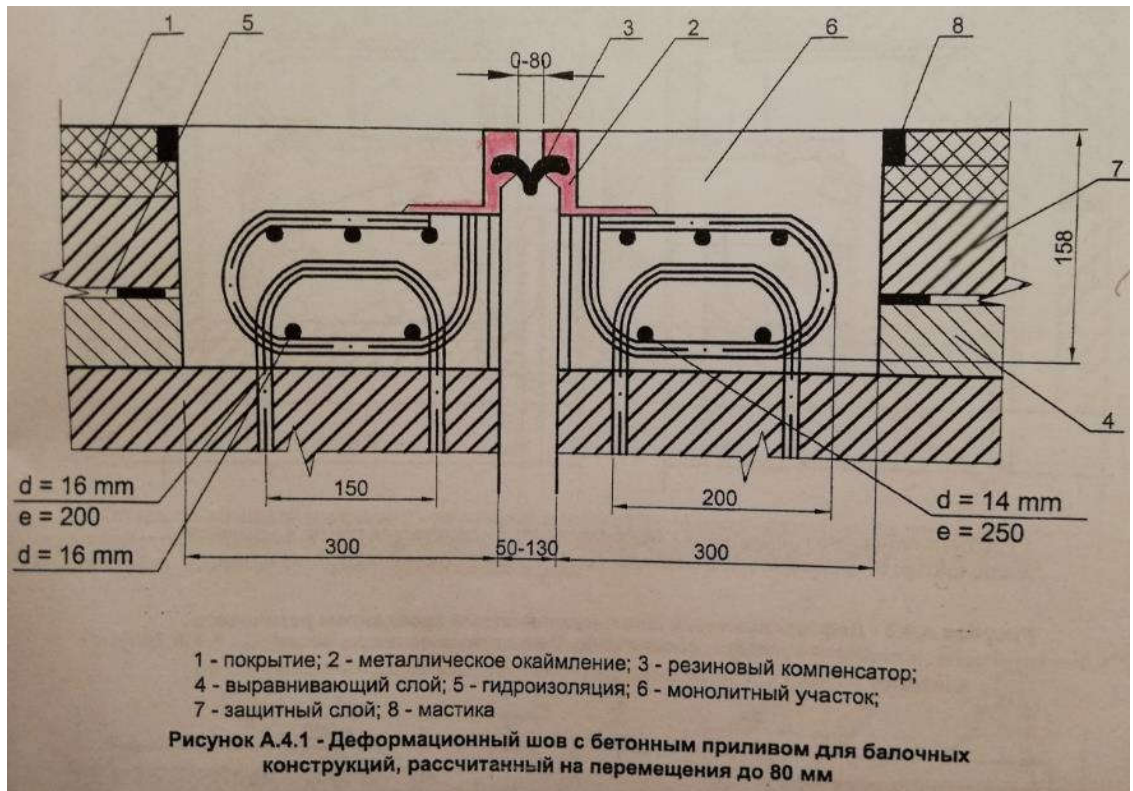
Деформационный шов с металлическим окаймлением и резиновым компенсатором. Запатентованная конструкция.



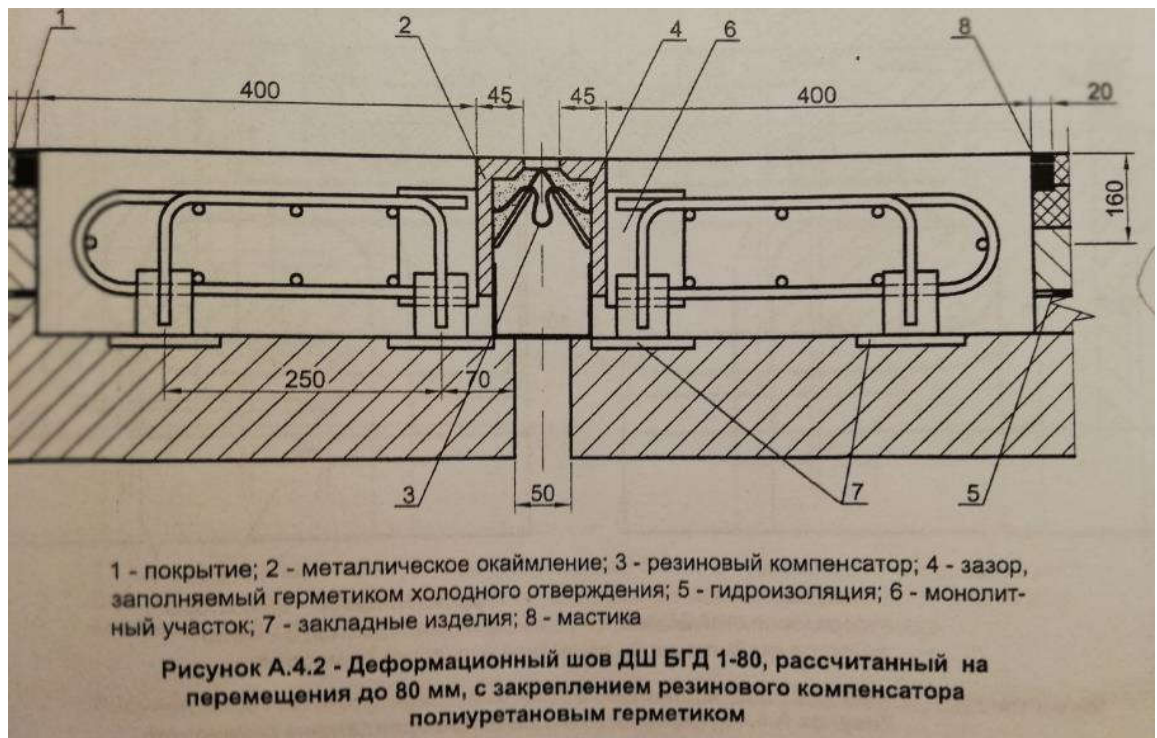
Тип КРМ, КРГ



Тип БДНИИ-3-80



Тип MAURER



Тип БГД 1-80



Международная научно-практическая конференция
«ВМ-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

