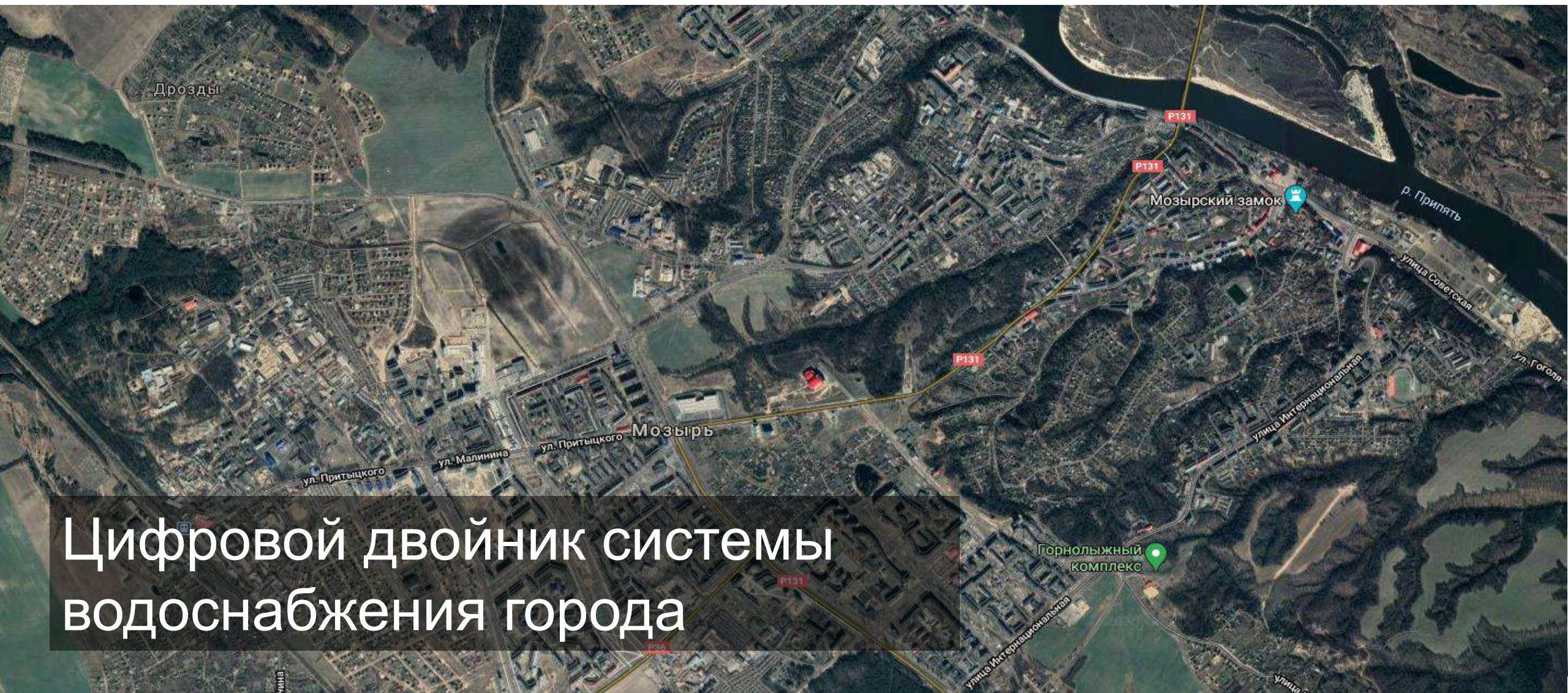




Цифровой двойник системы водоснабжения города

Бойцов Виталий, директор ООО «ГеоЦентрГрупп»

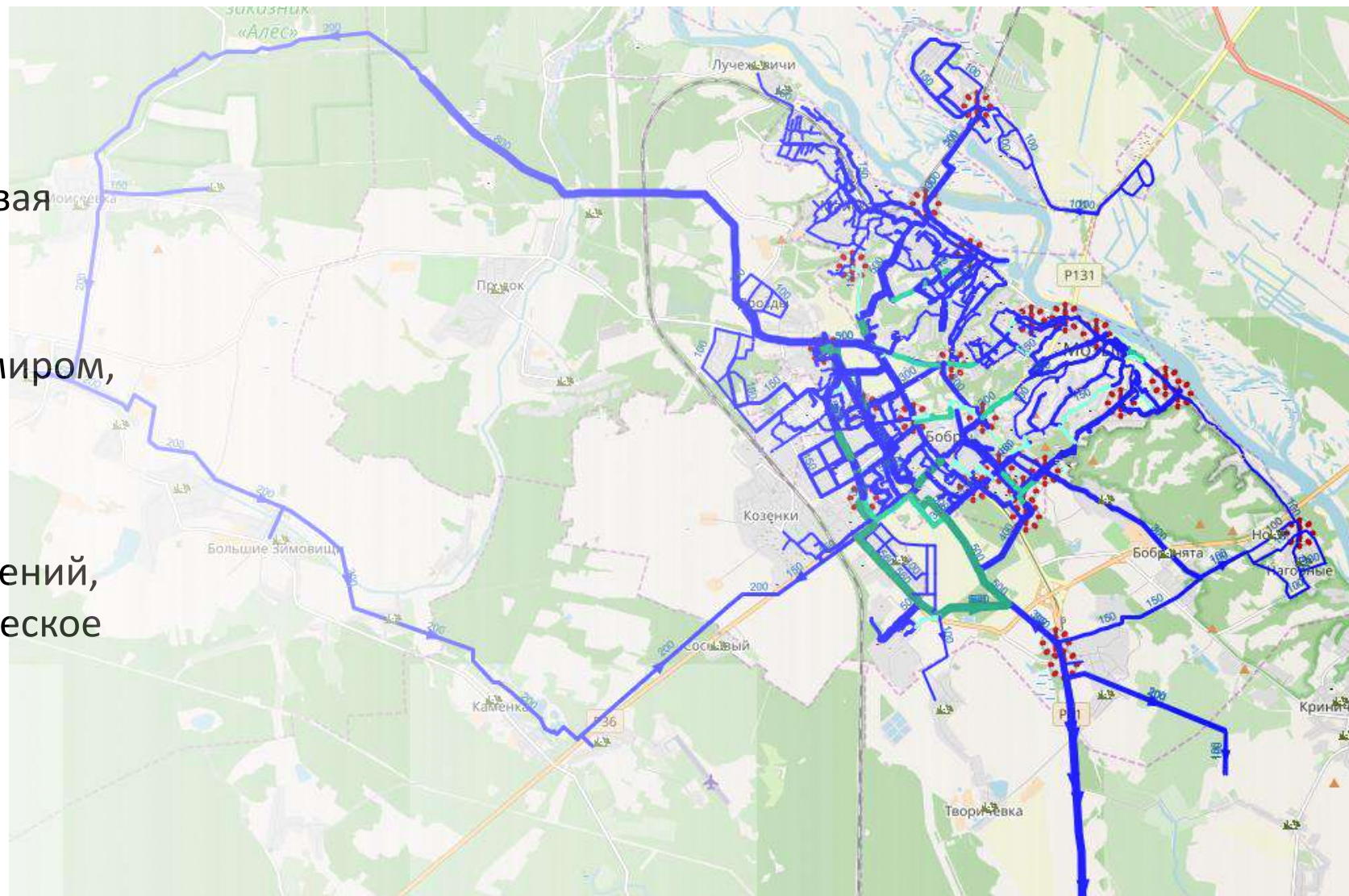


ООО «ГеоЦентрГрупп»

Весь мир в твоих руках...

Цифровой двойник системы водоснабжения

Цифровой двойник системы водоснабжения — это цифровая копия физической системы. Он действует как мост между физическим и виртуальным миром, позволяющим понимать происходящие процессы, моделировать, проводить оптимизацию работы сооружений, выполнять технико-экономическое обоснование инвестиций



Прогнозирование и адаптируемость – этапы для перехода к Индустрии 4.0

Индекс зрелости Индустрии 4.0

Индекс зрелости решений ООО «ГеоЦентрГрупп» по созданию цифровых двойников



Компьютаризация



Возможность
подключения к сети



Наглядность
(наблюдение)



Понимание



Прогнозирование



Адаптируемость

Что происходит?

Почему это
происходит?

Что будет если?

