









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 
- **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
- **Трёхфазовый принцип цифрового двойника:**
 -  – Параметризация – создание параметрической системы реализации объекта
 -  – Генерация – создание параметрической системы реализации объекта
 -  – Проверка
 -  – Сбор данных и мониторинг



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 (ЗООУИТ)
- Природных комплексов и гидросетей (русла, реки, и иные)

Данные ГИС НСПД (АИС
Росреестра)



ЦММ на основе ГИС

Цифровая модель местности на
основе открытой топографии



Здания и сооружения на основе
картографических и
атрибутивных источников

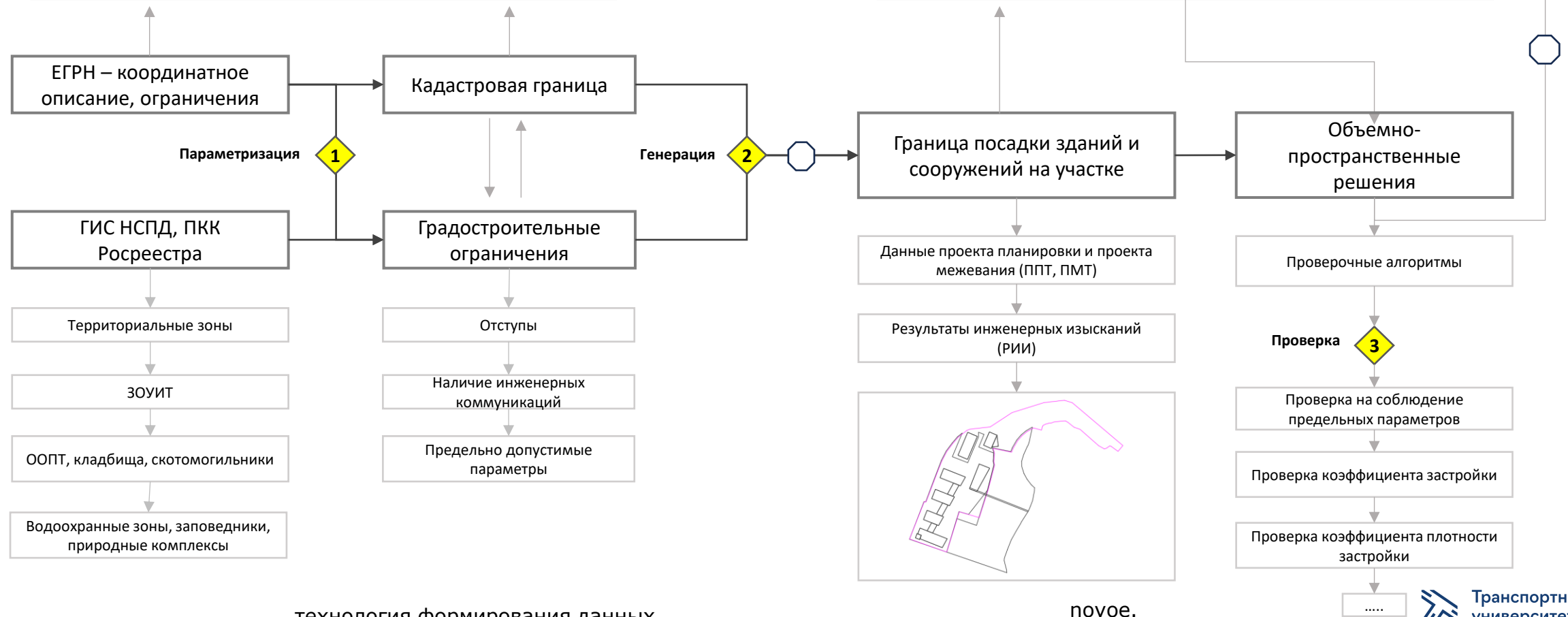
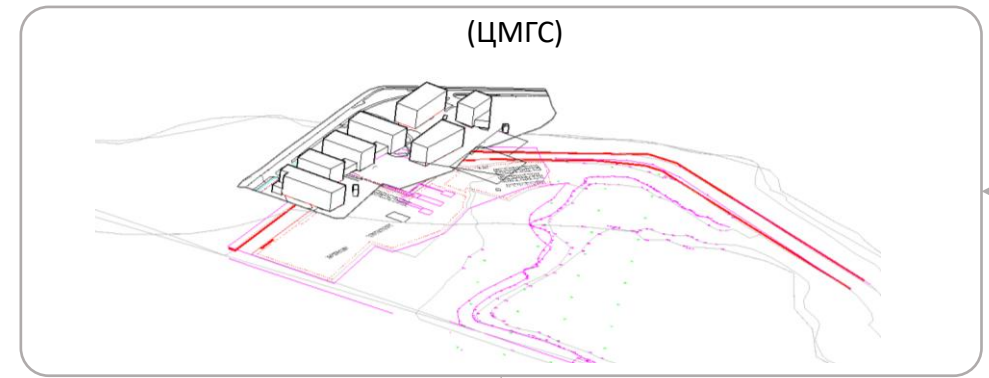
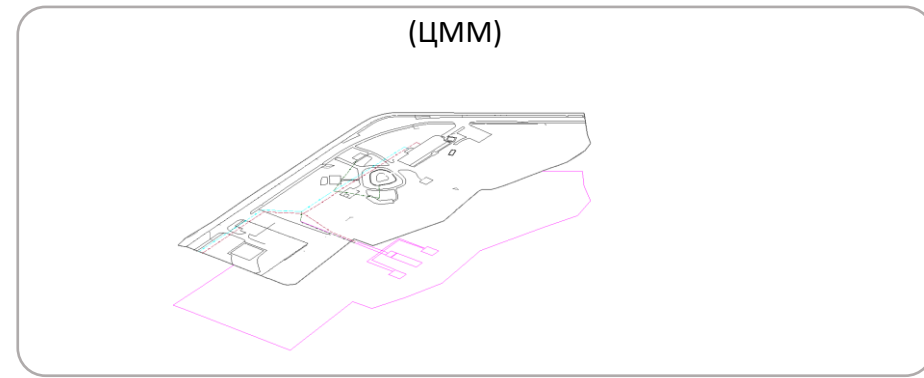
Данные карт, цифровой
объектовой схемы (ЦОС)

