

# Информационное моделирование данных транспортной инфраструктуры и территориальных образований с применением цифровых технологий

Александр Семочкин, доцент, организатор программы «ИМОТИ» - РУТ (МИИТ), руководитель направления в ООО «НОВОЕ»

Андрей Зайцев, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» РУТ (МИИТ)

# Цифровой двойник – совокупность информационных и математических моделей

в режиме: 1.обоснования инвестиций, 2.проектирования, 3.строительства и 4. эксплуатации

- **Датчики и оборудование** по прогнозированию и мониторингу 4
- **Цифровая модель** содержащая перечень математических моделей определяющих объект строительства и его элементы
- **Математическая модель** формируется средствами параметрического и генеративного моделирования, состоящими из:
  - – Баз данных (реляционных таблиц/баз данных)
  - ◊ – Инструментов программирования данных
  - ◊ – Генеративных модулей формирующих выходные/результатирующие данные
- **Трехфазовый принцип цифрового двойника:**
  - 1 – Параметризация – создание параметрической системы реализации объекта
  - 2 – Генерация – создание параметрической системы реализации объекта
  - 3 – Проверка
  - 4 – Сбор данных и мониторинг

Девелопмент



инструменты девелопмента

новое.

## Создание цифровой модели местности

Градостроительный анализ – формирование модели ограничений земельного участка на основании:

- Предельных параметров застройки участка или территории (на основе ЕГРН, ГПЗУ участка)
- Зон с особыми условиями использования территориями (ЗОУИТ)
- Природных комплексов и гидросетей (русла, реки, и иные)



ЦММ на основе ГИС

Цифровая модель местности на основе открытой топографии



Здания и сооружения на основе картографических и атрибутивных источников

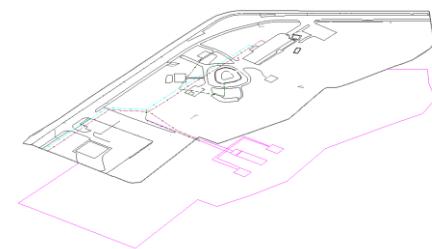
Данные карт, цифровой объектовой схемы (ЦОС)

Данные ДЗЗ, аэрофотосъемки

новое.

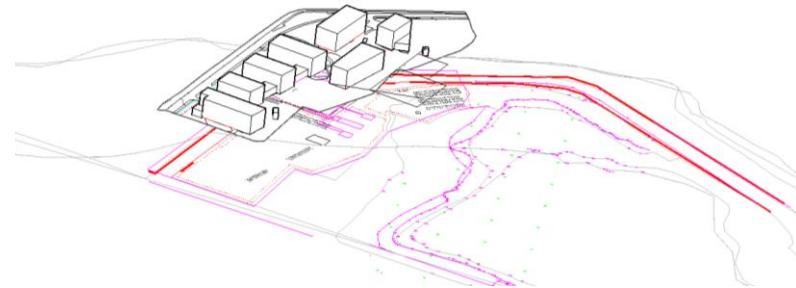
## Цифровая модель местности

(ЦММ)



## Цифровая модель градостроительной ситуации

(ЦМГС)

