



Современные BIM технологии  
проектирования городской  
ливневой канализации с  
использованием AutoCAD Civil 3D  
и расчетной программы Autodesk®  
Storm and Sanitary Analysis

## АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Существующие программы гидравлического расчета канализационных сетей бытовых стоков и ливневой канализации общепринято считать общими.

На основании гидравлического расчета определяются диаметры трубопроводов самотечных сетей водоотведения (дождевой, общесплавной и бытовой канализации). Осуществляется проектирование высотной схемы канализационных сетей, определение начальных глубин заложения, уклонов и отметок в местах сопряжения труб в соединительных колодцах и камерах.

В результате поверочного расчета определяются фактическое потокораспределение, скорости движения жидкости и заполнение трубопровода, участки с напорным движением.

Гидравлический режим работы самотечной канализационной сети в основном является турбулентным, неравномерным и неустановившимся. Точный гидравлический расчет по математическим зависимостям для неравномерного и неустановившегося движения из-за сложности и трудоемкости в решении практических задач проектирования сети не применяется. С погрешностью, не превышающей погрешностей допущений в определении расчетных расходов сети, гидравлический расчет канализационной сети производят по зависимостям для установившегося равномерного движения.



## АНАЛИЗ ВОДОСБОРОВ ПОВЕРХНОСТИ

Самым важным на начальном этапе проектирования системы ливневой канализации города служит определение водосборных бассейнов и расположение очистных сооружений с учетом точек сброса очищенных вод.

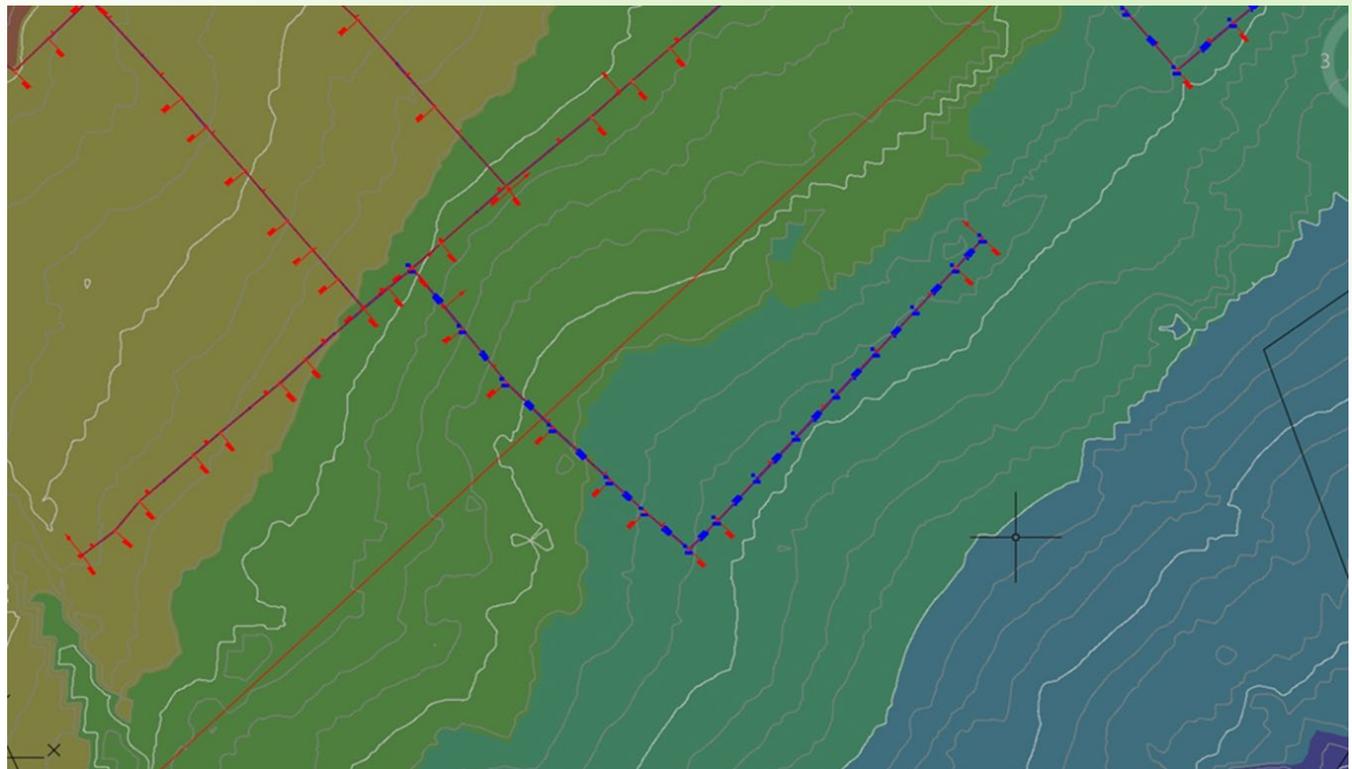
В состав исходных данных входит цифровая модель поверхности, выполненная на топооснове масштаба 1:2000, параметры существующих и проектных коллекторов ливневой канализации ( отметки, диаметры, расположение ).

Незастроенные части города учитываются при определении нагрузки на систему ливневой канализации.