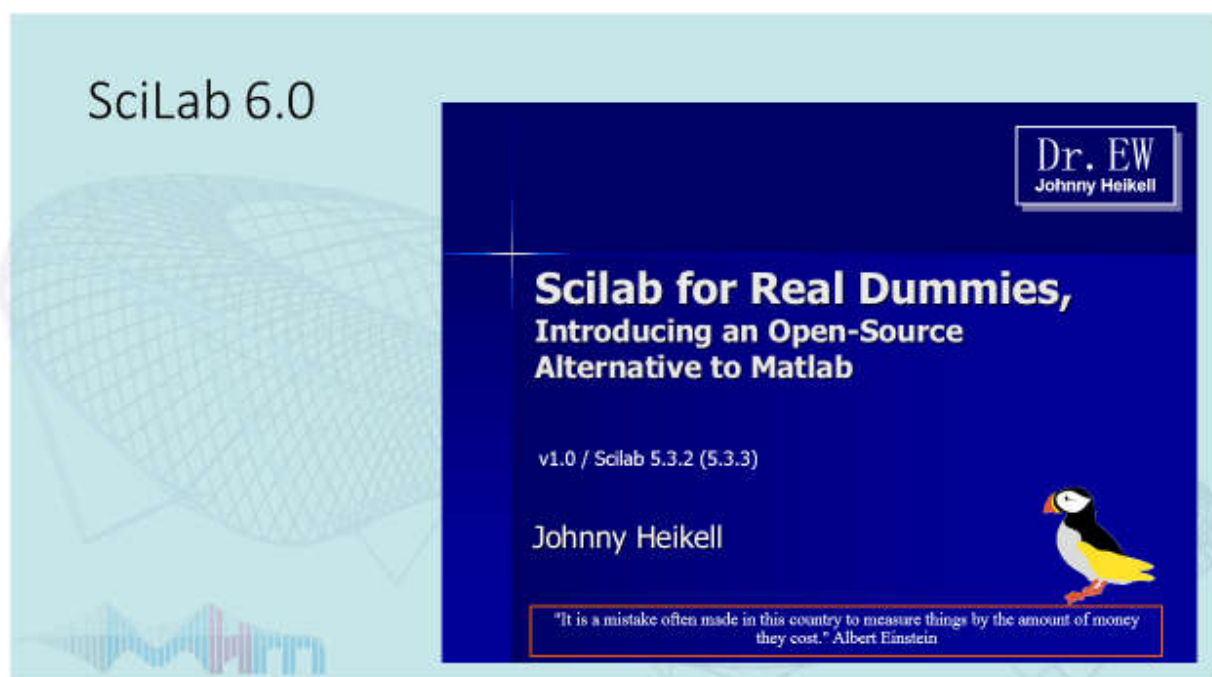
(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

УДК 624.04

Анализ режимов динамической нагруженности пролетных строений в среде
SciLab 6.0

Ярошутин Д.А.

Кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей ФГБОУ ВО СПбГАСУ,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация



Немного об усталости...

Некоторые термины

(ГОСТ 23207-78 Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения)

Усталость – процесс постепенного накопления повреждений материала под действием переменных напряжений, приводящий у изменению свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению

Выносливость – свойство материала противостоять усталости

Усталостное повреждение – необратимое изменение физико-механических свойств материала под действием переменных напряжений

Многоцикловая усталость – усталость материала, при которой усталостное разрушение происходит, в основном, при упругом деформировании (условная граница - более 10 тысяч циклов)

... и еще термины

Продолжительность испытаний – продолжительность нахождения нагруженного образца в режиме испытаний (может быть выражена числом циклов или интервалом времени)

База испытаний – предварительно задаваемая наибольшая продолжительность испытаний на усталость

Реализация случайного нагружения – совокупность последовательных значений переменных напряжений, возникающих в объекте за рассматриваемый период эксплуатации

Усталостная долговечность – продолжительность действия переменных напряжений до разрушения или до определенной протяженности усталостной трещины

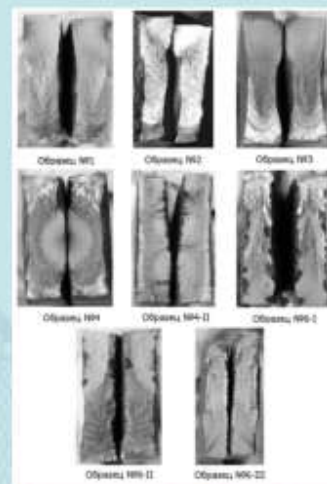
Исследования материалов

Определение прочностных и усталостных характеристик при лабораторных испытаниях

Лабораторные исследования образцов



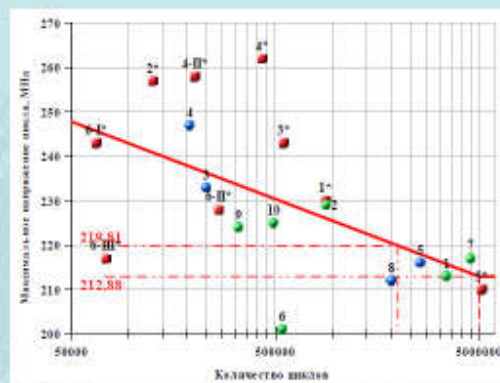
ЦДМ-10ПУ



Полученные результаты

Определение предела выносливости образцов металла дорожных балок стационарного пролетного строения Двурельного моста