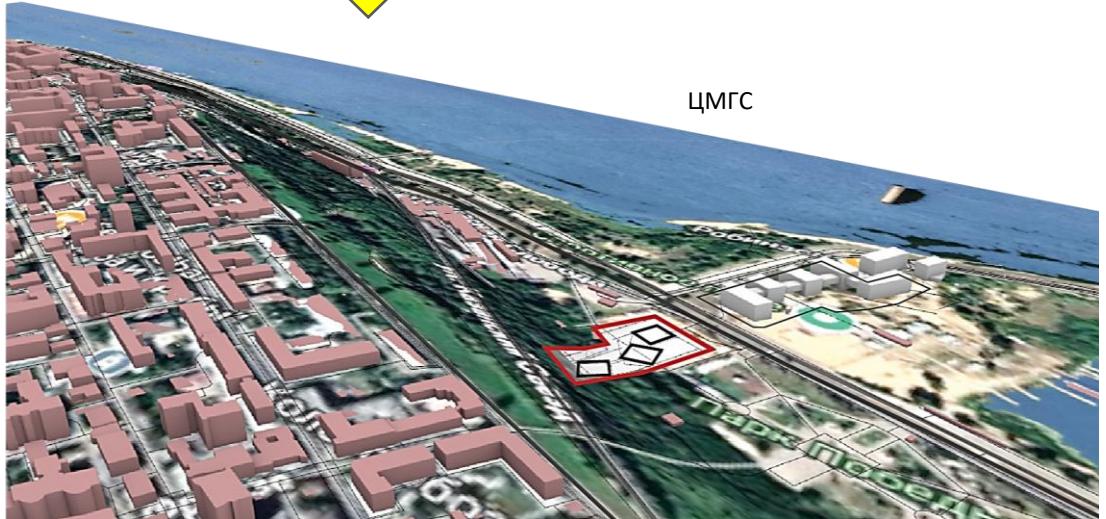


технология формирования данных

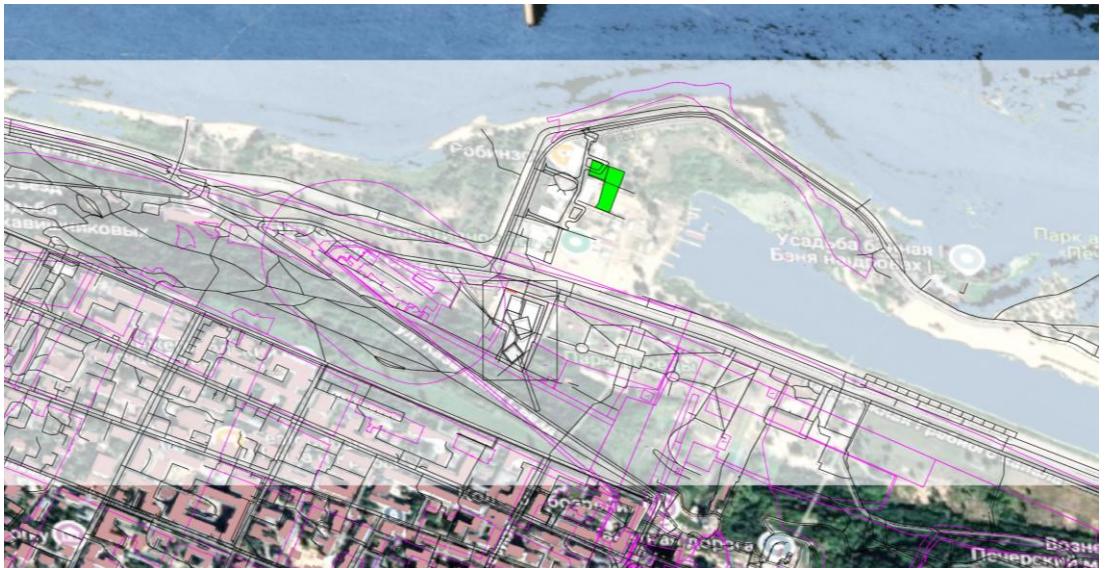
появ.

Параметризация

2



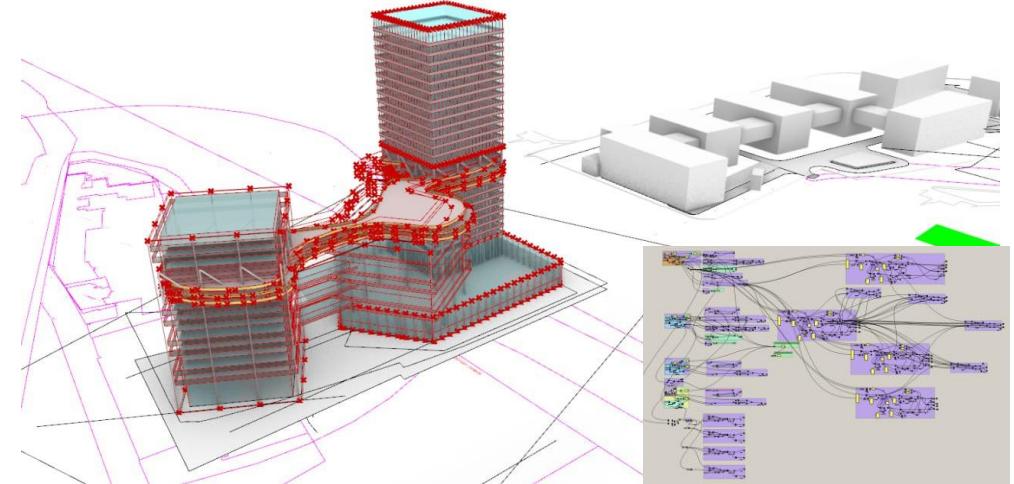
Преобразование растровых данных  
ГИС НСПД в векторную карту