Данные ДЗЗ, аэрофотосъемки

новое.

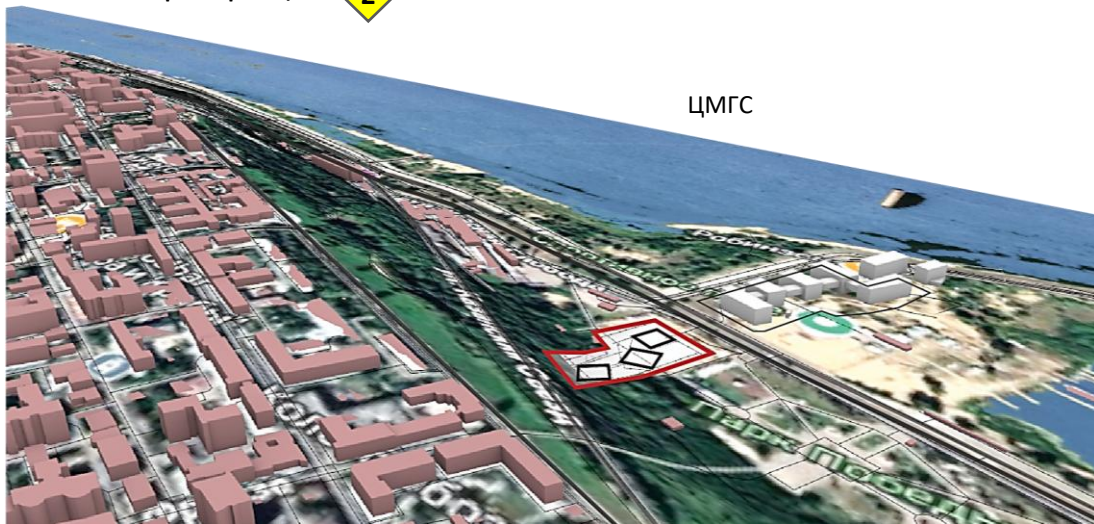
Цифровая модель местности (ЦММ)

Цифровая модель градостроительной ситуации (ЦМГС)