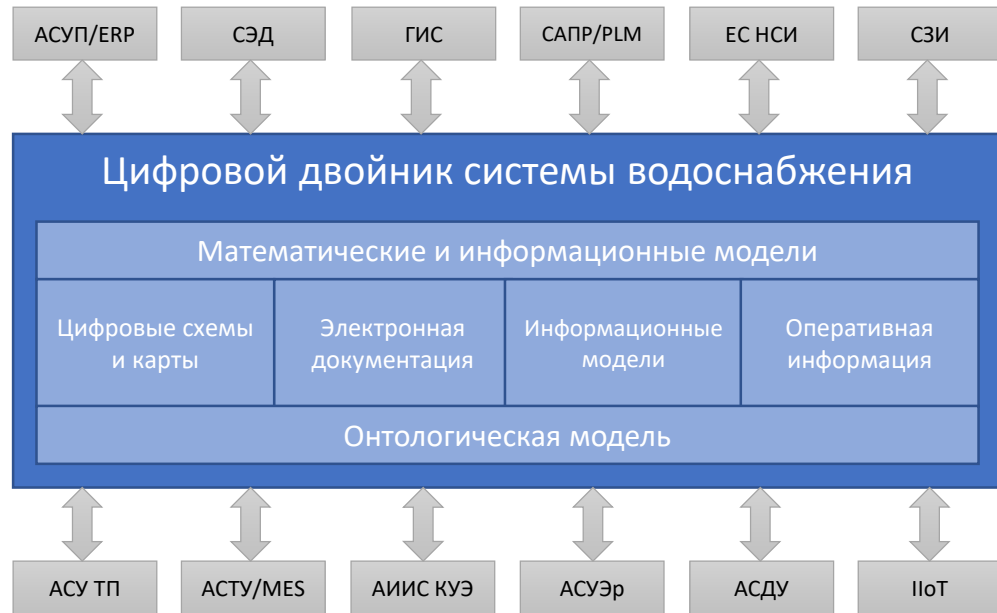
Каким образом
автономные,
оптимальные
действия могут
быть
реализованы?

Развитие от Индустрии 3.0 ...

... к индустрии 4.0

Архитектура цифрового двойника

По структуре цифровой двойник представляет собой комплекс взаимосвязанных компьютерных систем, способных достоверно отобразить систему водоснабжения, ее состояние и поведение при различных условиях эксплуатации и управляющих воздействиях.



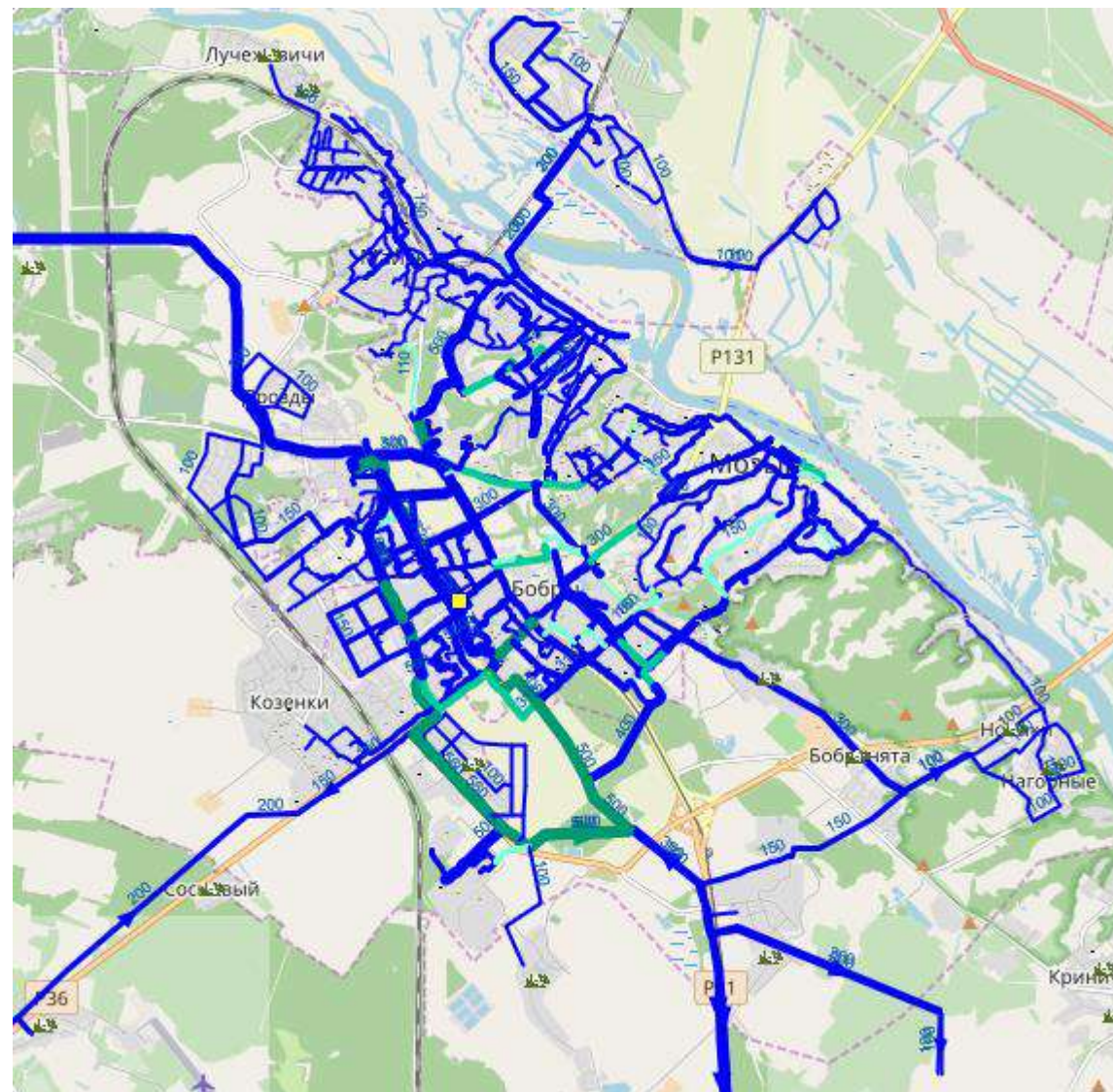
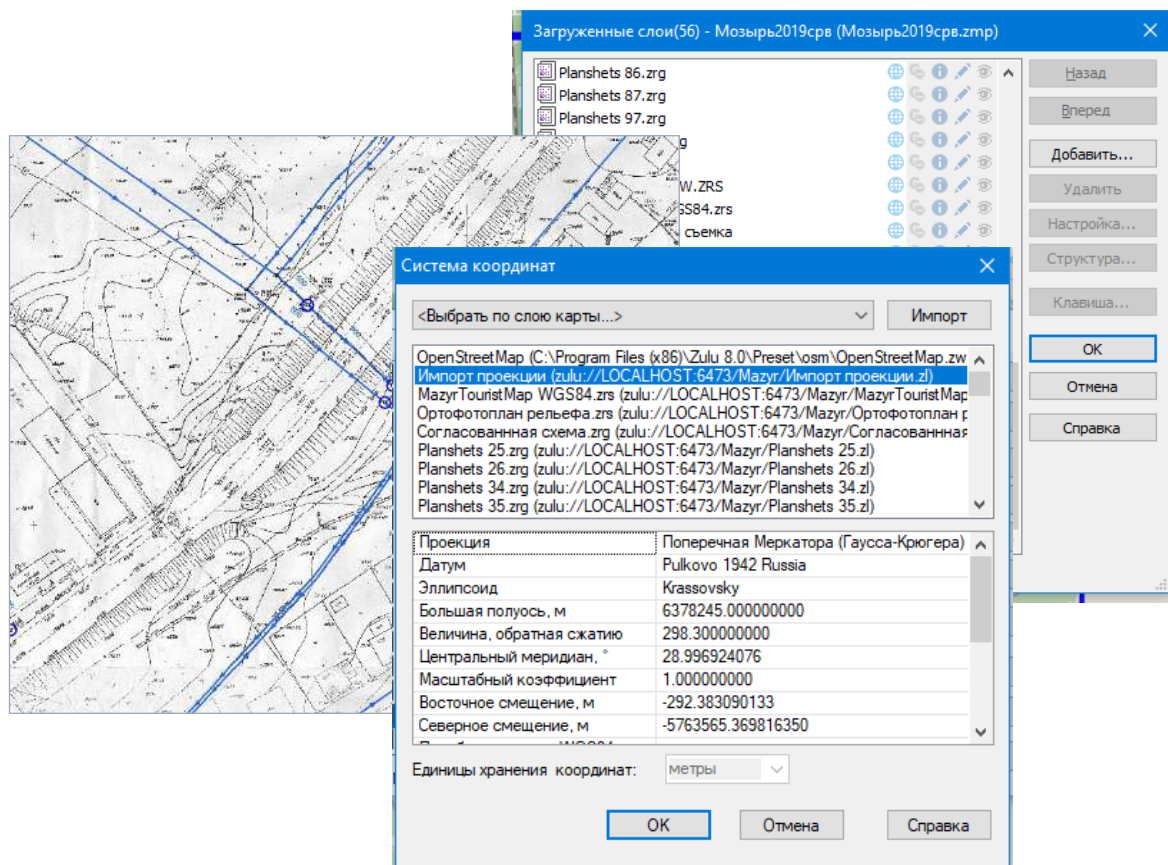
Этапы создания цифрового двойника

- ❑ Сбор, изучение и обработка информации
- ❑ Создание математической модели
- ❑ Интеграция данных из информационных систем
- ❑ Калибровка математической модели
- ❑ Ответы на вопросы:
 - Что происходит?
 - Почему это происходит?
 - Что будет если?
 - Адаптируемость



Сбор, изучение и обработка информации

Сбор исходных данных осуществлялся с применением геоинформационных технологий, которые позволяют объединить данные из разных источников: инженерно-топографических планов, планшетов БТИ, исполнительной и проектной документации.