технология формирования данных

Генерация

2



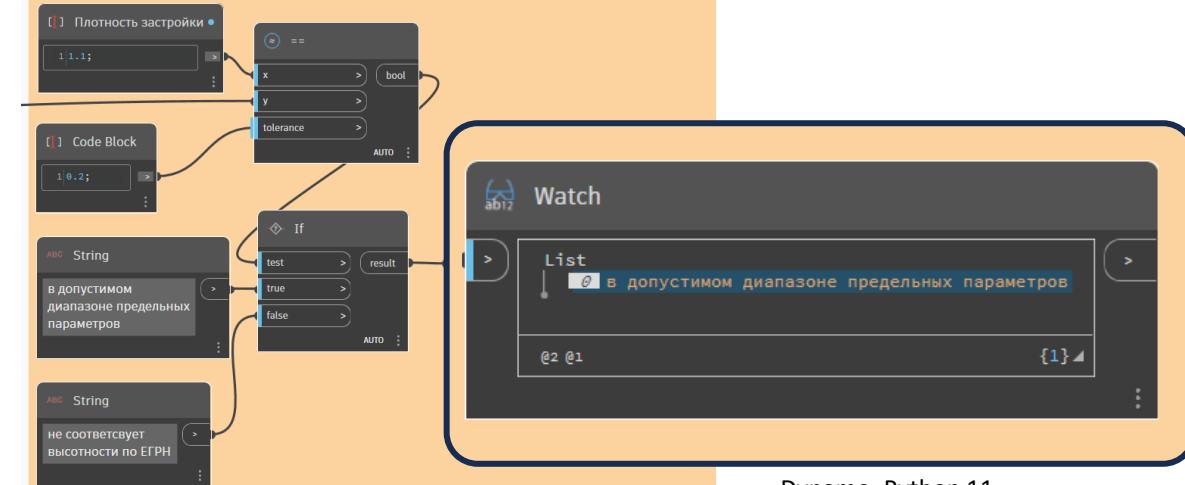
Grasshopper\_Python 11

Проверка

2

Проверка коэффициента плотности застройки

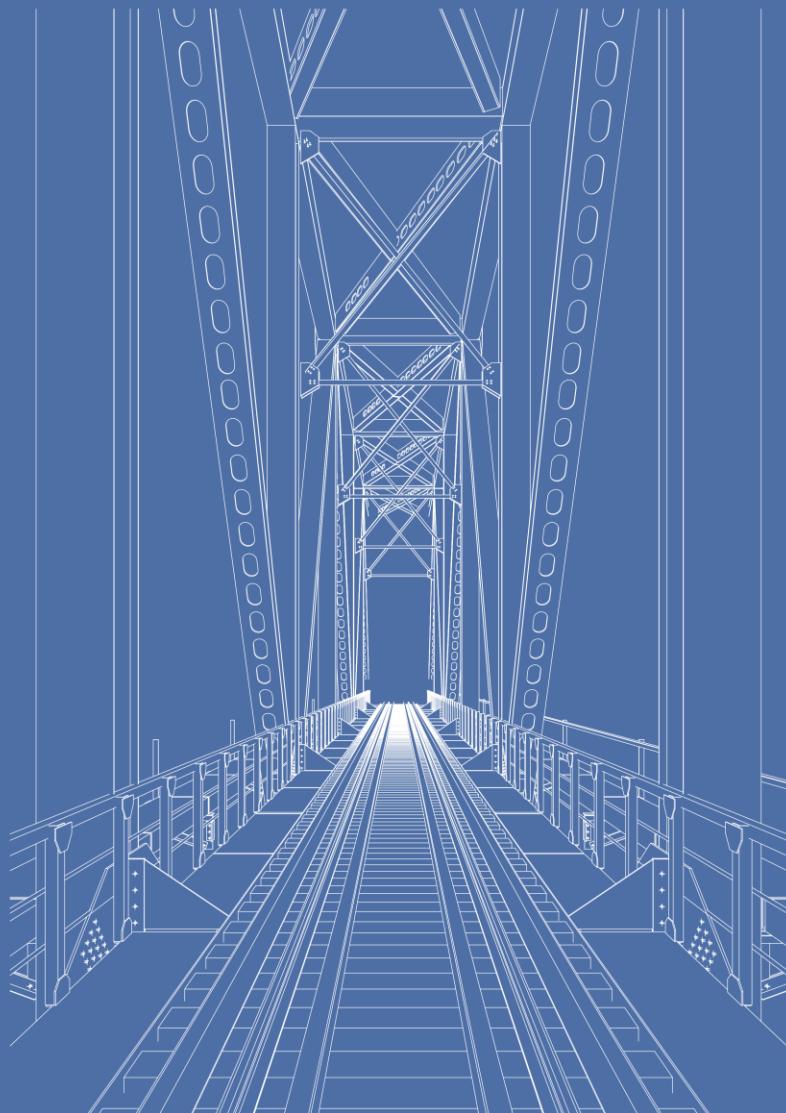
Описание «Дважды нажмите здесь, чтобы изменить описание группы»