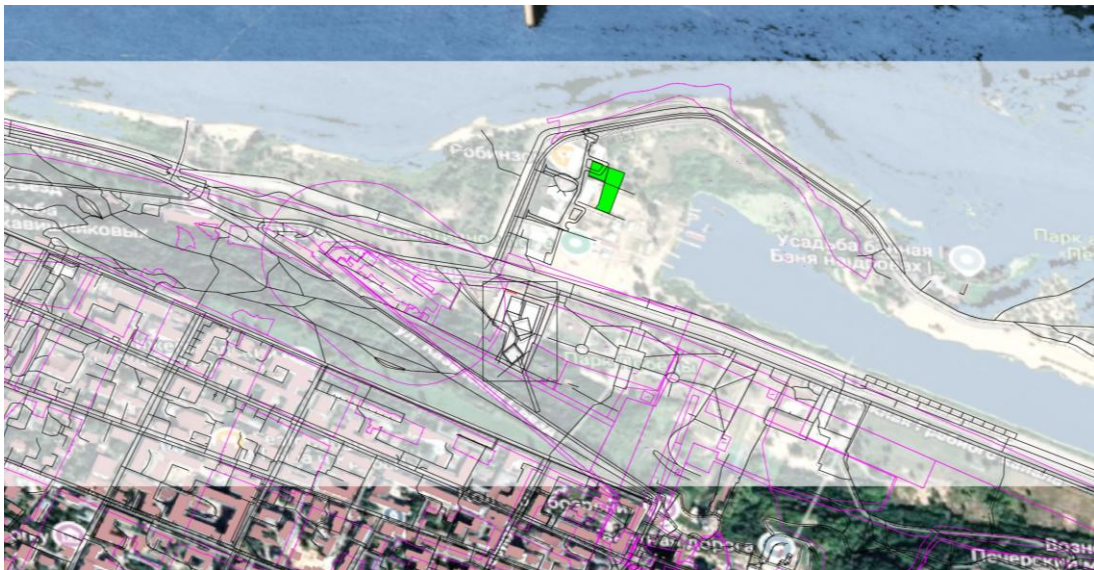
Параметризация

2



ЦМГС

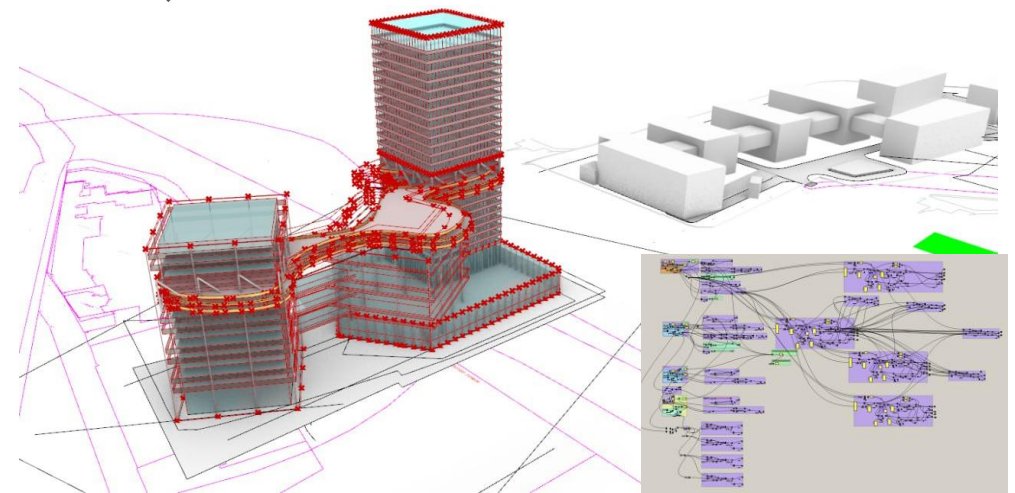
Преобразование растровых данных
ГИС НСПД в векторную карту



технология формирования данных

Генерация

2



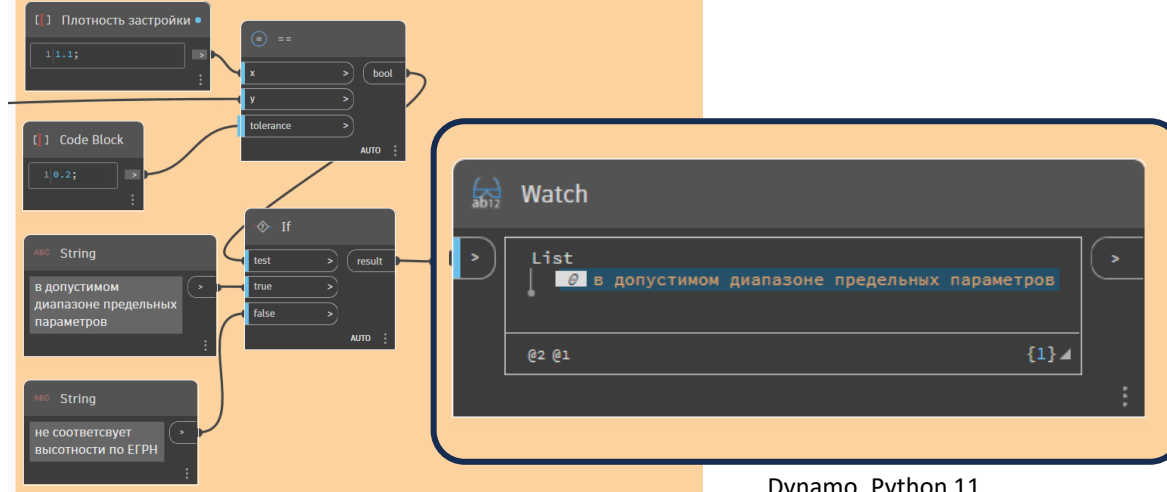
Grasshopper_Python 11

Проверка

2

Проверка коэффициента плотности застройки

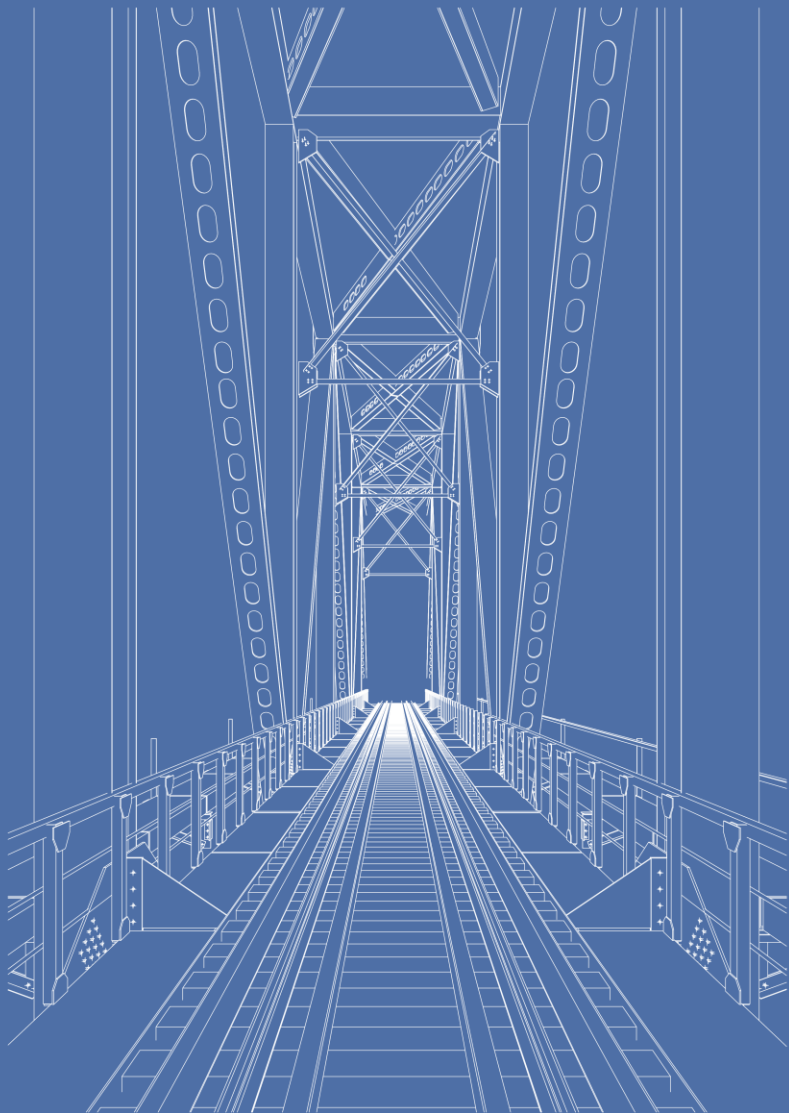
Описание: «Дважды нажмите здесь, чтобы изменить описание группы»