## АНАЛИЗ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ ПОВЕРХНОСТИ ГОРОДА

**Инструмент Отметки:** Анализ диапазонов значений отметки поверхности в точке.

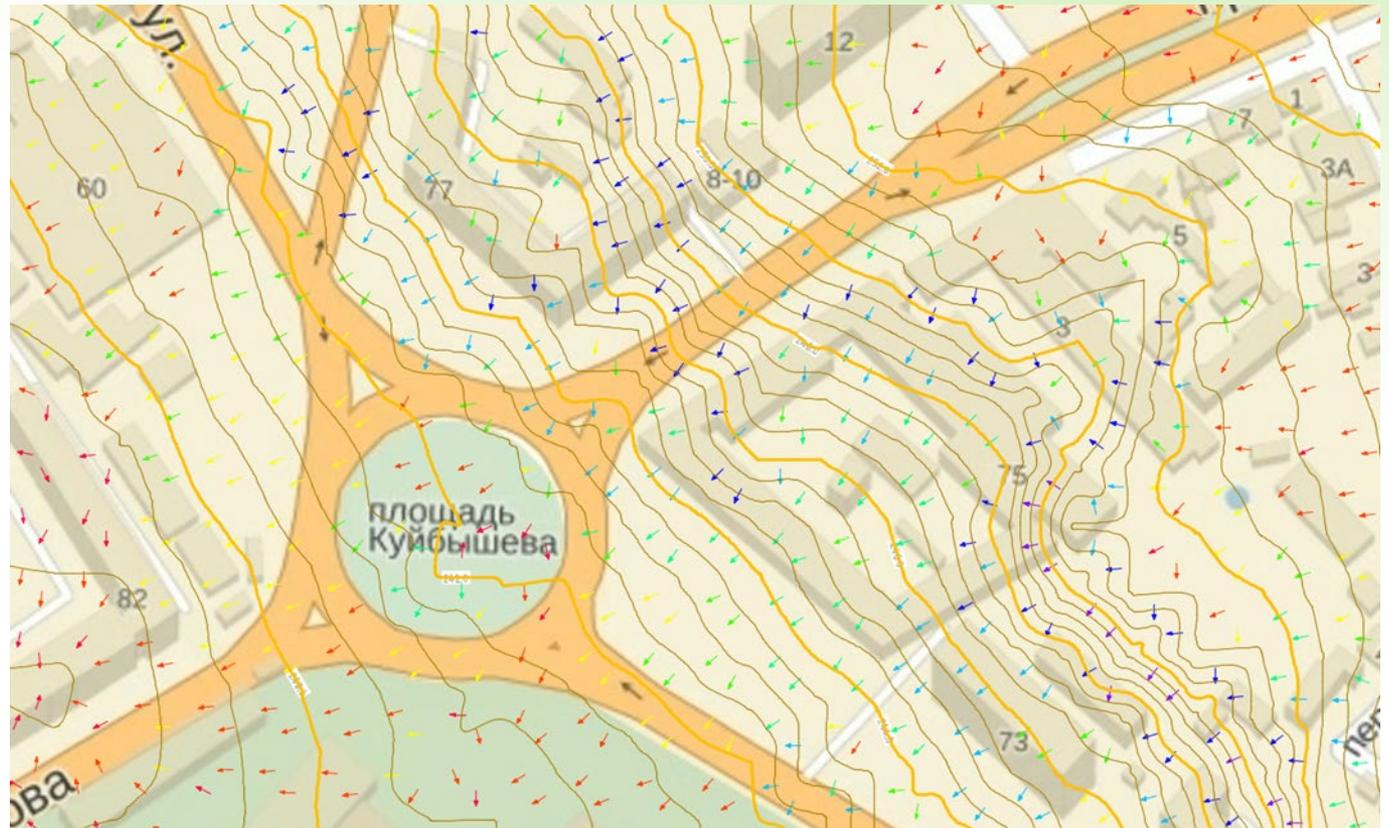
По расположению горизонталей и цветовой расцветке поверхности в соответствии с высотными отметками можно судить о характере поверхности.



## АНАЛИЗ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ

Важным инструментом для определения трассировки проектируемых коллекторов служат стрелки откоса. Они наглядно показывают направление движения дождевой воды по поверхности.

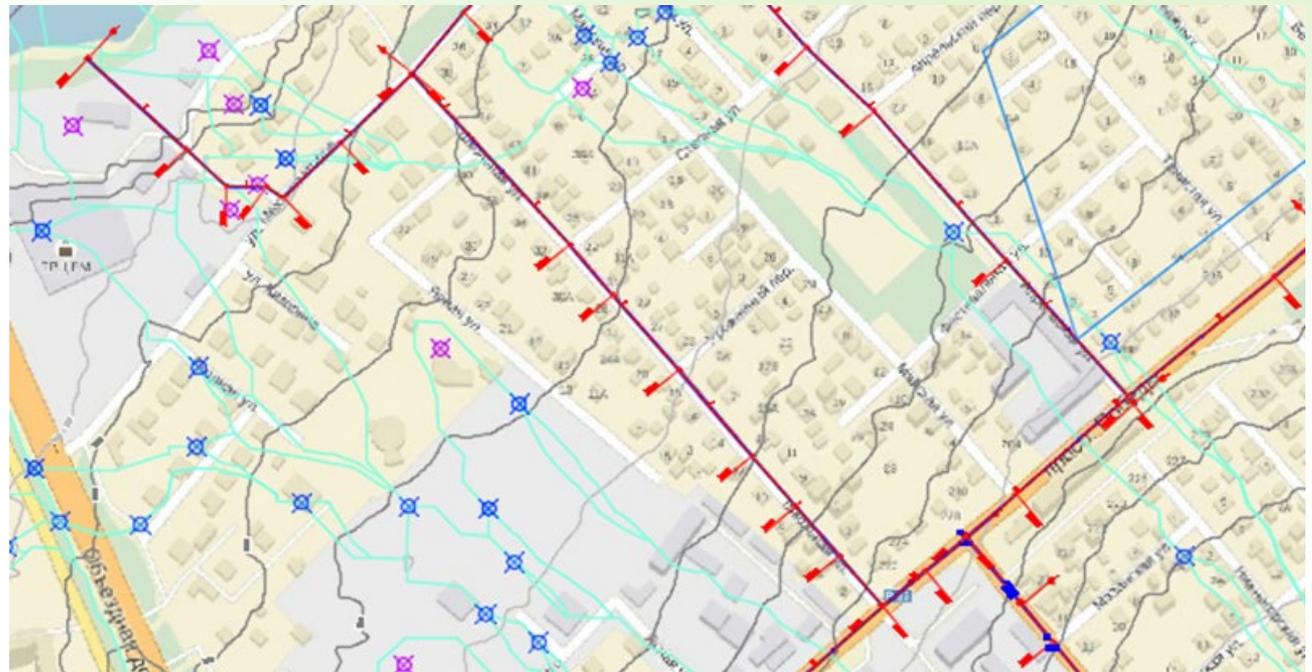
По расположению горизонталей и стрелок откоса можно провести анализ поверхности водосбора и определить основные направления движения ливневых потоков.