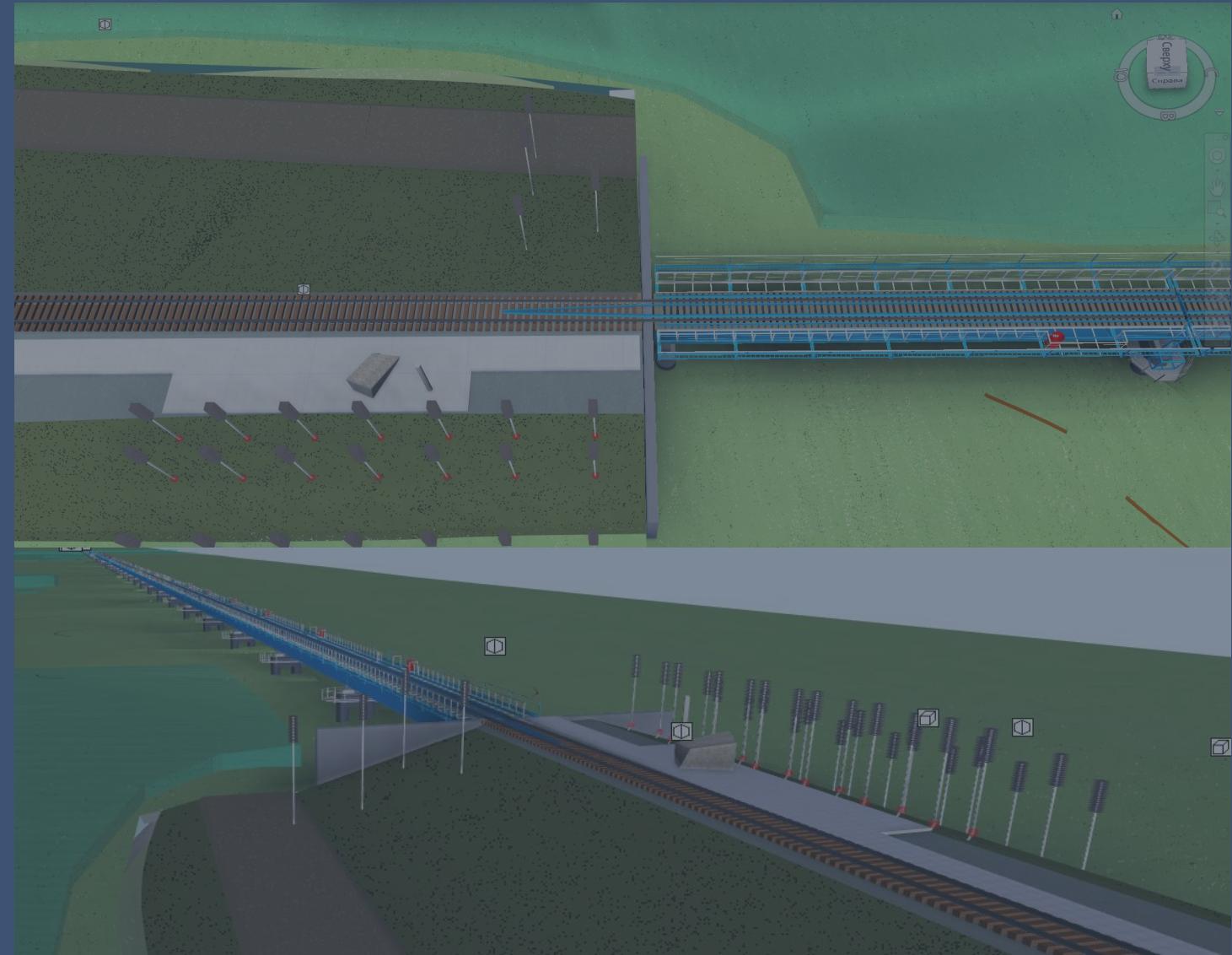
Dynamo\_Python 11

новое.

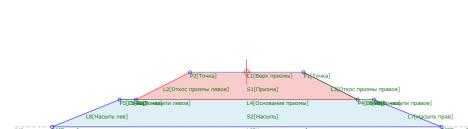
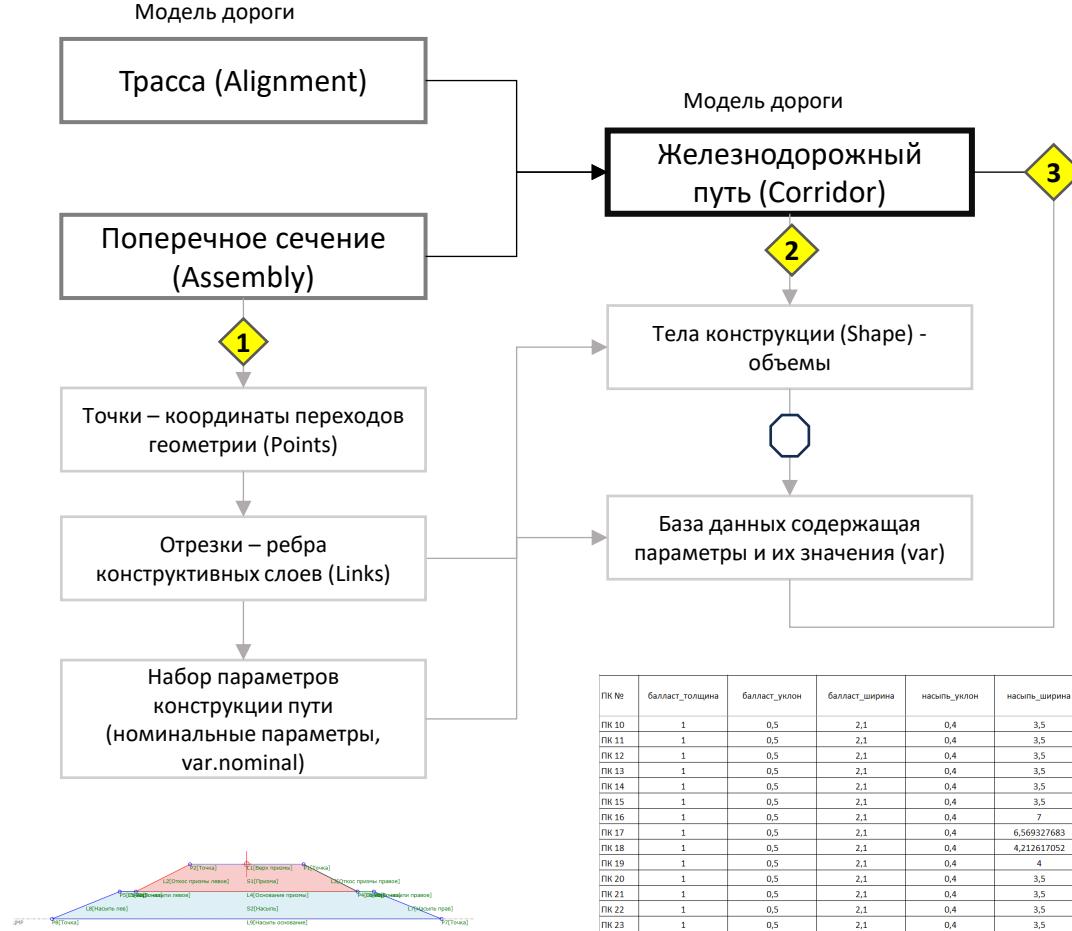
## Дороги и сооружения