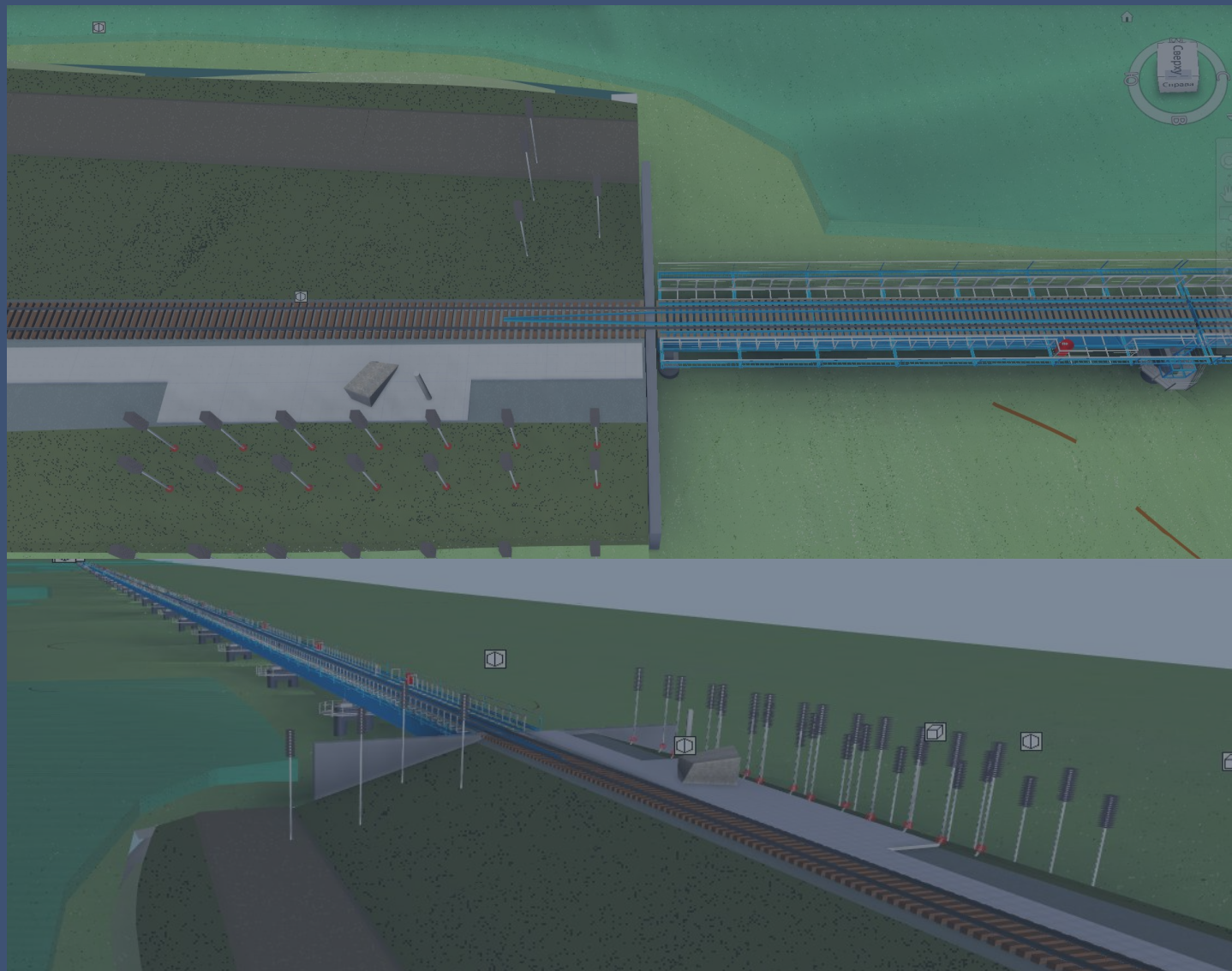
Dynamo_Python 11

novoe.