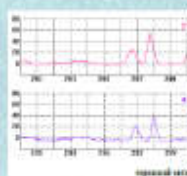
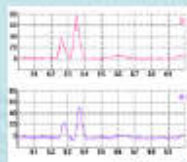
№ образца	Максимальное напряжение, МПа		Коэффициент симметрии λ	Логарифмический ресурс $\lg N$	Вариативное отношение логарифмов $\Delta \lg N$	Процентный остаточный $\Delta \sigma_{\text{ост}}$	
	1	2					
1	230	229 490	92,23	1,319	0,221	-2,909	
4	247	190 080	408,295	0,276	0,232	-11,242	
5	236	2 566 080	121,285	6,438	0,227	-4,402	
8	232	1 046 080	228,184	6,287	0,242	-4,022	
Среднее	236,89			3,328			
Сумма			800,845		1,012	-26,604	
Количество образцов							4
Среднее квадратичное отношение отклонений от среднего значения $\delta_{\text{ср}}$							14,241
Среднее квадратичное отношение дисперсий после снятия от среднего значения $\delta_{\text{дв}}$							8,515
Коэффициент корреляции r							-0,928
Предел выносливости на базе 10^7 циклов							216,591
Вероятный коэффициент вариации $\delta_{\text{в}}$							0,603



Исследования нагруженности

Определение характеристик процесса нагружения элементов при действии фактически-обращающихся нагрузок

Запись данных о напряжениях



Подсчет циклов колебаний

Реализация алгоритма метода «дождя» (Rainflow)

Схематизация процесса нагружения

(представление процесса случайного нагружения более простым)

Способы схематизации случайных процессов описаны в ГОСТ 25.101-83 и применимы к условиям эксплуатации или испытаний конструкций на выносливость в следующих случаях:

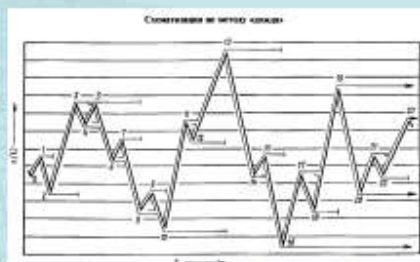
- При расчетной оценке долговечности по критерию накопления усталостных повреждений
- Для сравнительной оценки нагруженности одинаковых элементов
- Для количественной оценки режимов нагруженности по повреждающему воздействию
- При моделировании реального нагружения при испытаниях на усталость

Основные этапы схематизации

- Дискретизация процесса нагружения (ГОСТ 23207-78)
- Вычисление статистических характеристик для заданной дискретной последовательности и выделение экстремумов процесса
- Замена реального процесса нагружения схематизированным и получение эмпирических распределений нагрузок

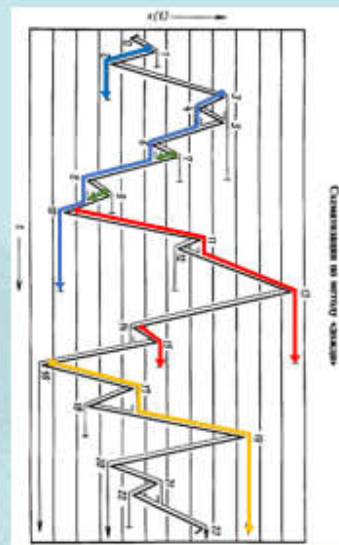
Схематизация – однопараметрическая и двухпараметрическая

Метод «дождя»



Тринадцать точек определяют в соответствии со следующим правилом:

1. Точка является с внутренней стороны экстремумом положительным. Каждый пик определяет заданную нагрузку. Высота пика определяет проекцией времени точки на ось нагрузки.
2. Точка, соответствующая точке максимума, принимается в том случае, когда встретится максимум больший, чем соседний. Например, пик на максимум I отбрасывается к максимуму J и принимается надругие максимум J , поскольку он больше соседних.
3. Точка, соответствующая точке минимума, принимается, когда встретится минимум меньший, чем соседний. Например, пик из точки P принимается как точка M , так как минимум M меньше соседних.
4. При встрече на одной из сторон соседних точек анализ производится так, который будет ближе к экстремуму с наименьшим номером, а остальные отбрасываются. Например, пик из точки Z пропускает свой путь, а пик из точки 7 и 9 принимается.
5. Точка, не встретившей соседней, падает на землю, например пик из максимума Q .



Корреляционные таблицы для результатов

Метод «дождя» позволяет вести обработку данных в режиме реального времени, добавляя информацию по мере её поступления

Данные о завершившихся потоках заносятся в корреляционные таблицы (амплитуды и средние значения)

Корреляционная таблица амплитуд и средних значений

n (n_0)	\bar{y}_n														
2	3,5														
2	3,0														
3	2,5														
2	2,0														
2	1,5														
0	1,0														
7	0,5														
n_0															
\bar{y}_n															

Реализация алгоритма в среде SciLab 6.0

- Произвольный формат исходного файла (текстовый, бинарный, CSV)
- Возможность предварительной обработки данных (фильтрация, фрагментирование, удаление тренда и т.д.)
- Настройка параметров корреляционной таблицы
- Расчет характеристик распределения как по амплитудам, так и по средним значениям
- Экспорт корреляционной таблицы (матрица) в формат CSV или дальнейшая обработка (расчет повреждений)

Основные этапы реализации алгоритма

- Фильтрация исходных данных
- Подсчет амплитуд и средних значений для линий стока
- Сортировка результатов в массивы данных
- Графическое отображение и постобработка данных