## АНАЛИЗ ВОДОСБОРОВ ПОВЕРХНОСТИ ГОРОДА

**Инструмент Водосборы:** Служат для анализа потоков воды по поверхности и за ее пределы, вычисляются области возможных потоков воды по поверхности.

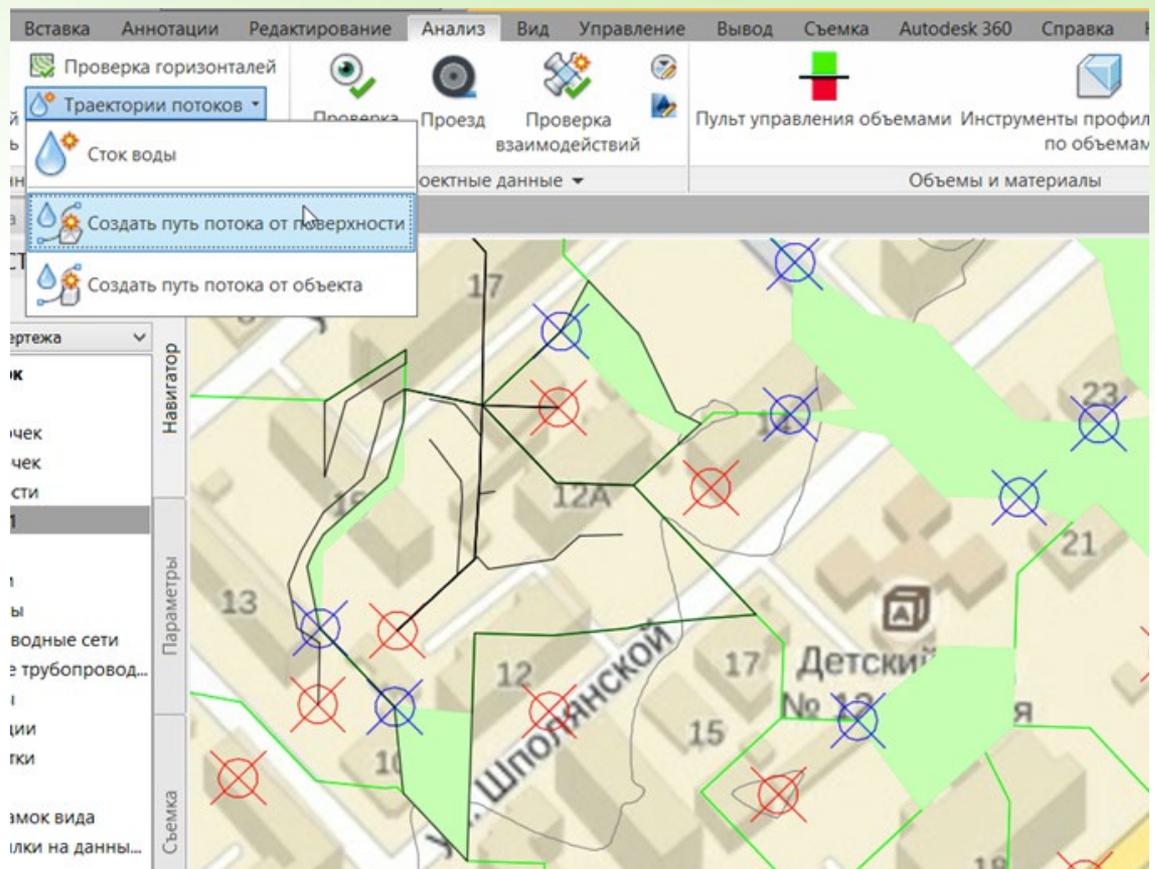
Сток – это место, где поток воды либо устанавливается, либо выходит за пределы поверхности. Для каждого стока определена область поверхности, с которой вода собирается в сток и называется водосбором для данного стока (бассейн водосбора).



## АНАЛИЗ ВОДОСБОРОВ ПОВЕРХНОСТИ ГОРОДА

### Инструмент Стоки воды:

Для более детального анализа ситуации при размещении водосборных элементов можно получить линию стока воды. Траектория стока воды по поверхности может быть представлена двумерной и трехмерной полилинией.