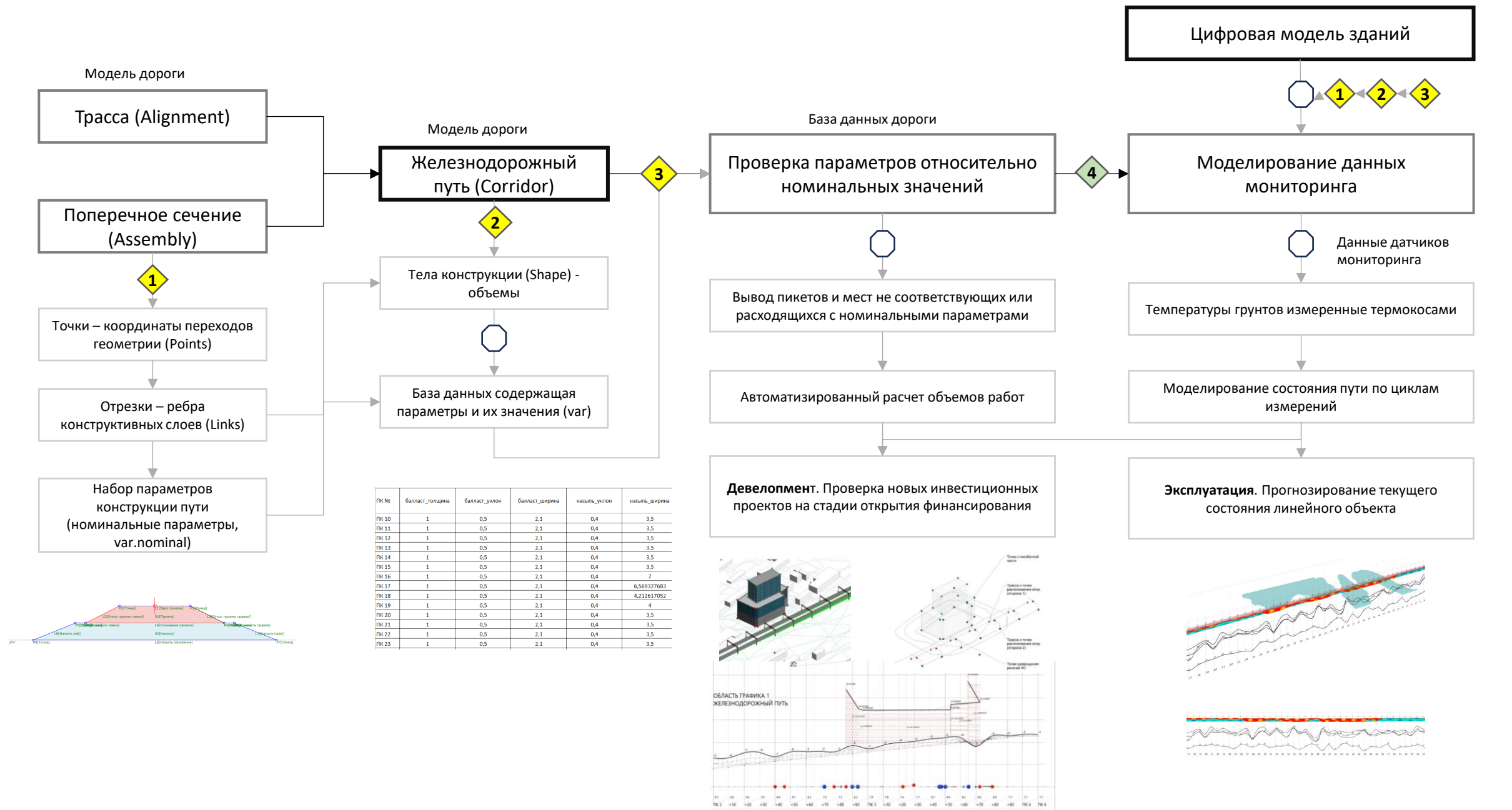
Дороги и сооружения



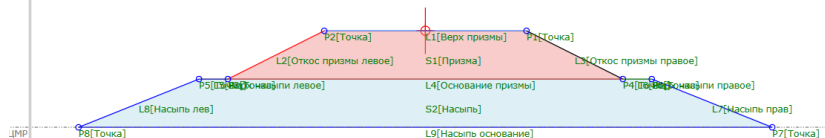
инструменты дорожного хозяйства



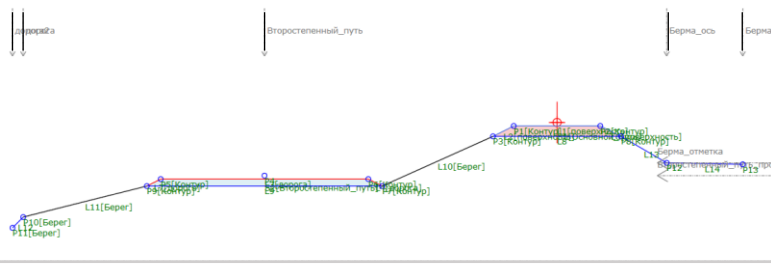
новое.