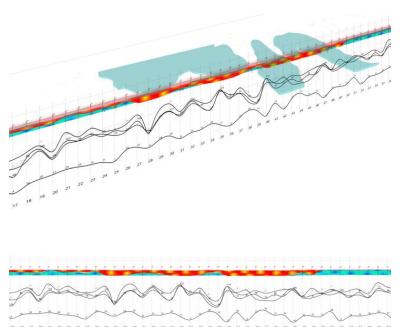
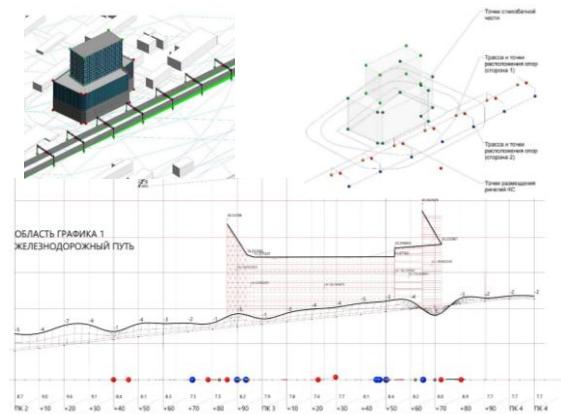
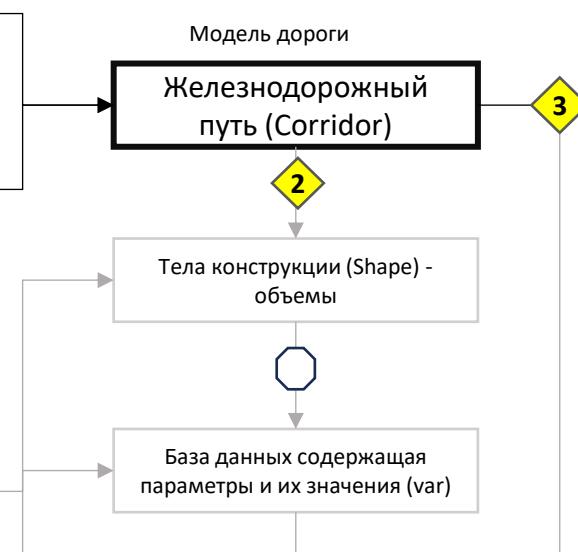
инструменты дорожного хозяйства



новое.



ПК №	балласт_толщина	балласт_уклон	балласт_ширина	насыпь_уклон	насыпь_ширина
ПК 10	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 11	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 12	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 13	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 14	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 15	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 16	1	0,5	2,1	0,4	7
ПК 17	1	0,5	2,1	0,4	6,569327683
ПК 18	1	0,5	2,1	0,4	4,212617052
ПК 19	1	0,5	2,1	0,4	4
ПК 20	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 21	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 22	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 23	1	0,5	2,1	0,4	3,5



технология формирования данных

повое.

# технология формирования данных

## Параметризация

1

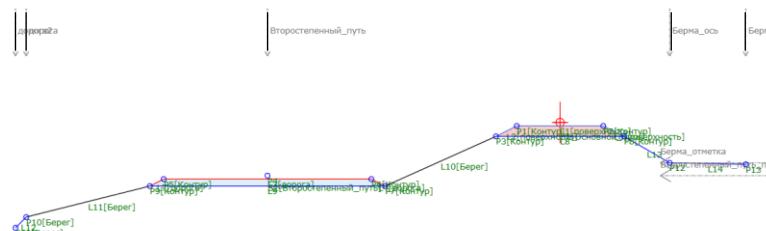
### Номинальная параметрическая конструкция



### Номинальные параметры поперечного сечения

Input/Output Parameters			
Name	Type	Direction	Default Value
Side	Side	Input	None
балласт_ширина	Double	Input	2.1
балласт_уклон	Grade	Input	50.00%
балласт_толщина	Double	Input	0.5
насыпь_ширина	Double	Input	3.5
ширина_основание	Double	Input	2.9
насыпь_уклон	Grade	Input	40.00%
Parameter8	String	Input	Трасса

### Добавление планового положения элементов дороги (для интеграции с данными съемки)



### Параметрическая связь

Point

Point Number: P5  
Point Codes: "Точка"

Point Geometry Type

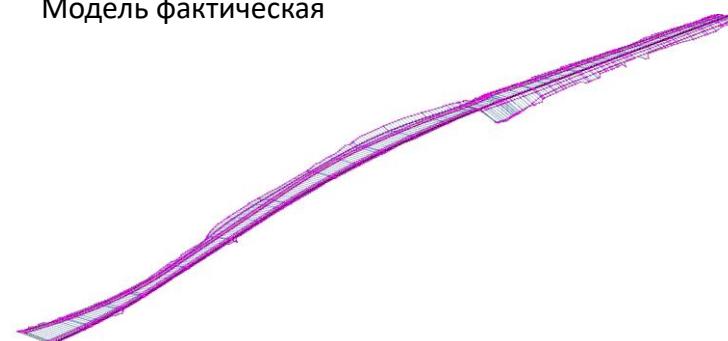
Type: Delta X and Delta Y

Point Geometry Properties

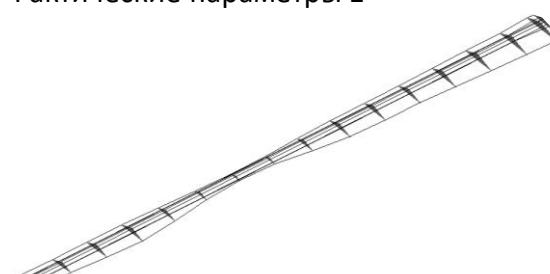
From Point: P3  
Delta X: -(насыпь\_ширина-ширина\_основание)/2  
Delta Y: 0

## Генерация 2

### Модель фактическая



### Фактические параметры 1



## новое.

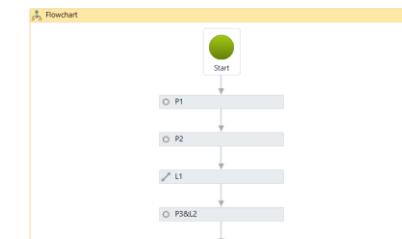
## Проверка

3

### Номинальные параметры модели

№	Коды параметров поперечного сечения	Значения параметров
1	толщина_балластная_призма	0,3
2	уклон_берег_выход	0,5
3	лоток_ширина_траншеи	0,2
4	отступ_ось	0,1
5	лоток_глубина_траншеи	0,3
6	Side	1
7	ширина_балластная_призма	2,5
8	ширина_дорога	6
9	берма_ширина	2