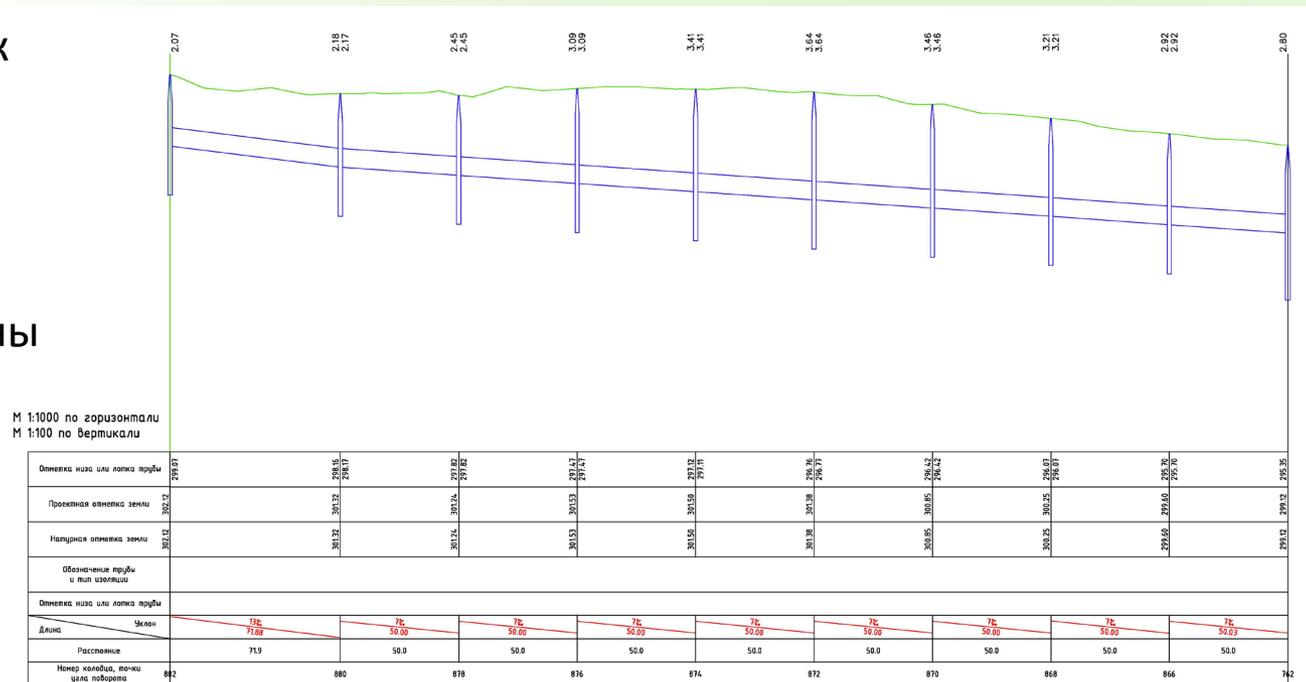




## ТРАССИРОВКА ЛИВНЕВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Построение профилей ливневых коллекторов с учетом рельефа местности

Определение отметок глубины залегания трубопровода, параметры колодцев, предварительные диаметры труб, уклоны



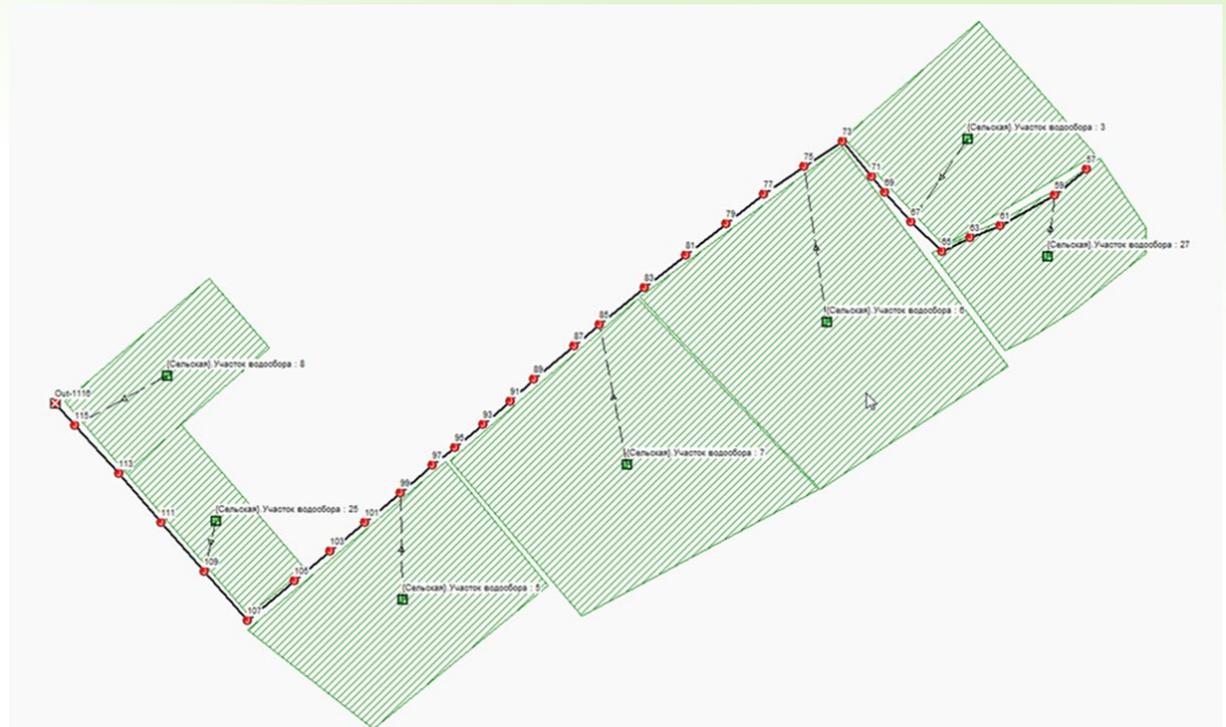


## ЭКСПОРТ ДАННЫХ В ПРОГРАММУ AUTODESK® STORM AND SANITARY ANALYSIS

Экспорт данных сетей и площадок водосбора в форматах XML и STM в расчетно-аналитическую программу Storm and Sanitary Analysis.