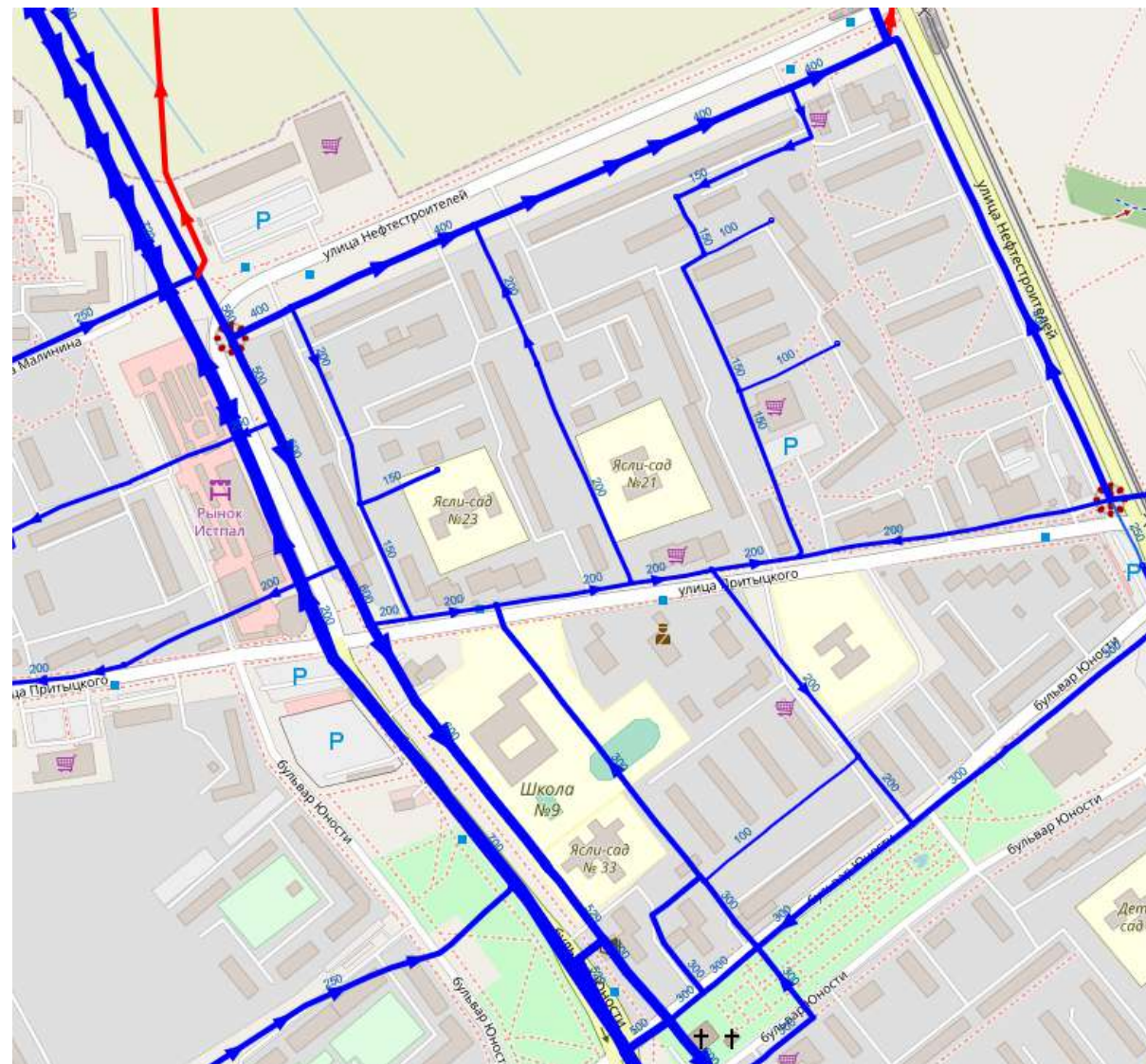


Сбор, изучение и обработка информации

Для построения пространственной модели используется объектно-ориентированный подход. Каждый объект ГИС представлен в классификаторе и описан набором его свойств – физических и эксплуатационных характеристик, а также способов отображения в системе. Кроме того, описываются взаимосвязи между объектами. Комбинации этих элементов образуют пространственные модели объектов. Классификатор позволяет точно и однозначно систематизировать объекты и их пространственные отношения.

Участок водопроводной сети *	
Текущая запись	Запрос База Ответ
Начало участка	
Конец участка	
Источники	
Длина участка, м	132.1
Внутренний диаметр трубы, м	0.2
Источник информации	Планшет 1:500
Year	существующая сеть
Шероховатость, мм	1
Коэффициент местных сопротивле...	
Местные сопротивления	
Сумма коэф. местных сопротивле...	
Зарастание трубопровода, мм	
Гидравлическое сопротивление, м...	
Расход воды на участке, л/с	
Расход воды на участке, м3/час	
Потери напора на участке, м	

Узел *	
Текущая запись	Запрос База Ответ
Наименование колодца	ВК-234
Адрес	ул. Пролетарская, 87
Год строительства	
Геодезическая отметка, м	167.44
Полный напор, м	
Напор, м	
Требуемый напор, м	23.56
Требуемый пьезометр, м	191
Время прохождения воды от источни...	
Путь, пройденный от источника, м	
Источники	



Сбор, изучение и обработка информации

Для построения пространственной модели используется объектно-ориентированный подход. Каждый объект ГИС представлен в классификаторе и описан набором его свойств – физических и эксплуатационных характеристик, а также способов отображения в системе.

Участок водопроводной сети

Текущая запись

Запрос

База

Ответ

Sys	Внутренний диа...	Источник инфо...	Year	Шероховатос: ^
2155	0.15	Ориентировочно	проект на 2030	
2153	0.2	Ориентировочно	проект на 2030	
2151	0.2	Ориентировочно	проект на 2030	
2149	0.2	Ориентировочно	проект на 2030	
2147	0.15	Ориентировочно	проект на 2030	
2252	0.3		проект на 2030	
2251	0.5		проект на 2	Узел
2250	0.5		проект на 2	
2145	0.2	Ориентировочно	проект на 2	
2143	0.2	Ориентировочно	проект на 2	
2141	0.2	Ориентировочно	проект на 2	
2139	0.15	Ориентировочно	проект на 2	
2137	0.2	Ориентировочно	проект на 2	
2168	0.3		проект на 2	
45	0.1		существую	
47	0.3	Ориентировочно	существую	
49	0.3		существую	
50	0.3		существую	
55	0.2		существую	
56	0.2		существую	
58	0.1		существую	
59	0.1		существую	
<				