Номинальная параметрическая конструкция



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



Модель фактическая



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

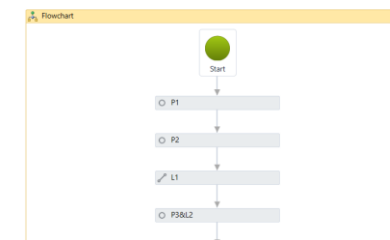
Параметрическая обвязка

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

Номинальные параметры модели

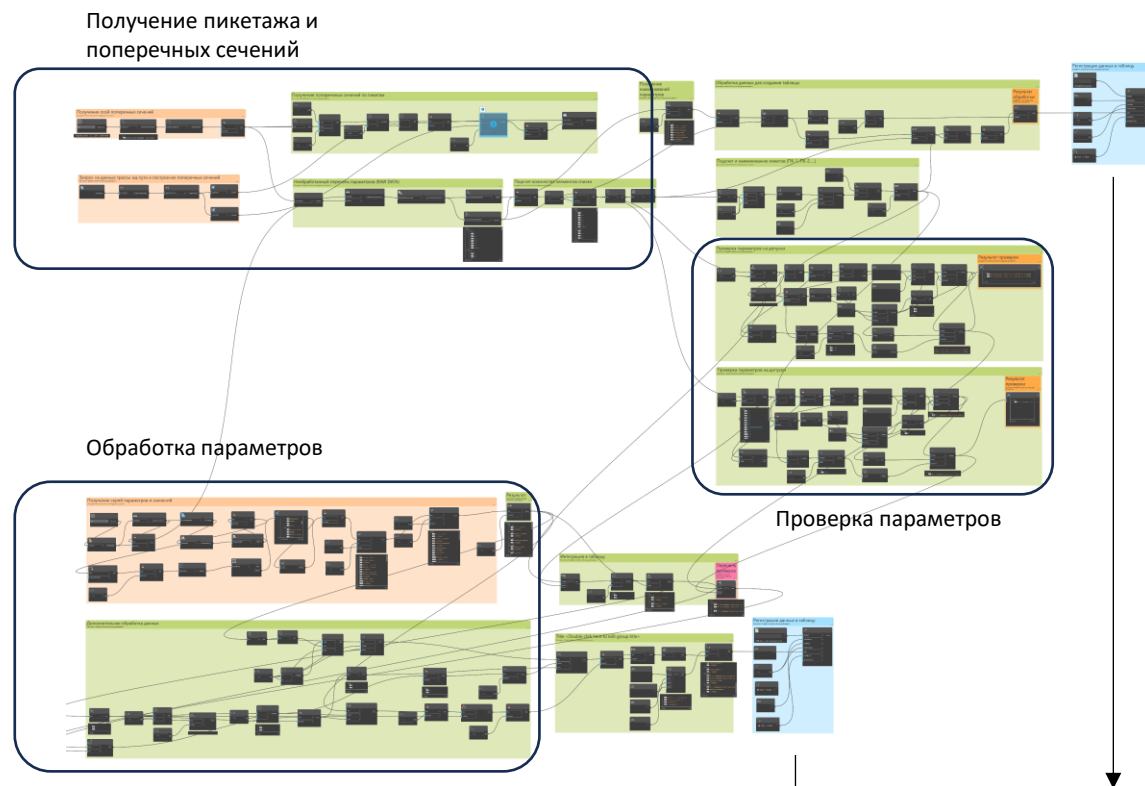
№	Коды параметров поперечного сечения	Значения параметров
1	толщина_балластная_призма	0,3
2	уклон_берег_выход	0,5
3	лоток_ширина_траншеи	0,2
4	отступ_ось	0,1
5	лоток_глубина_траншеи	0,3
6	Side	1
7	ширина_балластная_призма	2,5
8	ширина_дорога	6
9	берма_ширина	2

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	6,509327683
ПК 18	1	0,5	2,1	0,4	4,212617053
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



№	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

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

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

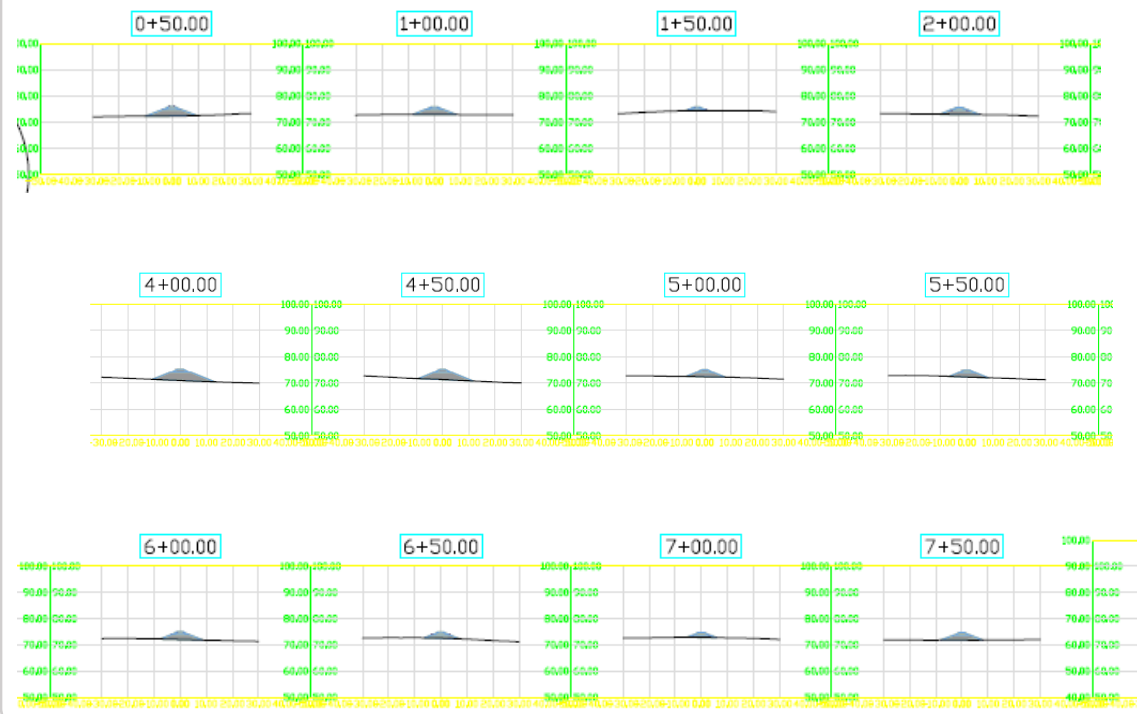
ПК №	балласт_толщина	балласт_уклон	балласт_ширина	насыпь_уклон	насыпь_ширина
ПК 10	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 11	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 12	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 13	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 14	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 15	1	0,5	2,1	0,4	3,5
ПК 16	1	0,5	2,1	0,4	7
ПК 17	1	0,5	2,1	0,4	6,569327683
ПК 18	1	0,5	2,1	0,4	4,212617052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