Корректно  
переносятся данные:

- Параметры колодцев
- площади водосборных бассейнов,
- отметки, диаметры, уклоны трубопроводов



## УСТАНОВКА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ УЧАСТКОВ ВОДОСБОРОВ

Установка для каждого участка коэффициент водостока в зависимости от покрытия

Autodesk® Storm and Sanitary Analysis 2015 - Сельская проект - Initial State - [Plan View]

File Edit View Input Design Analysis Output Window Help

**Plan View**

- Project Data
  - Project Options
  - Analysis Options
- Hydrology
  - Subbasins
  - IDF Curves
- Hydraulics
  - Nodes
    - Junctions
    - Storage Nodes
    - Inlets
    - Flow Diversions
    - Flow Dividers
    - Outfalls
      - Outfall Tanks
      - External Inflows
  - Links
    - Conveyance
    - Custom
    - Irregular
  - Pumps
    - Pump Curves
    - Orifices
    - Weirs
    - Outlets
- Quality
  - Pollutants
  - Pollutants Land
- Others
  - Control Rules
  - Sanitary Time Profiles
  - Time Series

**Subbasins**

General  
Subbasin ID: {Сельская}.Участок водосбора : 8  
Connectivity  
Rain gage: [ ]  
Outlet node: 115

Description:

Physical Properties | **Runoff Coefficient**

Composite runoff coefficient

	Area (ha)	Area (%)	Runoff Coefficient	Soil Group	Description
1	4.17500	100.00	0.26	C (0-2%)	Meadow, 25 years or greater
2					
3					
4					
5					
6					

Total area: 4.1750 ha Total area: 100.00 % Weighted coeff: 0.26

	Subbasin ID /	Area	Wt. Runoff Coeff.	Average Slope	Flow Length	TOC
2	{Сельская}.Уча	4.9720	0.26	0.5	500	17.93
3	{Сельская}.Уча	6.7241	0.26	0.5	500	17.93
4	{Сельская}.Уча	9.0820	0.26	0.5	500	17.93
5	{Сельская}.Уча	15.0050	0.26	0.5	500	17.93
6	{Сельская}.Уча	13.9430	0.26	0.5	500	17.93
7	{Сельская}.Уча	4.1750	0.26	0.5	500	17.93

Close Help

## УСТАНОВКА ПАРАМЕТРОВ ДОЖДЯ

Установка параметров интенсивности дождя и выбор метода расчета.  
Проверочный расчет по методике ФГУП «НИИ «ВОДГЕО» дал совпадение на 95%.

**Plan View**

Project Data

- Project Options
- Analysis Options
- Hydrology
  - Subbasins
  - IDF Curves
- Hydraulics
  - Nodes
    - Junctions
    - Storage Nodes
      - Storage Curves
    - Inlets
    - Flow Diversion
      - Flow Diversion Curves
    - Outfalls
      - Outfall Tidal Curves
    - External Inflows
  - Links
    - Conveyance Links
    - Custom Pipe Geometry
    - Irregular Cross Section
    - Pumps
      - Pump Curves
    - Orifices
    - Weirs
    - Outlets
      - Outlet Rating Curves
  - Quality
    - Pollutants
    - Pollutants Land Types
  - Others
    - Control Rules

**IDF Curves**

General

ID: IDF-1

Description:

Rainfall equation

IDF table

$i = B/(Tc+D)^E$

$i = A + B(Lr^X) + C(Lr^X)^F + D(Lr^X)^P$

Intensity direct entry

X-axis

Linear

Log

Y-axis

Linear

Log

Return period

Period: 2 years

Enter rainfall intensity in mm/hr

Intensity: 120 mm/hr

Load...

Save...

Clear

Close

Help

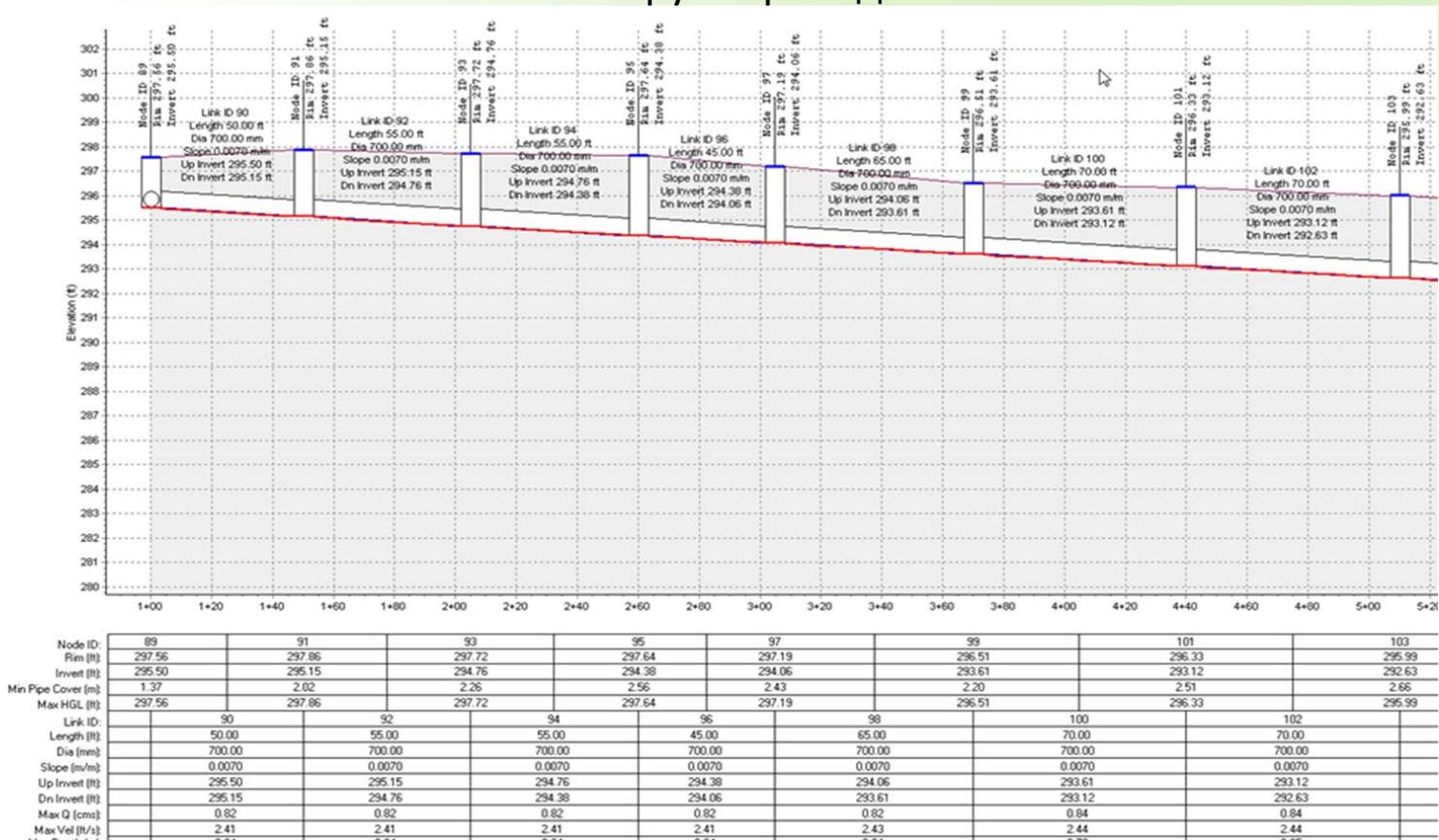
## ДЕТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ КАНАЛИЗАЦИИ