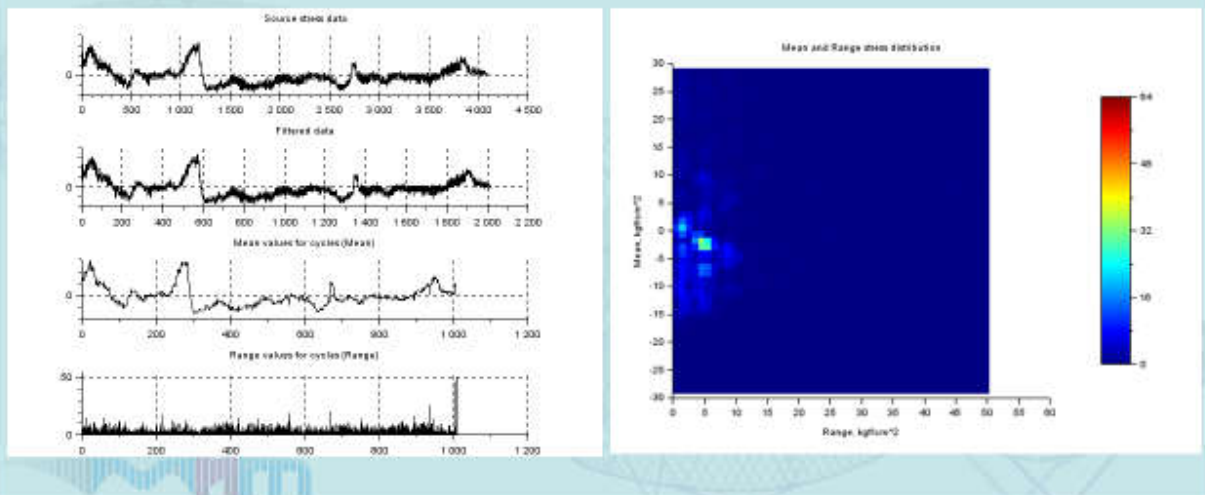
```

// Adaptive algorithm for Range and Mean data by indexing and range
// from original data (Mean)
// =====
Function (Mean, DMean, Range, DRange) = Calc_Range_Mean (Y)
  L = size(Y, 't');
  index = 1;
  start = 1; // constant
  k = 1;

  DMean = 0;
  DRange = 0;

  for k=1:L;
    SEG = Y(index);
    Pindex = PSEG;
    while (index-1) <= index;
      k = size(SEG) - Pindex-1; // for every value
      Y = size(Pindex-1) - Pindex-1; // for every value
      if (k > Y) (index-1) = start; else start = start+1; size
      if (k > Y) (index-1) = start; else
        k = k-1;
        Mean(k) = (Pindex-1) + Pindex-1; // DMean = size(DMean, 't') + 1;
        Range(k) = Y; DRange = size(DRange, 't') + 1;
        Pindex = [1; Pindex-1];
        index = index-1;
        Pindex = PSEG;
      else break;
    end;
  end;
  index = index+1;
end;
  
```

Реализация алгоритма в среде SciLab 6.0

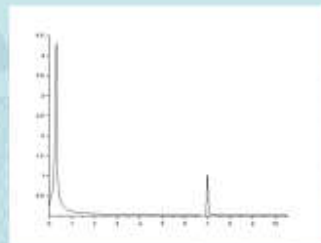
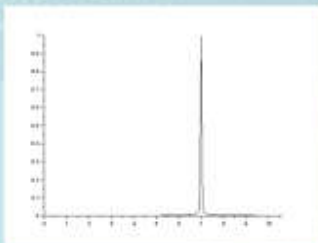
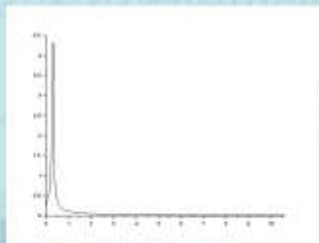
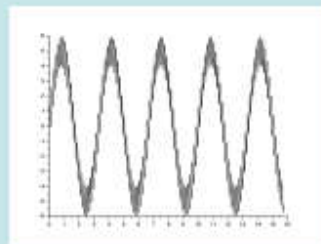
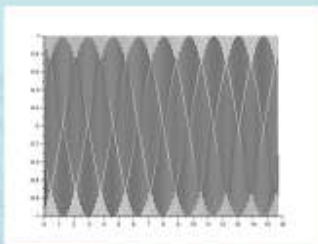
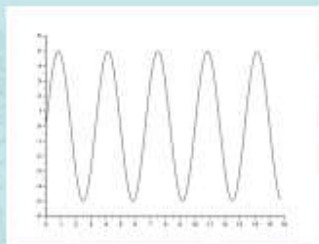