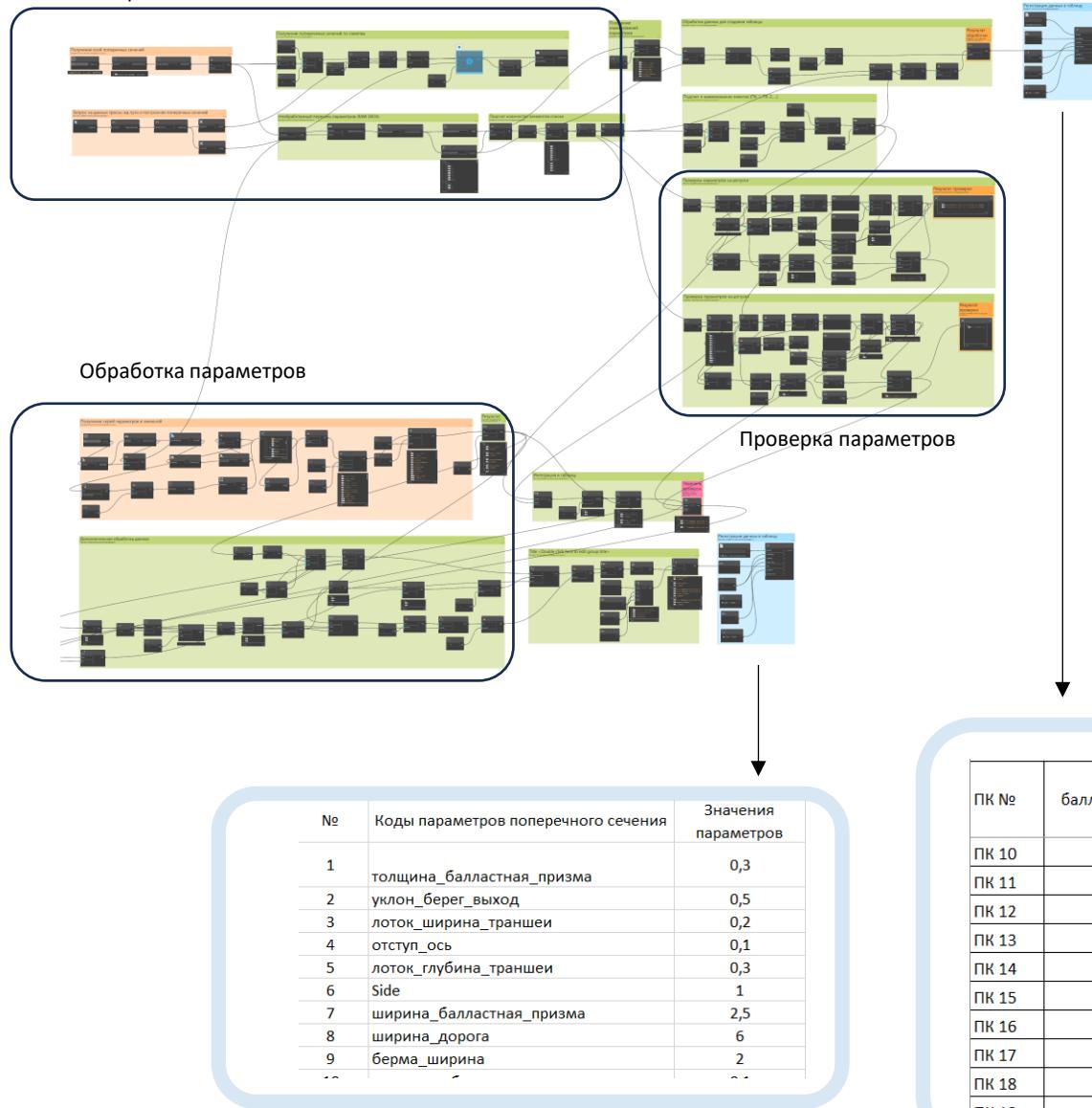
### Фрагмент



### Фактические параметры 1

ПК №	балласт_толщина	балласт_уклон	балласт_ширина	насыпь_уклон	насыпь_ширина
ПК 10	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 11	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 12	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 13	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 14	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 15	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 16	1	0,5	2,1	0,4	7
ПК 17	1	0,5	2,1	0,4	6,569327683
ПК 18	1	0,5	2,1	0,4	4,212617052
ПК 19	1	0,5	2,1	0,4	4
ПК 20	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 21	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 22	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 23	1	0,5	2,1	0,4	4

## Получение пикетажа и поперечных сечений



## технология проверки

## ОПИСАНИЕ

Параметрическая модель позволяет на основе трассы и модели конструктивных элементов железнодорожного пути формировать массивы исходных и фактических данных, проводить сравнение в режиме план/факт