Расчетная программа создает гидродинамическую модель системы ливневой канализации, включая ливнеприемники, колодцы, трубопроводы, выпуски, открытые каналы, площадки водосбора, форму поверхности территории водосбора.



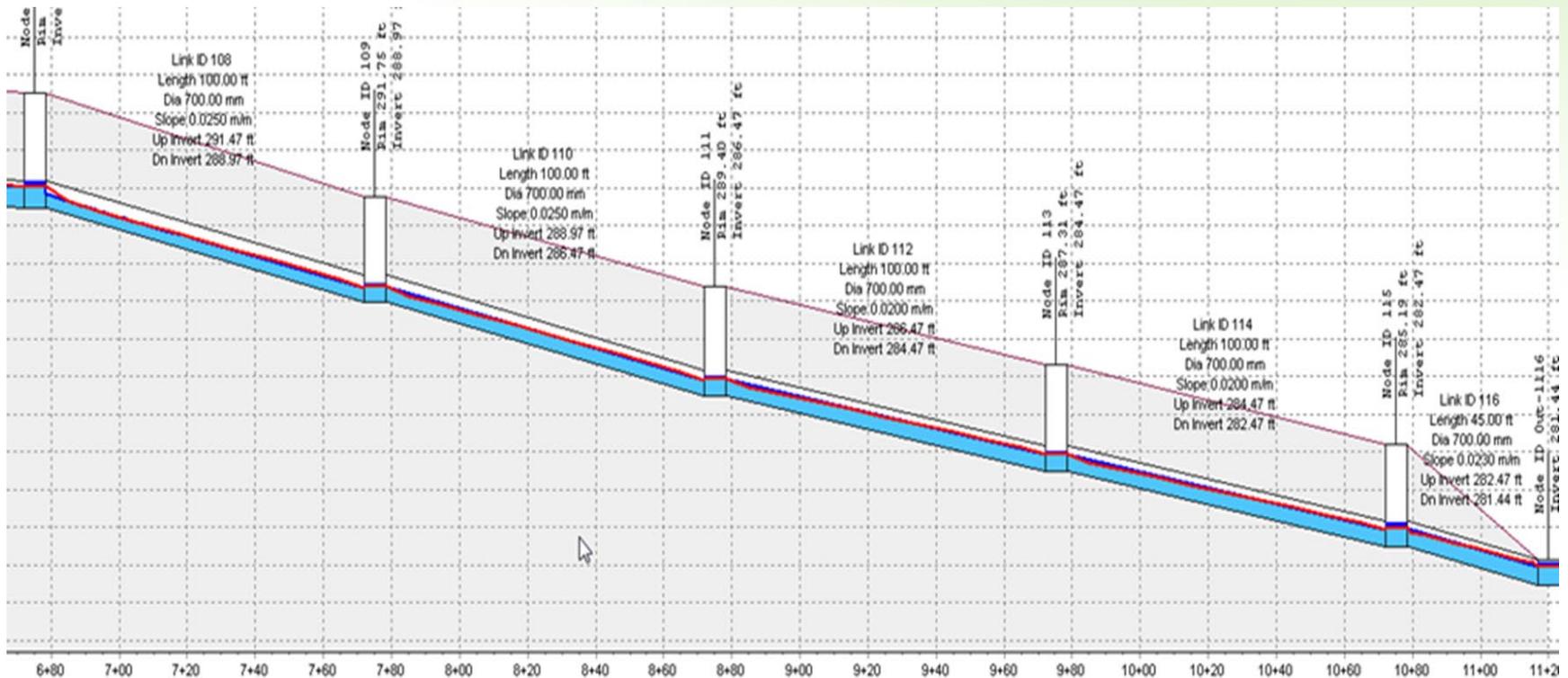
## ПРОФИЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА И КОРРЕКТИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ

Меняя диаметры, уклоны, отметки глубины заложения добиваемся оптимального заполнения трубопроводов.