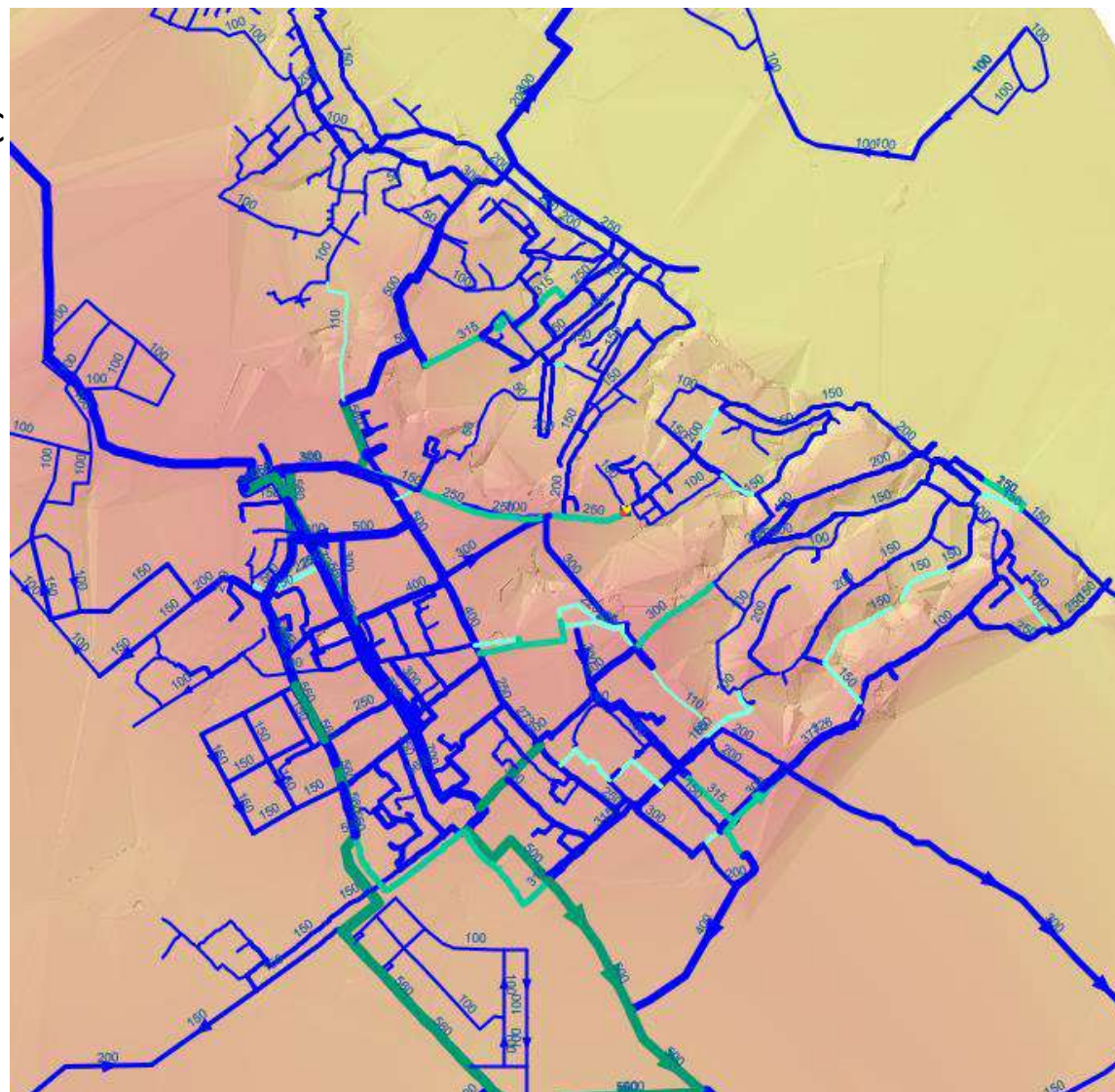
Текущая запись

Запрос

База

Ответ

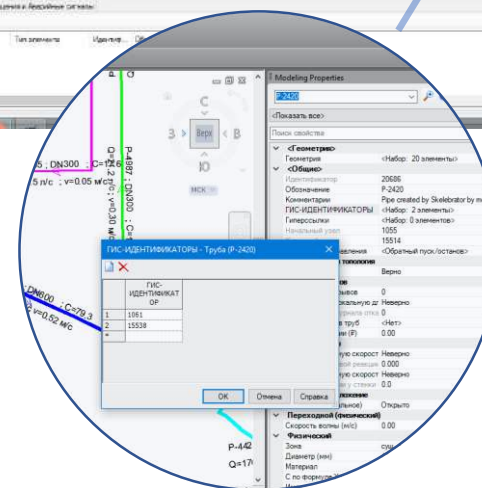
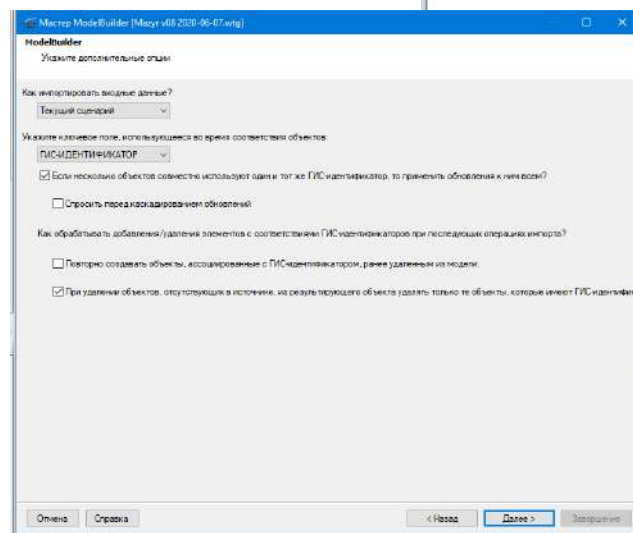
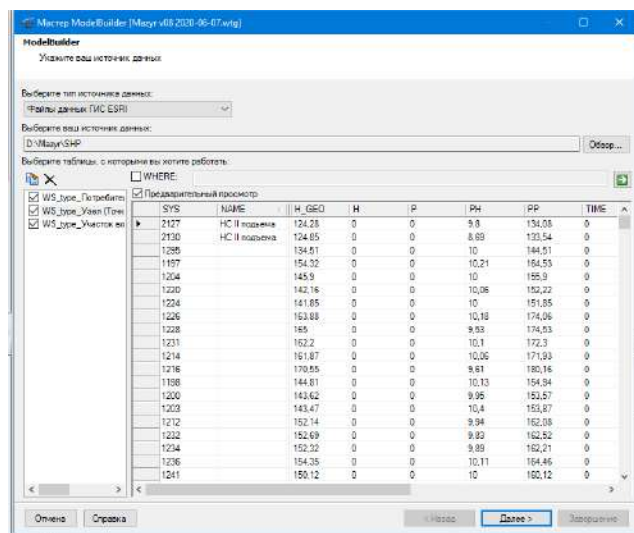
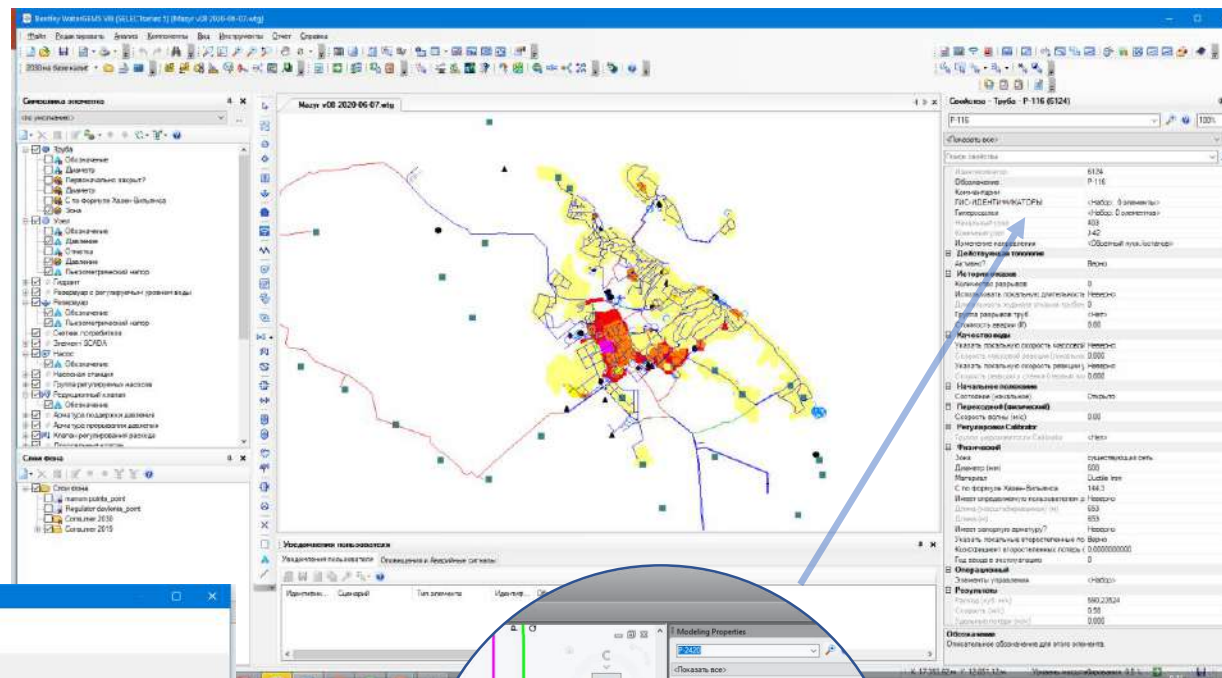
Sys	Геодезическая ...	Требуемый нап...	Требуемый пье...	Время прохожд...	Путь ^
1349	146.38	18.55	164.93		
1351	153.13	18.81	171.94		
1354	142.19	16.51	158.7		
1355	142.15	14.21	156.36		
1357	146.47	22.66	169.13		
1359	132.94	10.01	142.95		
1361	146.83	18.42	165.25		
1364	158.77	41.58	200.35		
1366	150.15	10	160.15		
1368	146.87	11.75	158.62		
1371	139.23	13.34	152.57		
1373	151.79	10.92	162.71		
1375	157.91	11.88	169.79		
1377	165.57	10	175.57		
1379	164.96	10	174.96		
1381	162	10	172		
1383	166.49	10	176.49		
1385	168.01	10.41	178.42		
1389	168.24	9.94	178.18		
1391	171.03	9.81	180.84		
1395	168.15	9.94	178.94		
<					