Спектральный анализ данных

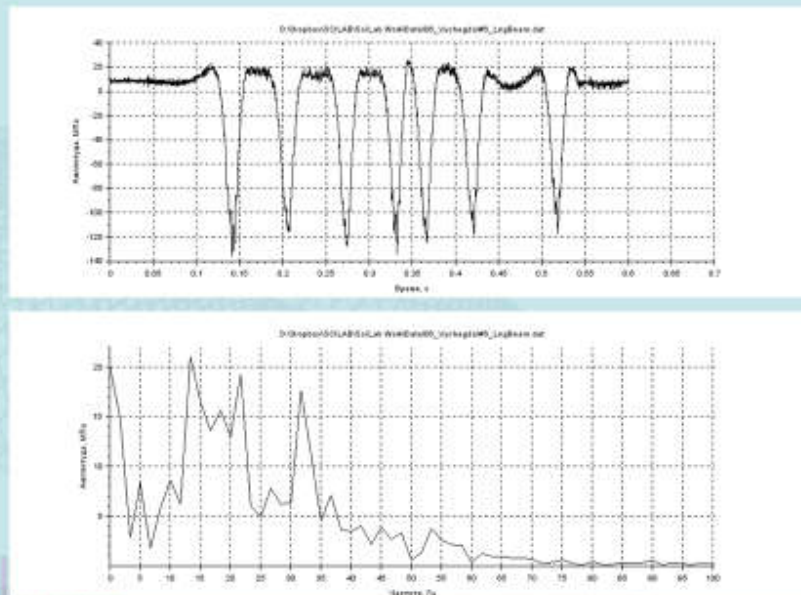
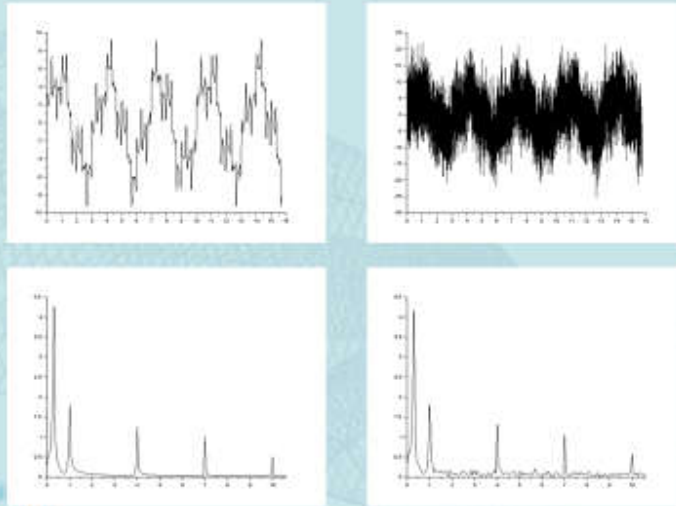
Анализ нагрузки через алгоритмы быстрого и оконного преобразования Фурье

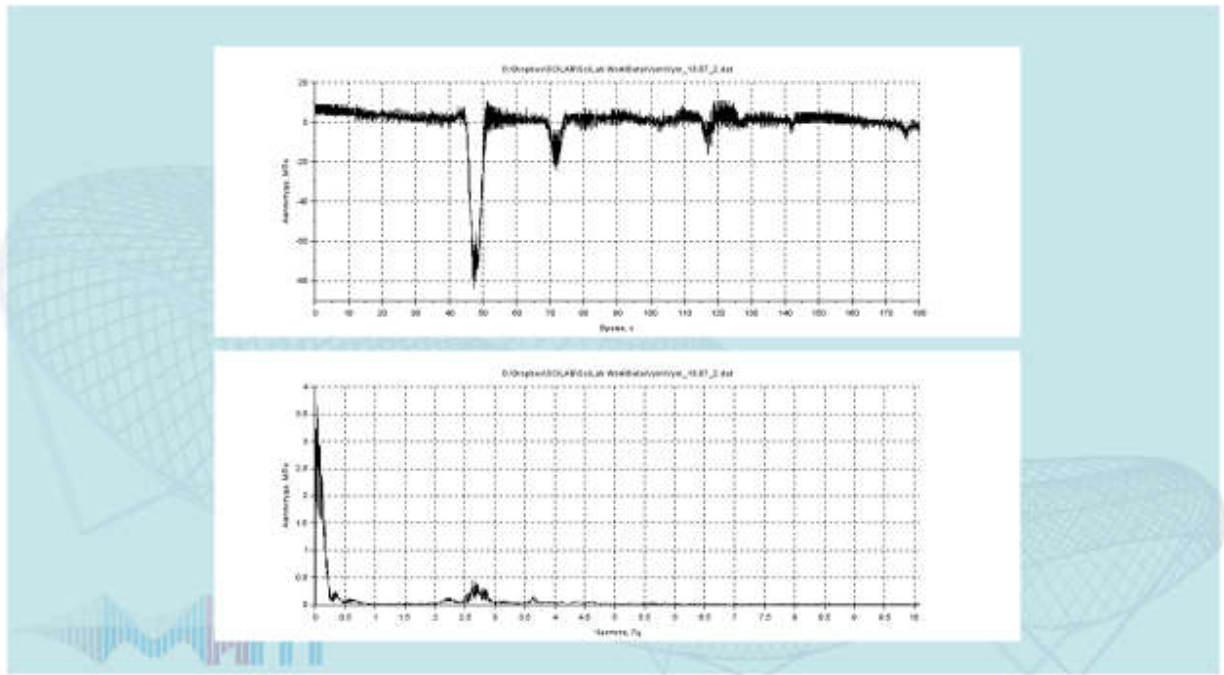


Пример



Пример





Расчет повреждений на основе БПФ

- Расчет доли повреждения D_i от каждой гармоники спектра амплитудой C в отдельности
- Повреждение за период выборки D как суперпозиция повреждений D_i от гармоник

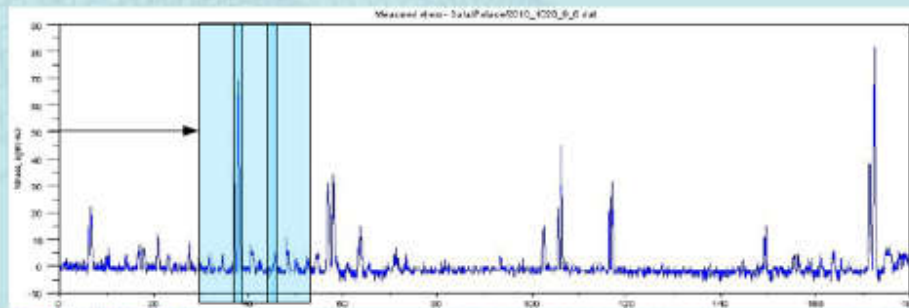
$$C_k = C(k \Delta f) = \Delta t \sum_{n=1}^N \sigma_n e^{-j 2 \pi \frac{kn}{N}}, \quad k = 1, 2, \dots, N$$

$$\sigma(t) = C_0 + \sum_{k=1}^N C_k \cos\left(2 \pi \frac{k}{N \Delta t} t - \theta_k\right)$$