novoe.

2

Генерация

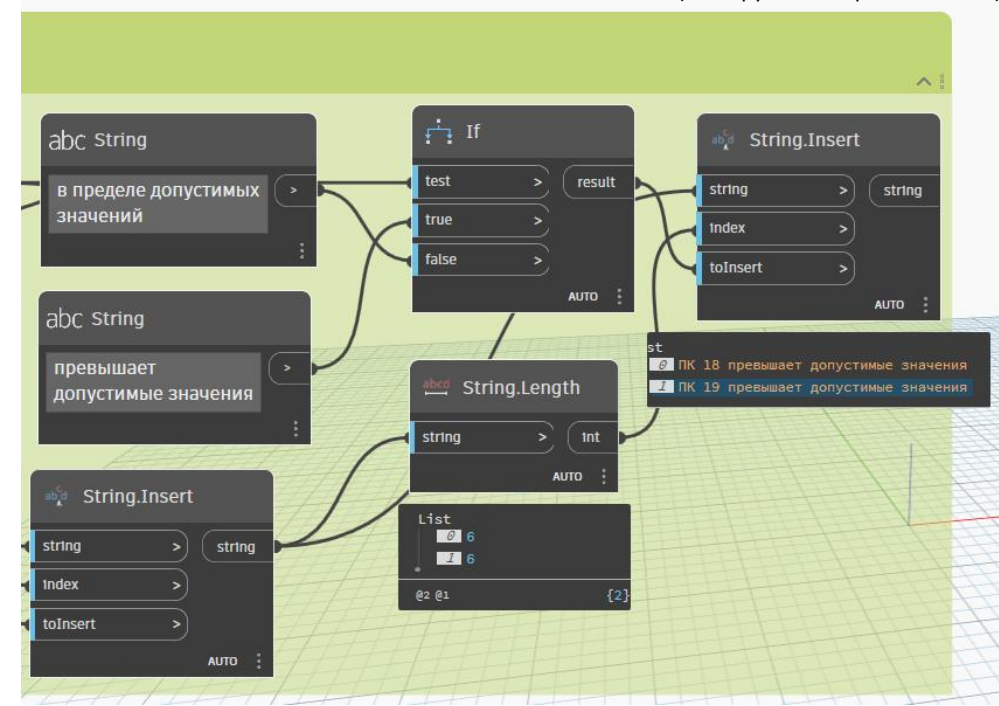
Получение пикетажа и поперечных сечений



3

Проверка

Проверка параметров в пикетах на соответствие номинальным (конструктивные решения ОПР)



В режиме string сформируется автоматический ответ

ПК NN + IF, превышает допустимые значения, или Null + , значение превышения (Var)

4

Мониторинг

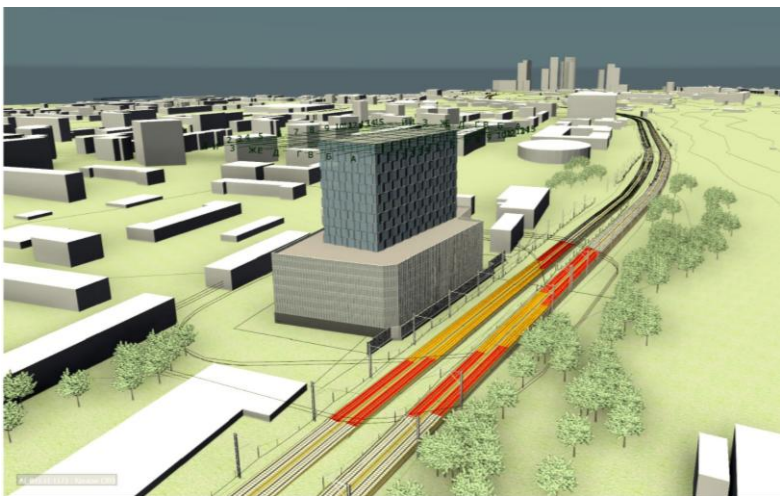
Параметр, наименование	Значение параметра	Отклонение 1	Отклонение 2
ширина_основание		2,9	ПК 18 превышает допустимые значения на 3.290000
балласт_толщина		1	ПК 7 превышает допустимые значения на 0.710000
насыпь_уклон		0,4	
Parameter8	Трасса		
балласт_уклон		0,5	
балласт_ширина		2,1	
насыпь_ширина		3,5	

технология проверки

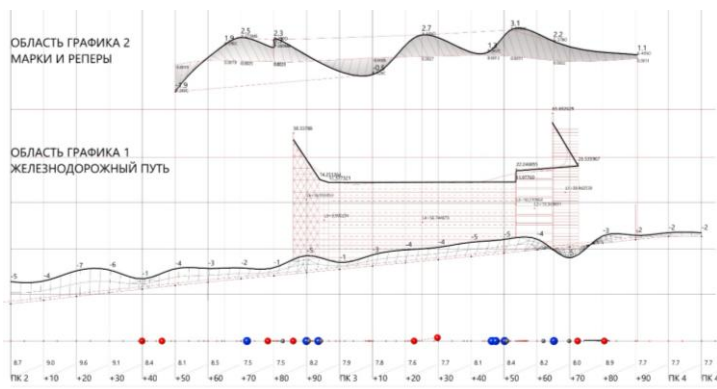
Транспортный университет

novoe.