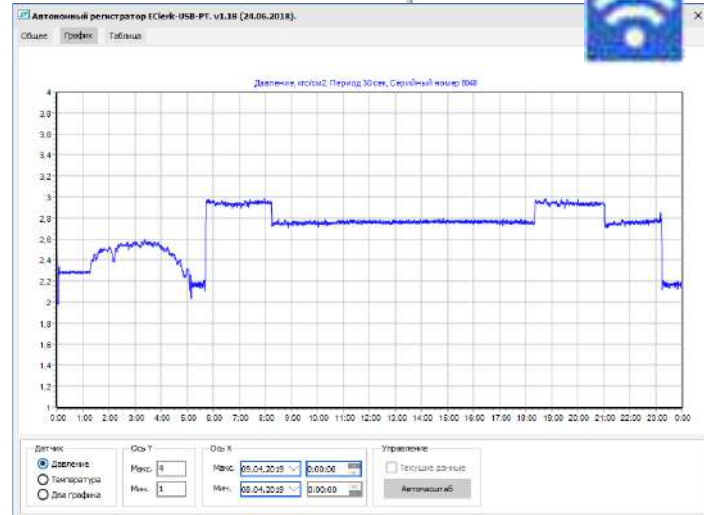
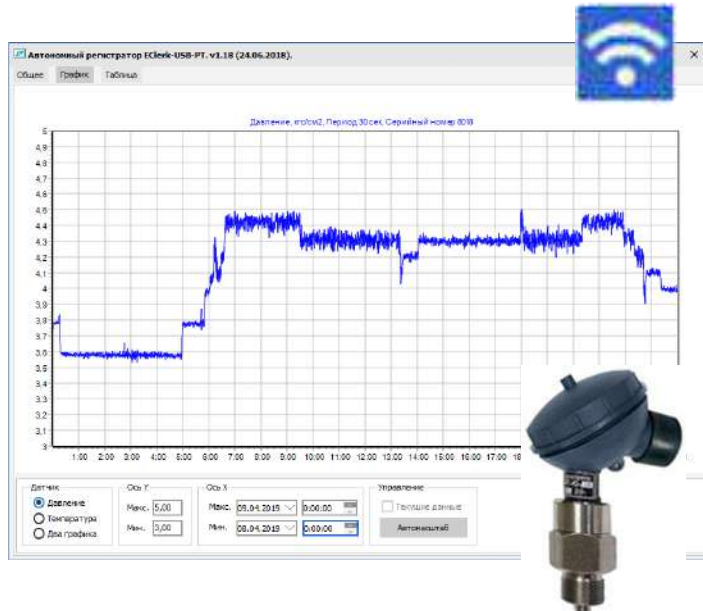
Создание математической модели

Возможность быстрого и легкого создания гидравлической модели обеспечивается за счет импорта/экспорта как модели целиком, так и ее части из геоинформационной системы с использованием ГИС идентификаторов.

Благодаря этой технологии обеспечивается актуальность модели на протяжении всего жизненного цикла



- ✓ Получение данных с АСУ ТП через базу данных
- ✓ Импорт исторических данных
- ✓ Чтение данных, получаемых в режиме реального времени
- ✓ Отображение значений сигналов для каждого выбранного элемента на схеме, на графике, в табличном виде
- ✓ Определение и отображение разницы между реальным и моделируемым значением

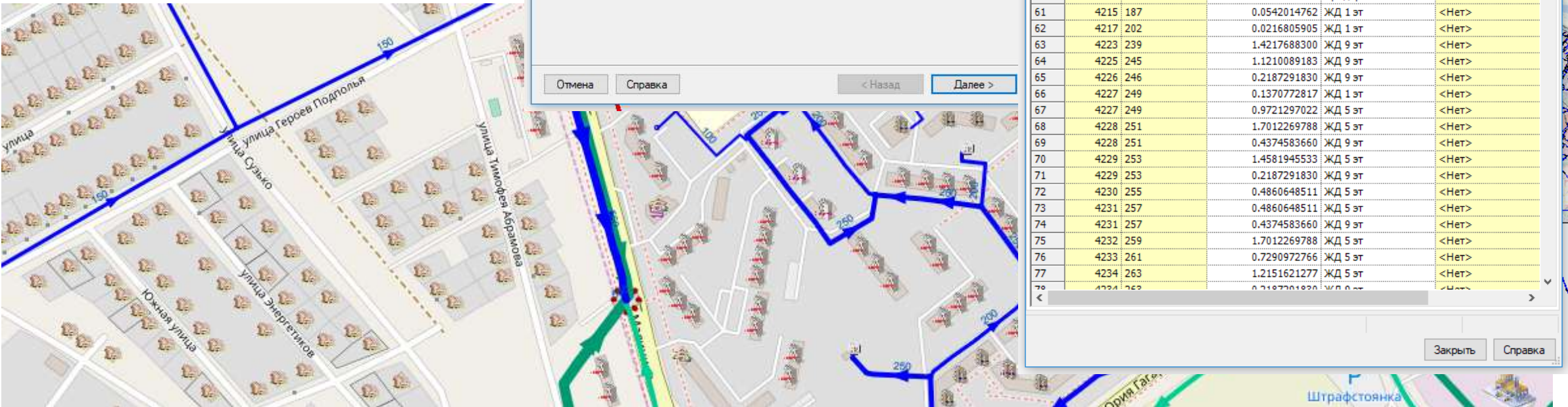


The screenshot shows a window titled 'consumer' with a menu bar containing 'Текущая запись', 'Запрос', 'База', and 'Ответ'. Below the menu is a table with two columns: 'Описание' (Description) and 'Ж.д. оборудованные В.К. ЦГВ' (Water supply equipment with V.K. and ZSGV). The table contains the following data:

Описание	Ж.д. оборудованные В.К. ЦГВ
Ср. суточный расход, м3/сут	18.4492173913044
Кразв	
Ср. сут. в сутки макс. водопотр., м3/...	18.4492173913
Ксут	1.2
Кчас	1.52
Суточный расход, м3/сут	23.7036
Ср. часовой расход, м3/час	0.9876
Расчетный часовой расход, м3/час	1.5012
Расчетный секундный расход, л/с	0.417
График часовой неравномерности	Высокоэтажная застройка
Район города	2
Отметка земли, м	172.86
Треб. маном. давление, м	42
Треб. пьезом. давление, м	214.86

Интеграция данных из информационных систем

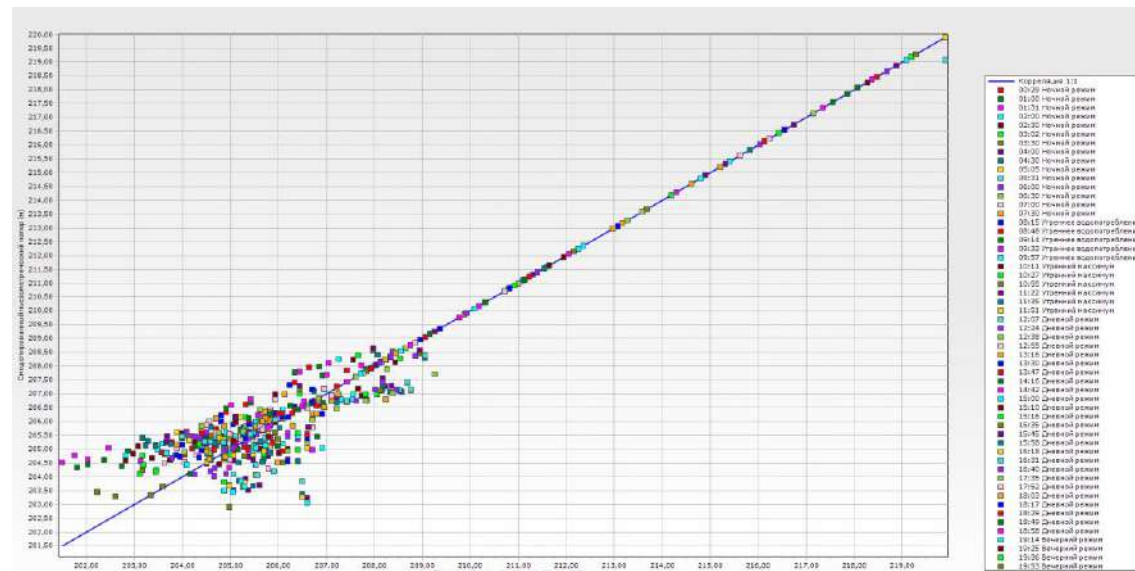
Программное обеспечение WaterGEMS V8i позволяет назначить расчетное водопотребление путем объединения и агрегирования счетов-фактур от биллинговой системы.