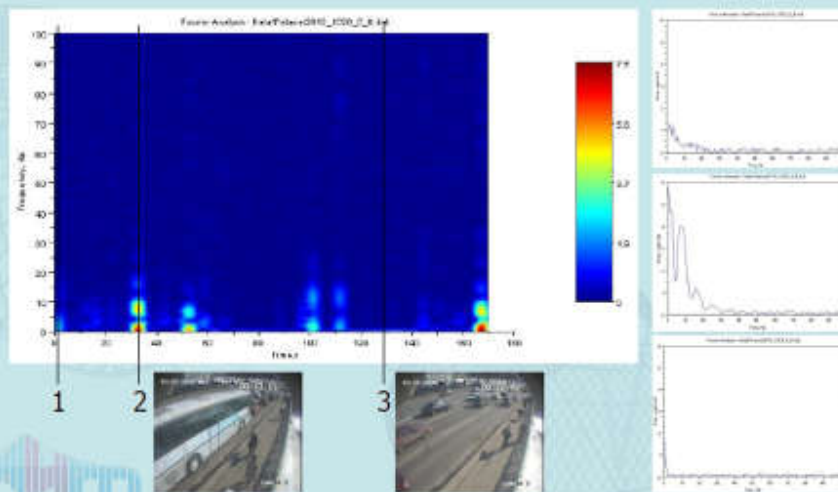
$$D = \frac{T e^{-\beta(C_0 - \sigma_0)}}{2 \pi N_0} \sum_{k=1}^N \left[\omega_k e^{i C_k} \prod_{j=1}^{k-1} D_j \right]$$

Применение «оконного» преобразования к расчету повреждений

- Свёртка временного представления сигнала с «оконной» функцией Хэмминга
- Использование перемещающегося окна



Реализация «оконного» преобразования в SciLab 6.0



Международная научно-практическая конференция
«BIM-проектирование и МКЭ-анализ при проектировании
и эксплуатации зданий и сооружений»

(г. Минск, БНТУ – 02 ноября 2018)

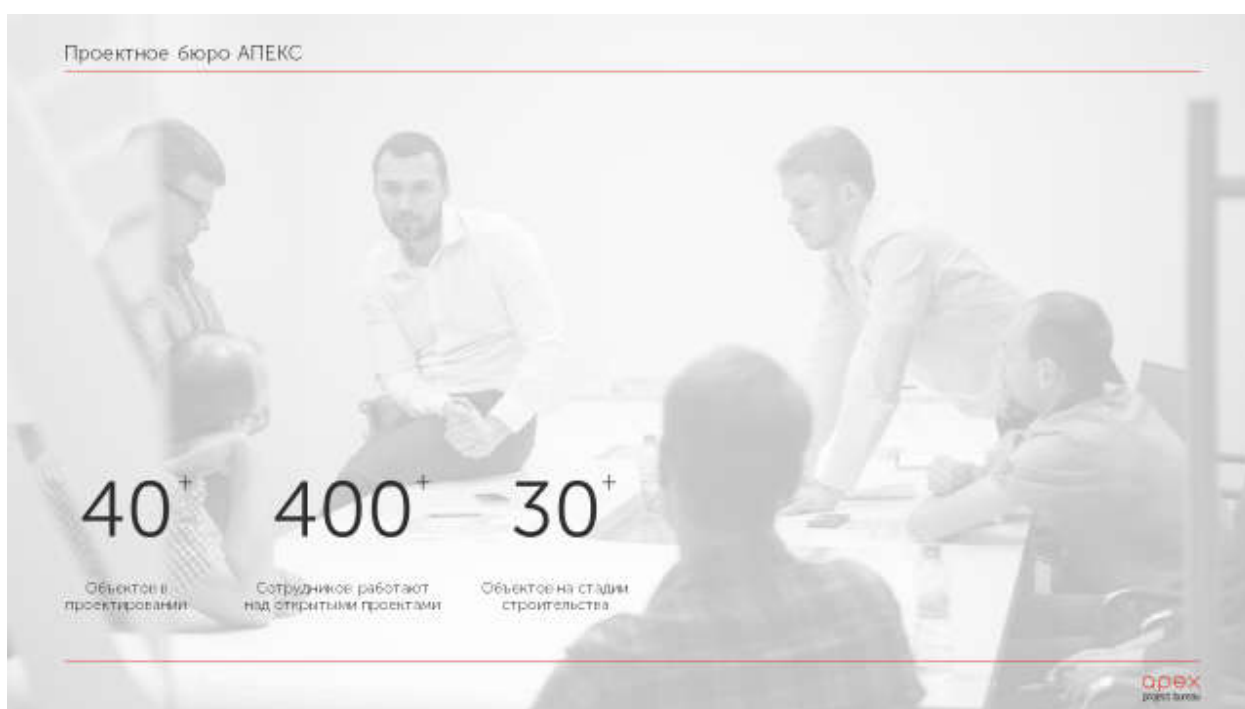
УДК 624.9

Образование и практика. Современный инженер в веке BIM-технологий

Яшанов А. П.