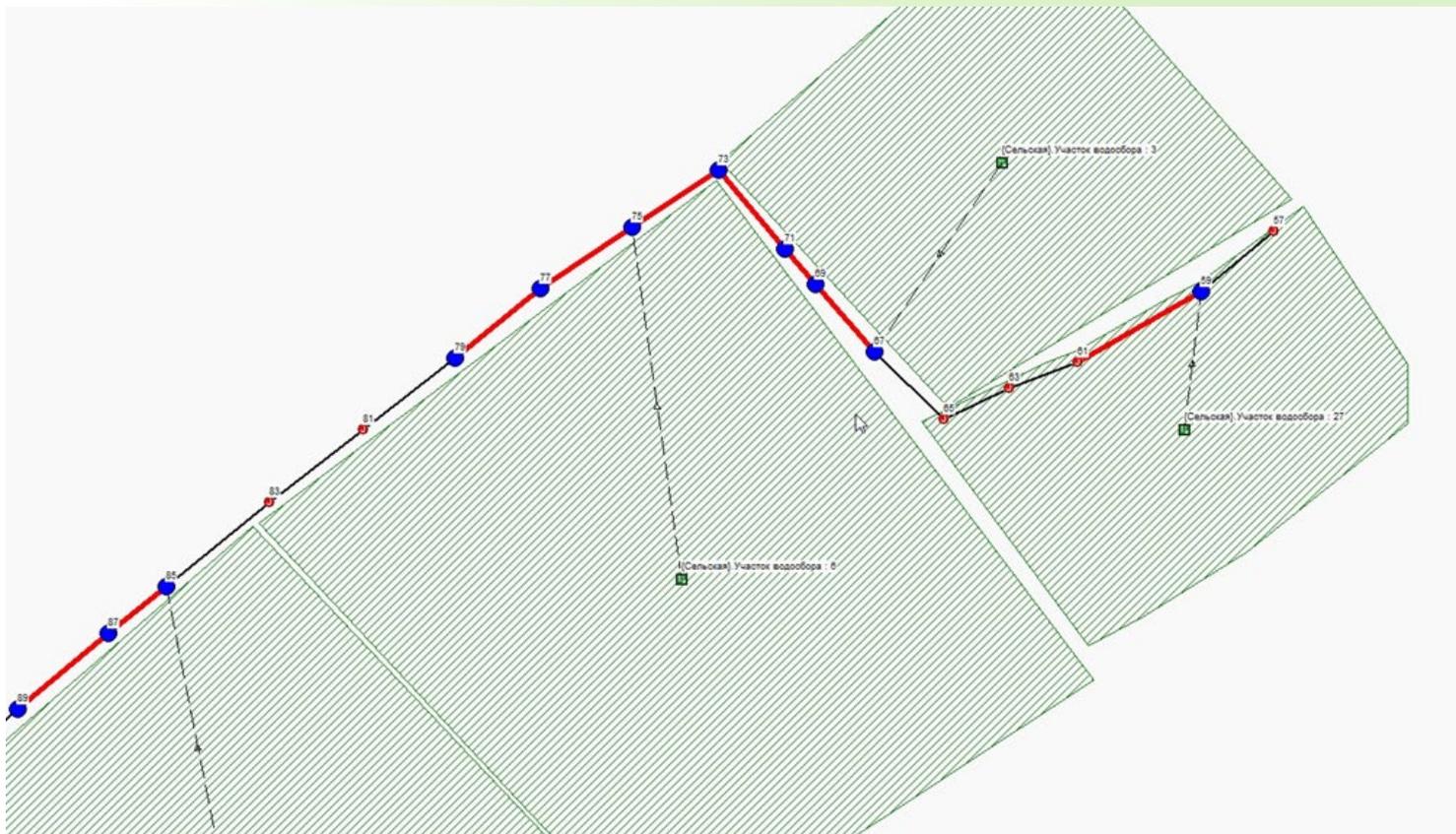


## АНИМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ О ДИНАМИКЕ ПРОЦЕССОВ В СЕТИ

Запустив анимационный отчет на протяжении 20-минутного дождя определяем участки подтопления. Вносим изменения в конфигурацию сети и последовательно оптимизируем геометрию ливневого коллектора.



Определение проблемных участков сети. Красным выделены участки сети и синим колодцы, которые необходимо корректировать..



# Анализ пропускной способности трубопроводов с учетом диаметра и уклона

### Conveyance Links

**General**  
 Link ID: 110  
 Description:

**Shape**  
 Open channel  
 Pipe  
 Culvert  
 Direct  
 Circular

**Properties**  
 Number of barrels: 1  
 Culvert type: Concrete Pipe Culvert  
 Culvert entrance: Square edge with head  
 Diameter: 700.0 mm

**Physical properties**  
 Length: 100 m  
 Inlet invert elevation: 288.970455 m  
 Outlet invert elevation: 286.470455 m  
 Manning's roughness: 0.013  
 Flap gate

**Flow properties**  
 Entrance losses: 0.5  
 Exit/bend losses: 0.5  
 Additional losses: 0  
 Initial flow: 0 cms  
 Maximum flow: 0 cms

**Analysis summary**  
 Constructed slope: 0.0250 m/m  
 Design flow capacity: 1.46 cms  
 Peak flow during analysis: 1.584 cms  
 Additional flow capacity: Surcharged cms

**Connectivity**  
 From (Inlet): 109  
 To (Outlet): 111  
 Invert elevation: 288.970455 m  
 Invert elevation: 286.470455 m

ID /	From Node	To Node	Shape	Length	Height/Diameter	Inlet Elev.	Outlet Elev.	Manning's Roughness	Entrance Losses	Exit/Bend	
22	100	99	101	Circular	70	700.0	293.605	293.115	0.013	0.5	0.5
23	102	101	103	Circular	70	700.0	293.115	292.625	0.013	0.5	0.5
24	104	103	105	Circular	70	700.0	292.625	292.135	0.013	0.5	0.5
25	106	105	107	Circular	95	700.0	292.135	291.470	0.013	0.5	0.5
26	108	107	109	Circular	100	700.0	291.470	288.970	0.013	0.5	0.5
27	110	109	111	Circular	100	700.0	288.970	286.470	0.013	0.5	0.5

**Output Animation**

Date & Time: 11/18/2014 01:04:10

Elapsed Time: 0.01:04:10

Animation Speed: [Slider]

Control buttons: [Play], [Pause], [Stop], [Previous], [Next]

Diagram showing culvert profile with nodes 110, 111, 112, 113, 114 and their respective elevations and dimensions.