Калибровка математической модели

Важное свойство цифрового двойника заключается в том, что он должен быть постоянно обновляемым представлением реального физического процесса. Цифровой двойник – это динамическая, а не статическая модель реального объекта.

Главным критерием качества цифрового двойника является коэффициент корреляции измеренных значений по отношению к расчетным.

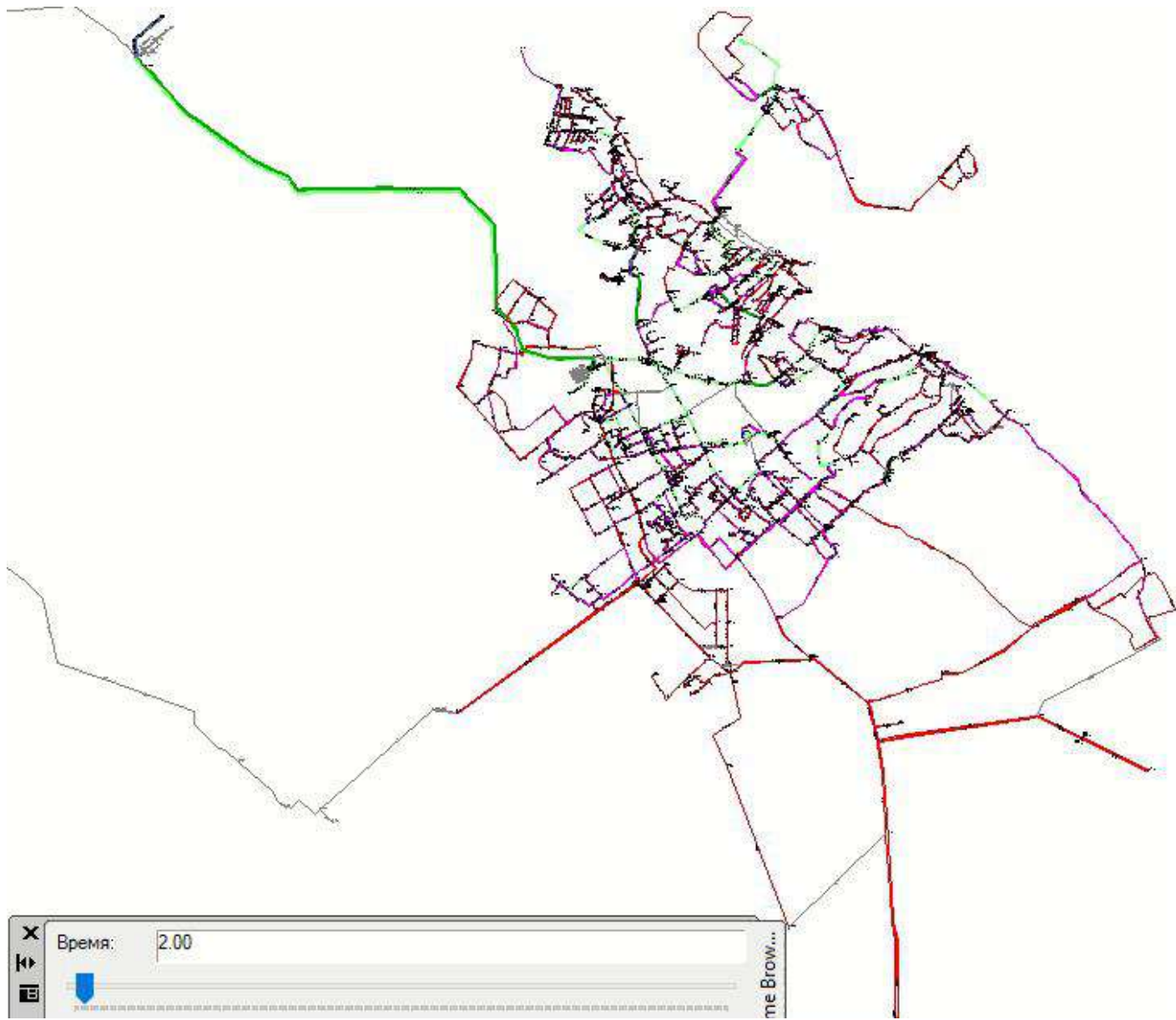


Ответ на вопрос – Что происходит ?

Цифровой двойник системы водоснабжения позволяет оценить сложившееся потокораспределение в водопроводной сети и как следствие является основой оптимизационных задач.

Анализ скоростей воды в трубопроводах показывает низкую загруженность сетей водопровода. Средняя скорость воды в период максимального водопотребления составляет 0,23м/с, стандартное отклонение 0,34м/с.

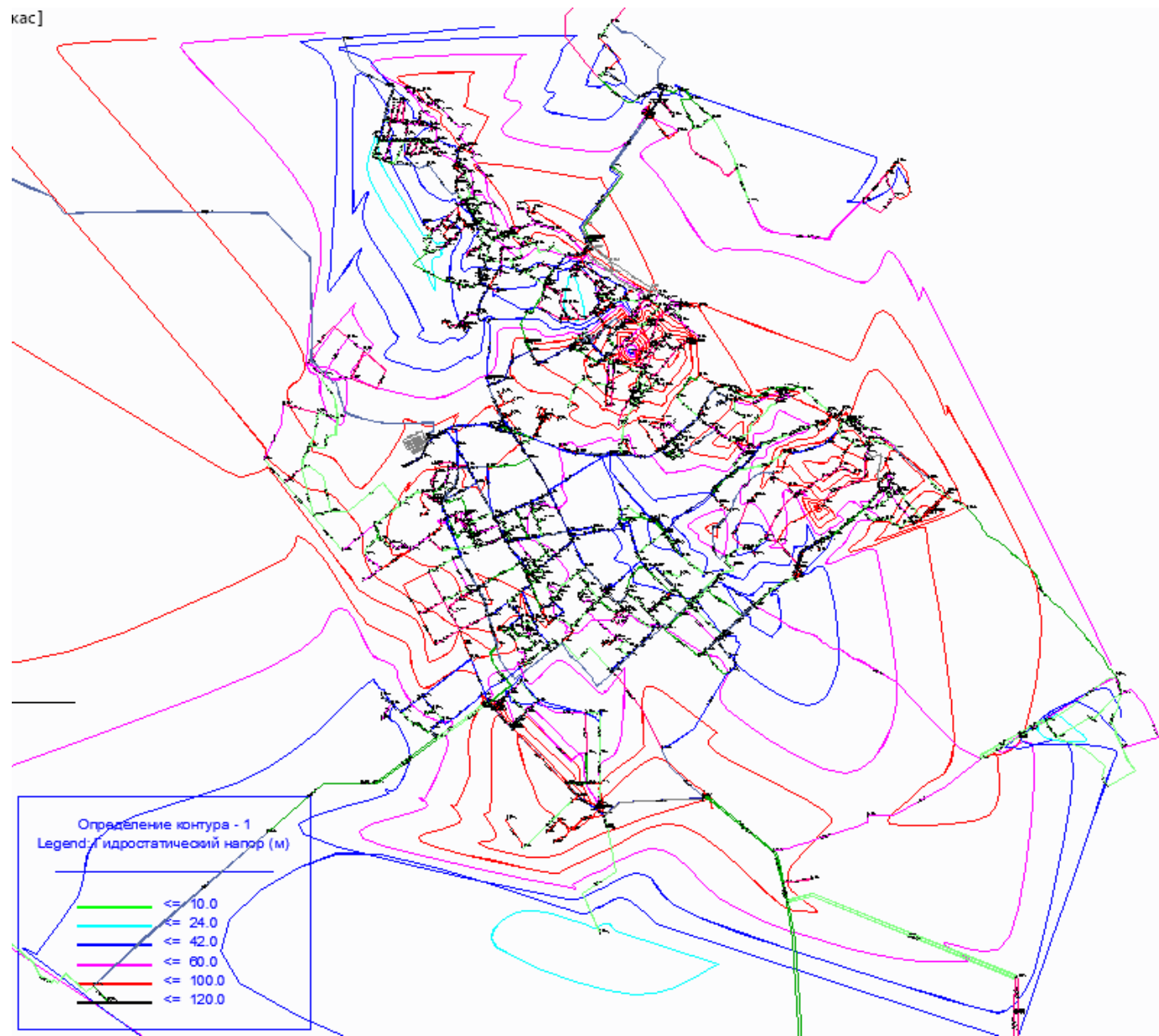
-  - скорость в трубопроводе $V \leq 0,01$ м/с
-  - скорость в трубопроводе $V > 0,01$ м/с И $V \leq 0,05$ м/с
-  - скорость в трубопроводе $V > 0,05$ м/с И $V \leq 0,10$ м/с
-  - скорость в трубопроводе $V > 0,10$ м/с И $V \leq 0,30$ м/с
-  - скорость в трубопроводе $V > 0,30$ м/с И $V \leq 0,50$ м/с
-  - скорость в трубопроводе $V > 0,50$ м/с И $V \leq 0,70$ м/с
-  - скорость в трубопроводе $V > 0,70$ м/с И $V \leq 1,00$ м/с
-  - скорость в трубопроводе $V > 1,00$ м/с И $V \leq 2,00$ м/с
-  - скорость в трубопроводе $V > 2,00$ м/с