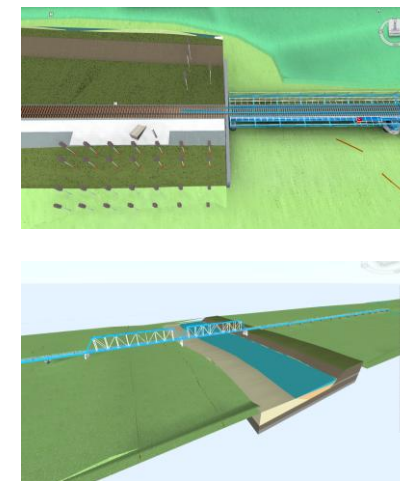
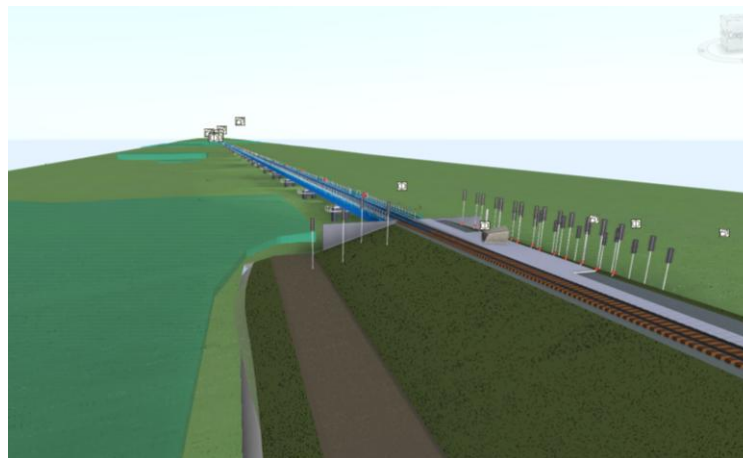
Вывод проверочной ведомости в структуре номинальных параметров



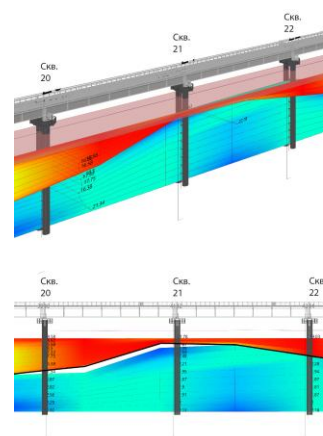
На примере опытного моделирования участка МЦД-1 рассматриваются возможности интеграции данных оценки влияния строящихся объектов на состояние железнодорожного пути [1]



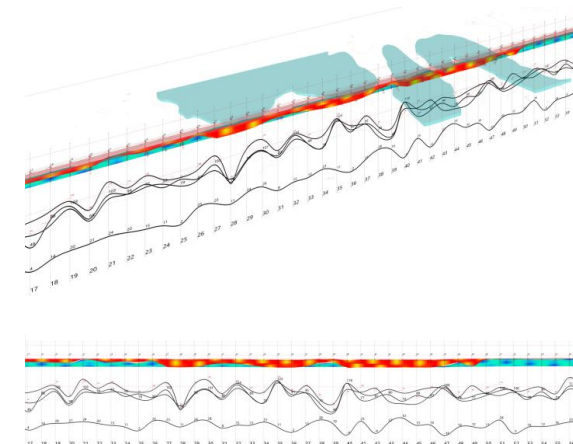
1. Семочкин, А. В. 16. О способах включения интеграции данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры в систему цифрового информационного моделирования / А. В. Семочкин, Транспортное строительство. — 2025.



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



	Расстояние между датчиками, м	номер датчика	Высота столба, м	Высота столба над платформой, м	Остаток, м	Глубина погружения датчика от поверхности земли (+/-), м	t, °C
1	1	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
2	1	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
3	1	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
4	1	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
5	1	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
6	2	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
7	2	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
8	2	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
9	2	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
10	2	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
11	2	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
12	2	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
13	2	20	23	3.8	9.7	-6.5	-1.2
14	1	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
15	1	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
16	1	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
17	1	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
18	1	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
19	2	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
20	2	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
21	2	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
22	2	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
23	2	21	23	4.1	0.2	-8.9	-2.7
24	1	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
25	1	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
26	1	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
27	1	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
28	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
29	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
30	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
31	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
32	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
33	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
34	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
35	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
36	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
37	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
38	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
39	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
40	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
41	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
42	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
43	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
44	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
45	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
46	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
47	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
48	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
49	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
50	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
51	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
52	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
53	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
54	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
55	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
56	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2
57	2	22	23	3.85	0.15	8	-1.2



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