ООО «Проектное бюро АПЕКС»,

г. Москва, Российская Федерация



Unlearning by doing

United States, gross value-added*
Per hour worked, 1947=100



Economist.com

Разучились делать

США, изменение добавленной стоимости
На человекочас

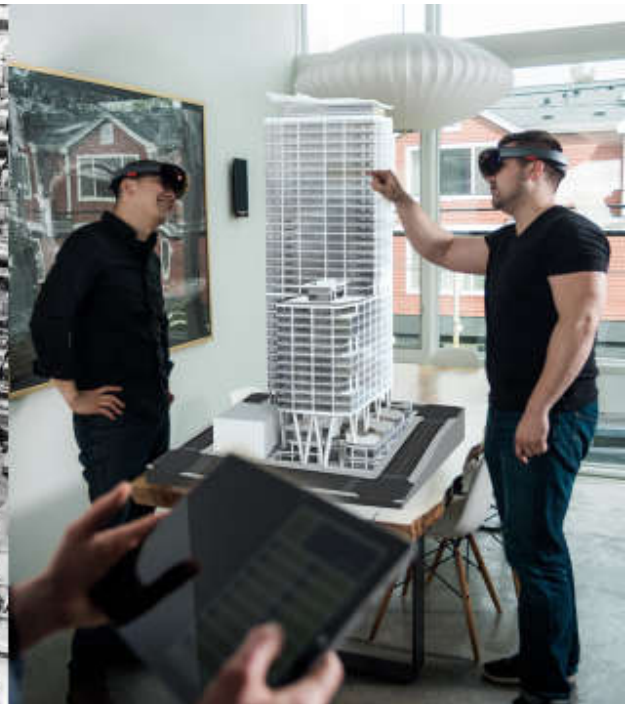
Сельское хозяйство

Производство

Торговля, опт и розница

Общее

Строительство



BIM Uses	Заказчик	Проектировщик	Строитель	Эксплуатант
Design Reviews				
Design Authoring				
Cost Estimation				
Site Utilization Planning				
Construction System Design				
Phase Planning (4D Modeling)				
3D Control and Planning				
3D Coordination				
Engineering Analysis				
Existing Conditions Modeling				
Record Modeling				
Site Analysis				
Digital Fabrication				
Sustainability (LEED) Evaluation				
Building (Preventative) Maintenance Scheduling				
Building System Analysis				
Asset Management				
Code Validation				
Space Management and Tracking				
Programming				
Disaster Planning				

BIM Uses	Заказчик	Проектировщик	Строитель	Эксплуатант
Design Reviews				
Design Authoring				
Cost Estimation				
Site Utilization Planning				
Construction System Design				
Phase Planning (4D Modeling)				
3D Control and Planning				
3D Coordination				
Engineering Analysis				
Existing Conditions Modeling				
Record Modeling				
Site Analysis				
Digital Fabrication				
Sustainability (LEED) Evaluation				
Building (Preventative) Maintenance Scheduling				
Building System Analysis				
Asset Management				
Code Validation				
Space Management and Tracking				
Programming				
Disaster Planning				

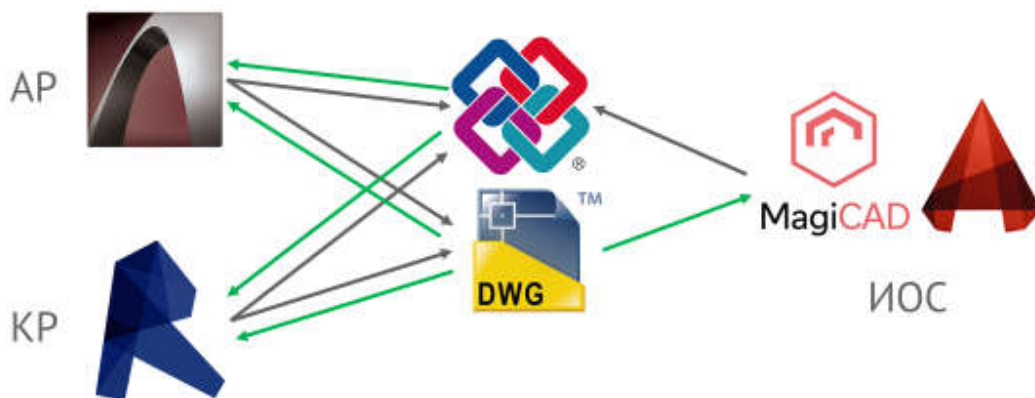


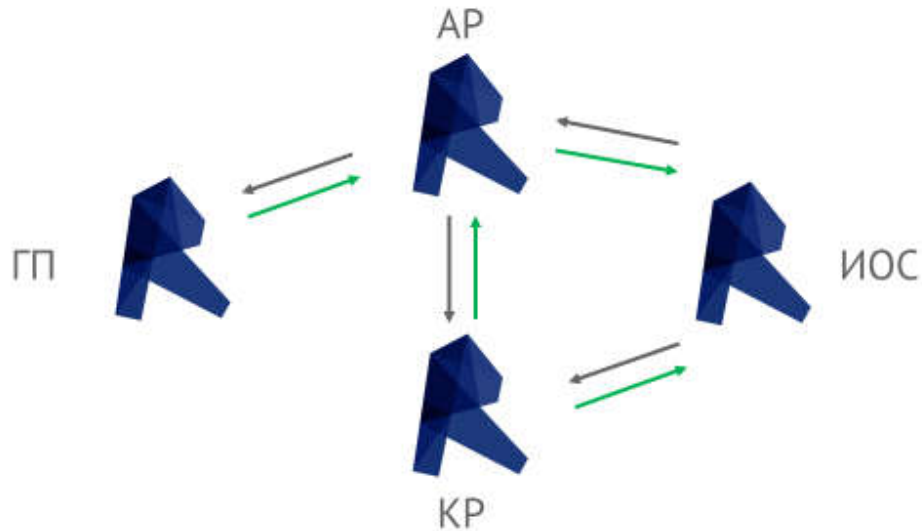
Тезисы о BIM-модели

- BIM – это не только 3D
- BIM – не единая платформа и тем более не один файл
- Не вся информация моделируется 3D

Тезисы о BIM-взаимодействии

- Максимальная независимость участников проекта
- Моментальная передача информации в одной среде
- Выборочность информации





Наша команда является новаторами в системах автоматизированного проектирования. Мы используем не только стороннее программное обеспечение, но и создаем свои технологии. От простых дополнений к современному ПО до собственных программных комплексов.