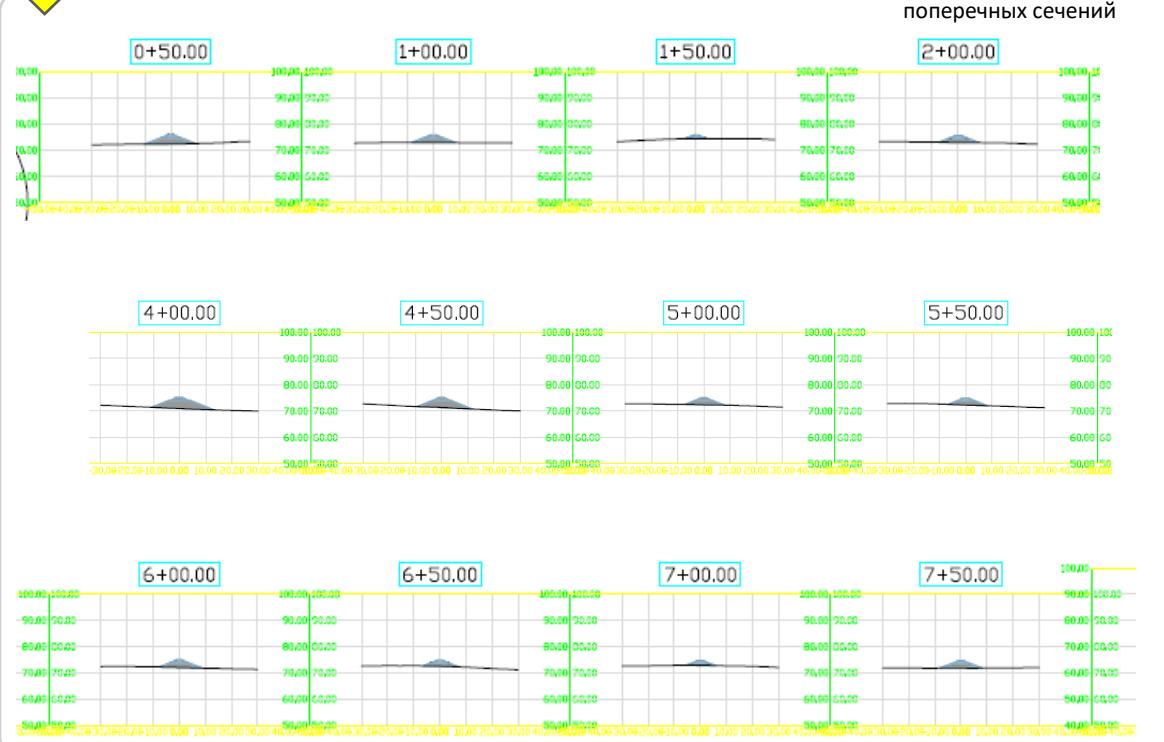
## УТОЧНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

1. Математическая модель регистрирует данные в двух состояний:
  - а. Номинальные параметры поперечного сечения (библиотечного элемента модели)
  - б. Фактические данные модели объекта, где к каждому отдельному пикету применено поперечное сечение
2. Номинальные параметры являются атрибутивными данными библиотечного элемента или усредненными значениями модели
3. Фактические параметры регистрируются на основе определенной частоты расстановки поперечного сечения (ПК1, ПК2, ...)

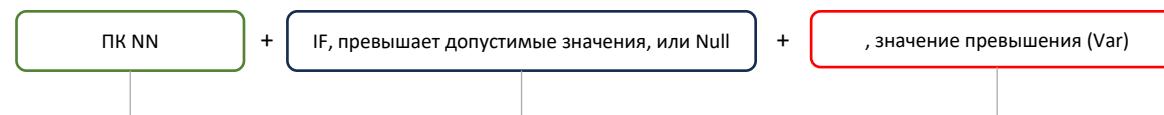
№	Коды параметров поперечного сечения	Значения параметров
1	толщина_балластная_призма	0,3
2	уклон_берег_выход	0,5
3	лоток_ширина_траншеи	0,2
4	отступ_ось	0,1
5	лоток_глубина_траншеи	0,3
6	Side	1
7	ширина_балластная_призма	2,5
8	ширина_дорога	6
9	берма_ширина	2
...	-	-

новое.