Ответ на вопрос – Почему это происходит?

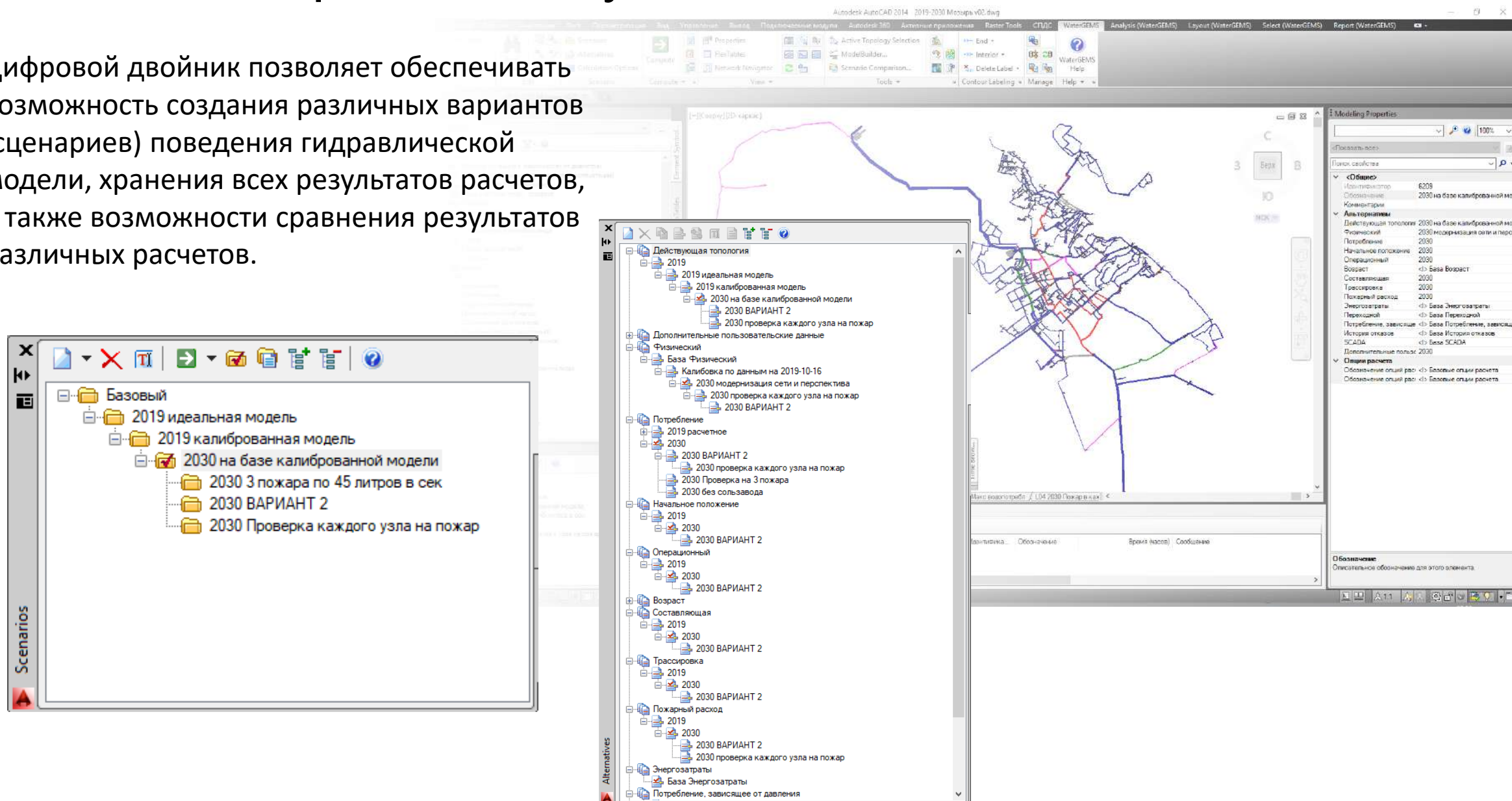
Цифровой двойник системы водоснабжения позволяет оценить пьезометрическую плоскость давления в сети и выявить проблемные районы (диктующие точки), с недостающим или избыточным давлением.

Эти знания являются определяющими в выработке стратегии оптимизации работы действующих сооружений и разработки предложений по их развитию.



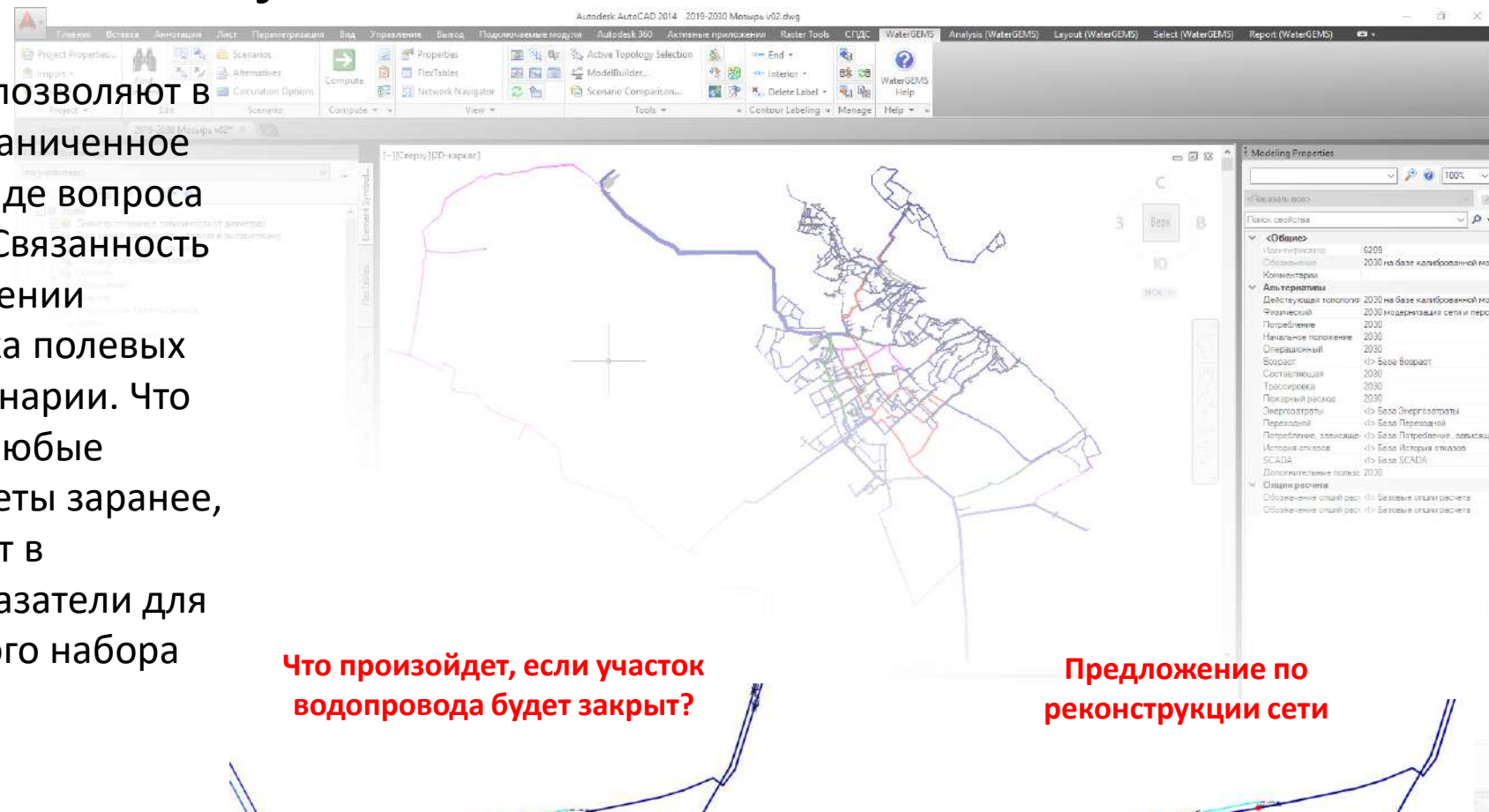
Ответ на вопрос – Что будет, если?