ПС «Армирование»

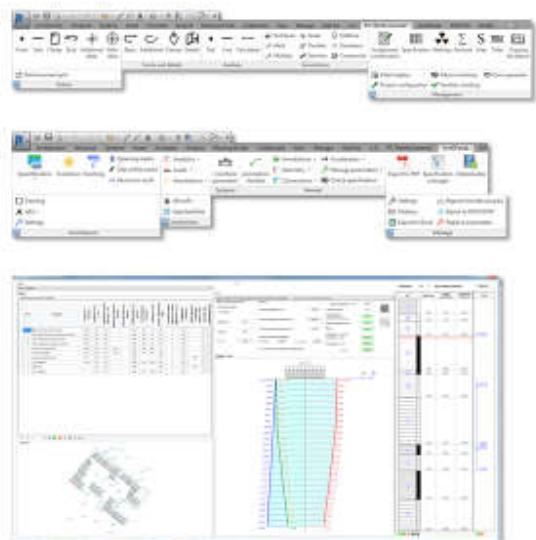
Программный комплекс, разработанный для эффективного выпуска разделов КМ. Содержит в себе обширный набор функций для ускорения процессов проектирования, от автоматизированного создания спецификаций до комплексного копирования оформленных разделов рабочей документации.

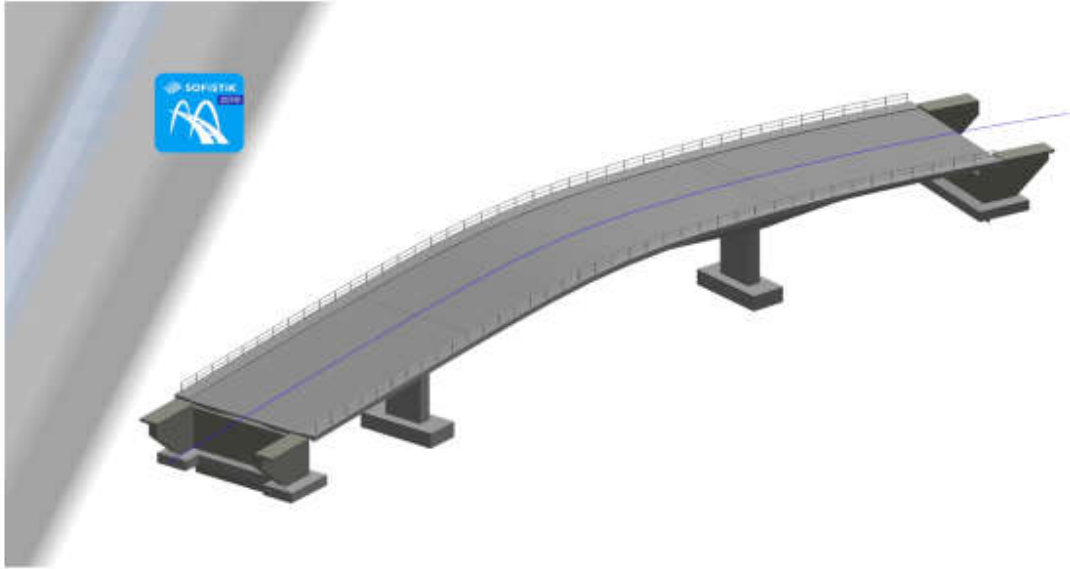
SmidPanel

Более 100 различных функций для ускорения рутинных процессов при работе в программных комплексах основанных на BIM-проектировании.

Apex GeoData

Централизованная система для управления всей информацией о геологических условиях площадки строительства. Содержит более 20 расчётных модулей, включающие автоматизированное составление текстово-графических отчётов высочайшего качества.



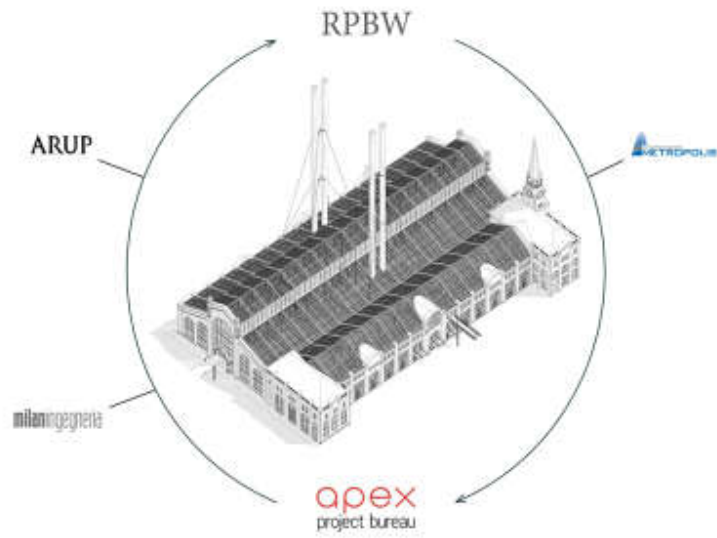


Search for Employees

Командный игрок



apex
project funds





Функции инженерной культуры

- Социальная и преобразовательская
- Сохранение и передача знаний
- Нормативная и Компенсаторная



Фокусы образования

- Естественные и информационные науки
- Гуманитарное образование
- Практика в коммерческом рынке