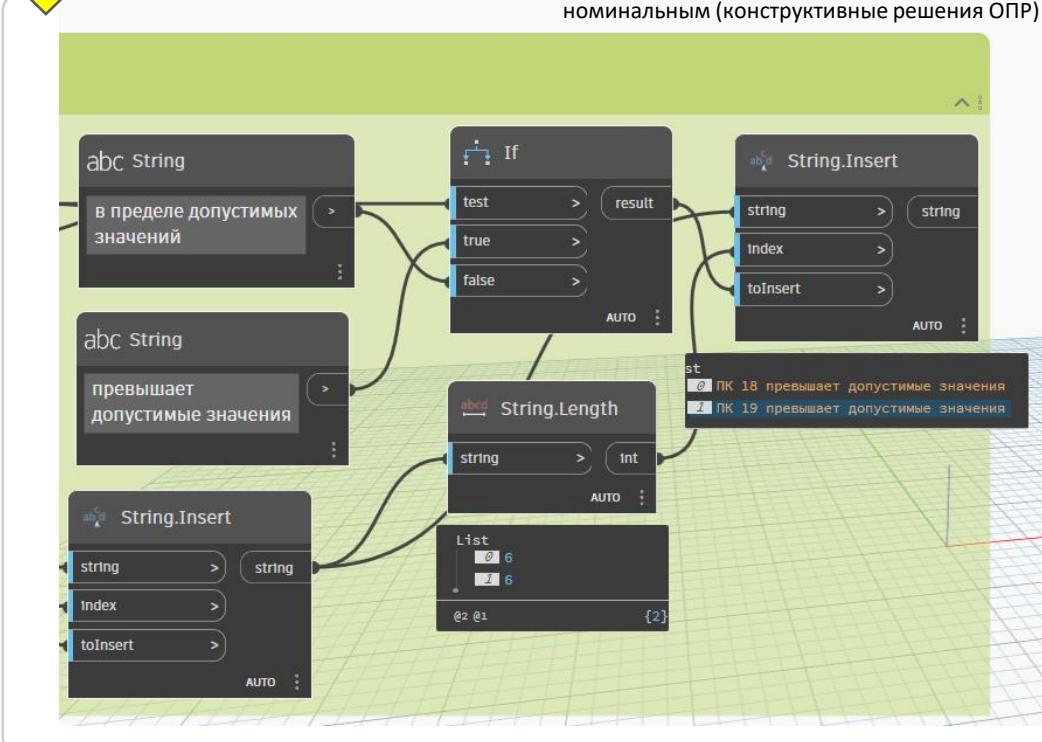
## 2 Генерация



В режиме string формируется автоматический ответ



## 3 Проверка

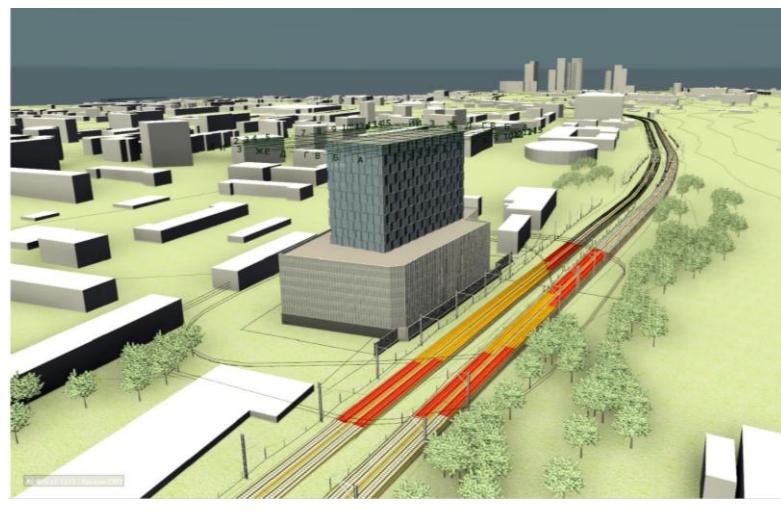


## 4 Мониторинг

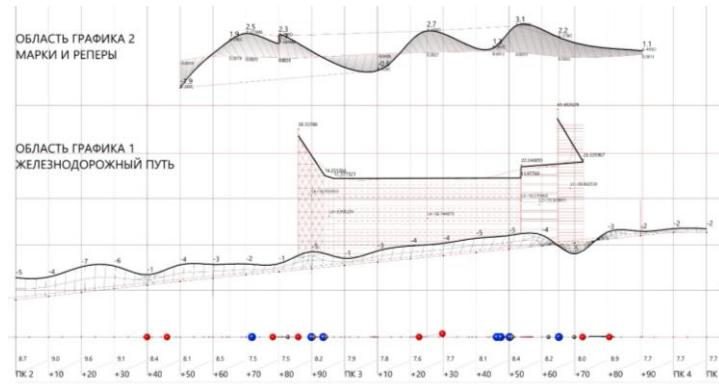
Параметр, наименование	Значение параметра	Отклонение 1	Отклонение 2
ширина_основание		2,9 ПК 18 превышает допустимые значения на 3.290000	
балласт_толщина		1 ПК 7 превышает допустимые значения на 0.710000	
насыпь_уклон	0,4		
Parameter8	Трасса		
балласт_уклон	0,5		
балласт_ширина	2,1		
насыпь_ширина	3,5		

Вывод проверочной ведомости в структуре номинальных параметров

## 4 Мониторинг



На примере опытного моделирования участка МЦД-1 рассматриваются возможности интеграции данных оценки влияния строящихся объектов на состояние железнодорожного пути [1]



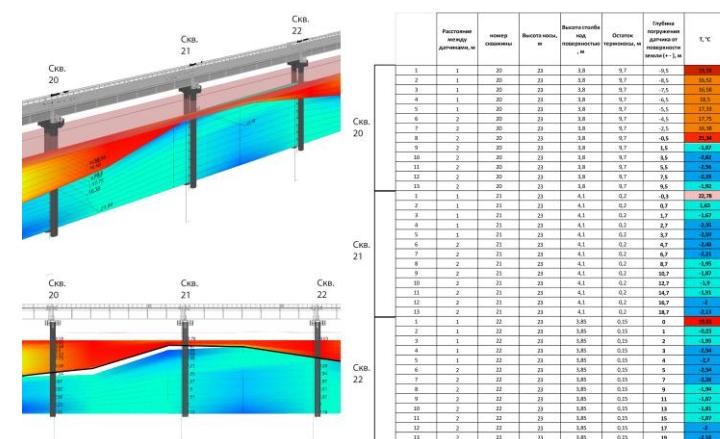
1. Семочкин, А. В. О способах включения интеграции данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры в систему цифрового информационного моделирования / А. В. Семочкин, Транспортное строительство. — 2025

## технология мониторинга

## 4 Мониторинг



Численное и графическое моделирование данных мониторинга в системах пространственных данных и цифрового информационного моделирования [2]



2. Семочкин, А. В. О трехшаговом методе создания системы цифрового информационного и параметрического моделирования объектов транспортной инфраструктуры и мониторинга / А. В. Семочкин, Т. В. Шепитко, А. А. Зайцев. Транспортные сооружения. — 2025. — Т 12. — № 1

новое.