Цифровой двойник позволяет обеспечивать возможность создания различных вариантов (сценариев) поведения гидравлической модели, хранения всех результатов расчетов, а также возможности сравнения результатов различных расчетов.

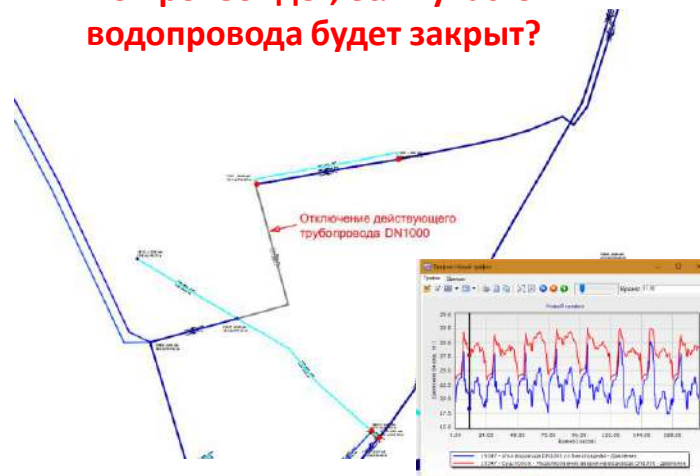


Ответ на вопрос – Что будет, если?

Сценарии цифрового двойника позволяют в единой модели создавать неограниченное число вносимых изменений в виде вопроса «Что будет с системой, если...». Связанность сценариев позволяет при изменении исходных данных (корректировка полевых измерений) пересчитать все сценарии. Что позволяет на модели провести любые «эксперименты» и получить ответы заранее, прежде чем событие произойдет в реальности, сравнив любые показатели для любых элементов сети для любого набора сценариев.



Что произойдет, если участок водопровода будет закрыт?

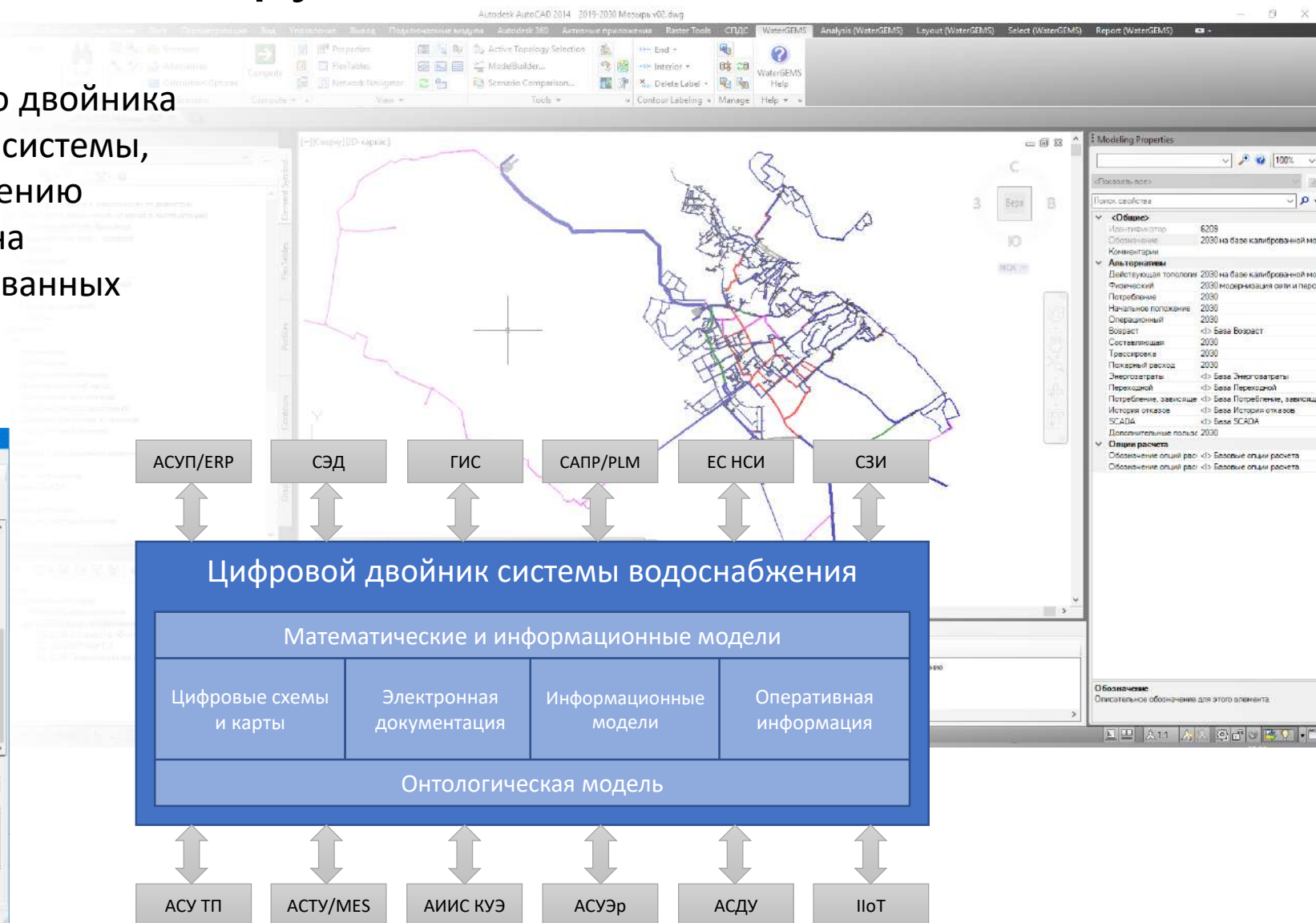
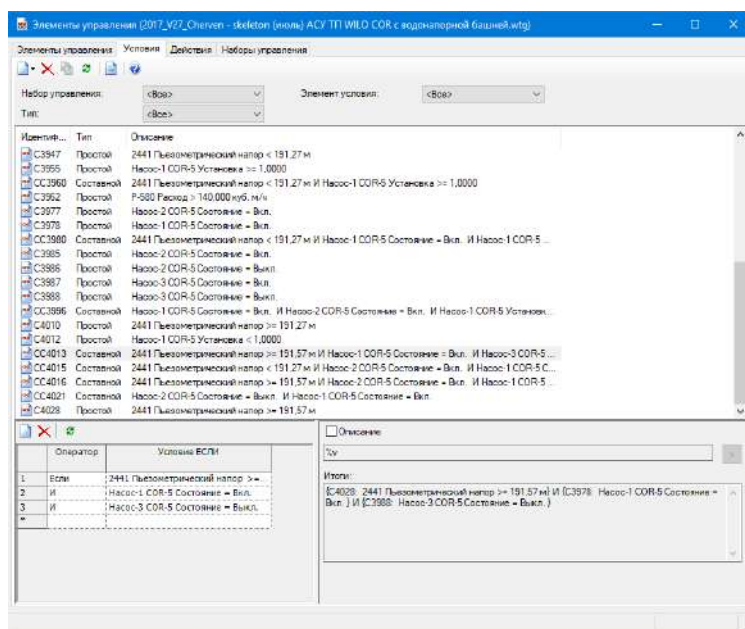


Предложение по реконструкции сети



Ответ на вопрос – Адаптируемость

Высшая точка эволюции цифрового двойника – это создание самоадаптируемой системы, принимающей решения по управлению технологическим оборудованием на основании Правил запрограммированных технологом.





ГеоЦентрГрупп

Весь мир в твоих руках...

Спасибо за внимание

Бойцов Виталий Геннадьевич
директор ООО «ГеоЦентрГрупп»
(Республика Беларусь)
тел. +375 29 6158052
boytsov@geocentre.by