Node	Elevation (m)	Length (m)	Diameter (mm)	Slope (m/m)	Up Invert (m)	Down Invert (m)
110	289.40	100.00	700.00	0.0200	288.97	286.47
111	289.40					
112	287.31					
113	287.31					
114	284.47					

Затем рассчитываются ливнеприемники по раходу и подбираются размеры.

**Inlets**

General specifications

Inlet ID: East Inlet

Inlet manufacturer: FHWA HEC-22 Generic

Manufacturer part number: N/A

Number of inlets: 2

Inlet type: Combination Inlet

Inlet location: On Grade

Combination inlet type: Curb Opening & Grate

Curb opening and grate type: Equal Length Inlet

Description

Combination inlet specifications

Grate type: Curved Vane

Grate length: 36.00 in

Grate width: 24.00 in

Curb opening clogging factor: 0 %

Curb opening length: 72.00 in

Curb opening height: in

Physical properties

Catchbasin invert elevation: 485 ft

Inlet rim elevation: 495 ft

Ponded area: in<sup>2</sup>

Initial water surface elevation: 0 ft

External inflows: NO

Grate clogging factor: 0 %

Roadway/gutter bypass link: \*

Roadway & gutter specifications

Roadway longitudinal slope: 0.01 ft/ft

Roadway cross slope: 0.02 ft/ft

Roadway Manning's: 0.016

Gutter cross slope: 0.062 ft/ft

Gutter width: 2.00 ft

Gutter depression: 2.00 in

Upstream roadway links:

Inlet illustration

Analysis summary

Peak flow during analysis: N/A cfs

Peak flow intercepted by inlet: N/A cfs

Peak flow bypassing inlet: N/A cfs

Inlet efficiency during peak flow: N/A %

Gutter spread during peak flow: N/A ft

Gutter flow depth during peak flow: N/A ft

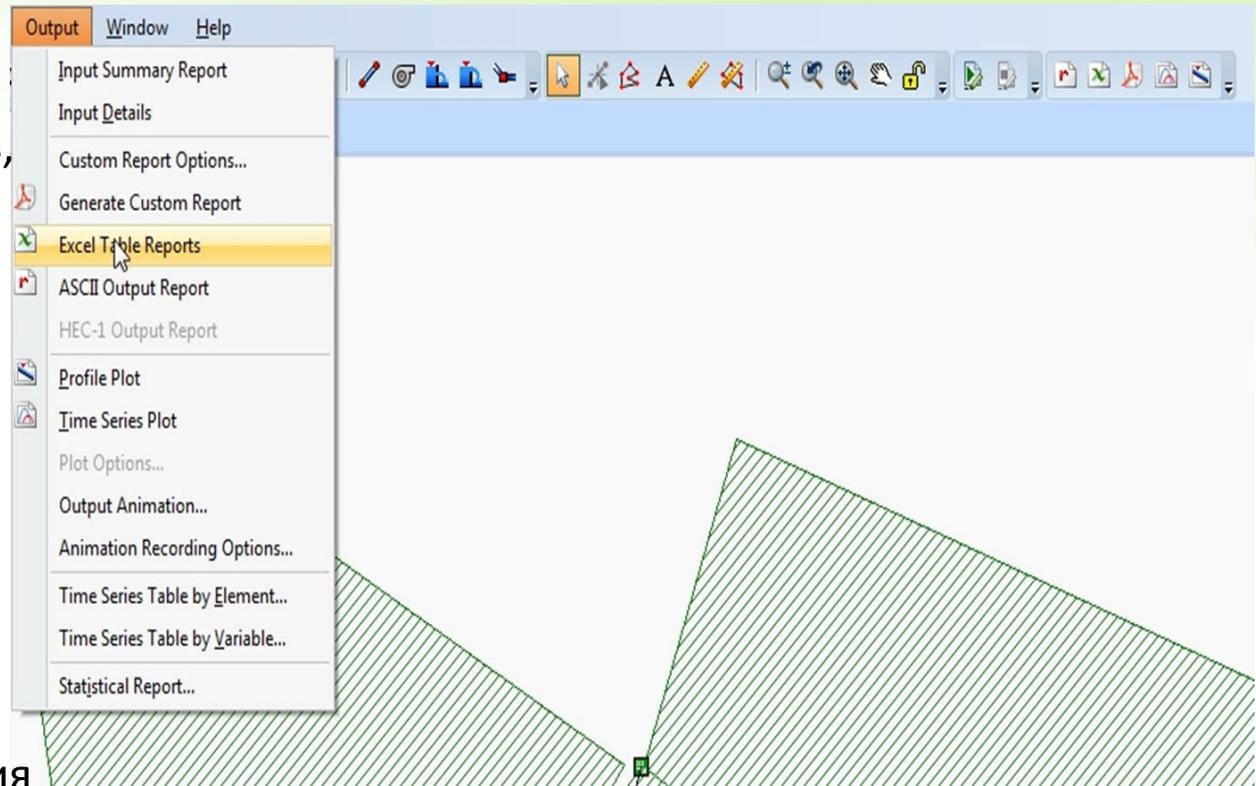
	Inlet ID	Invert Elev.	Rim Elev.	Inlet Manufacturer	Part Number	Inlet Location	Ponded Area	Roadway Long.	Roadway Cross	Gutter	Gutter Width
1	East Inlet	485	495	FHWA HEC-22 Generic	N/A	On Grade	N/A	0.01	0.02	0.062	2.00
2	West Inlet	500	510	FHWA HEC-22 Generic	N/A	On Grade	N/A	0.01	0.02	0.062	2.00

Buttons: Delete, Show, Report, More>>, Close, Help

## ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ В EXCEL ИЛИ В ФОРМАТЕ PDF

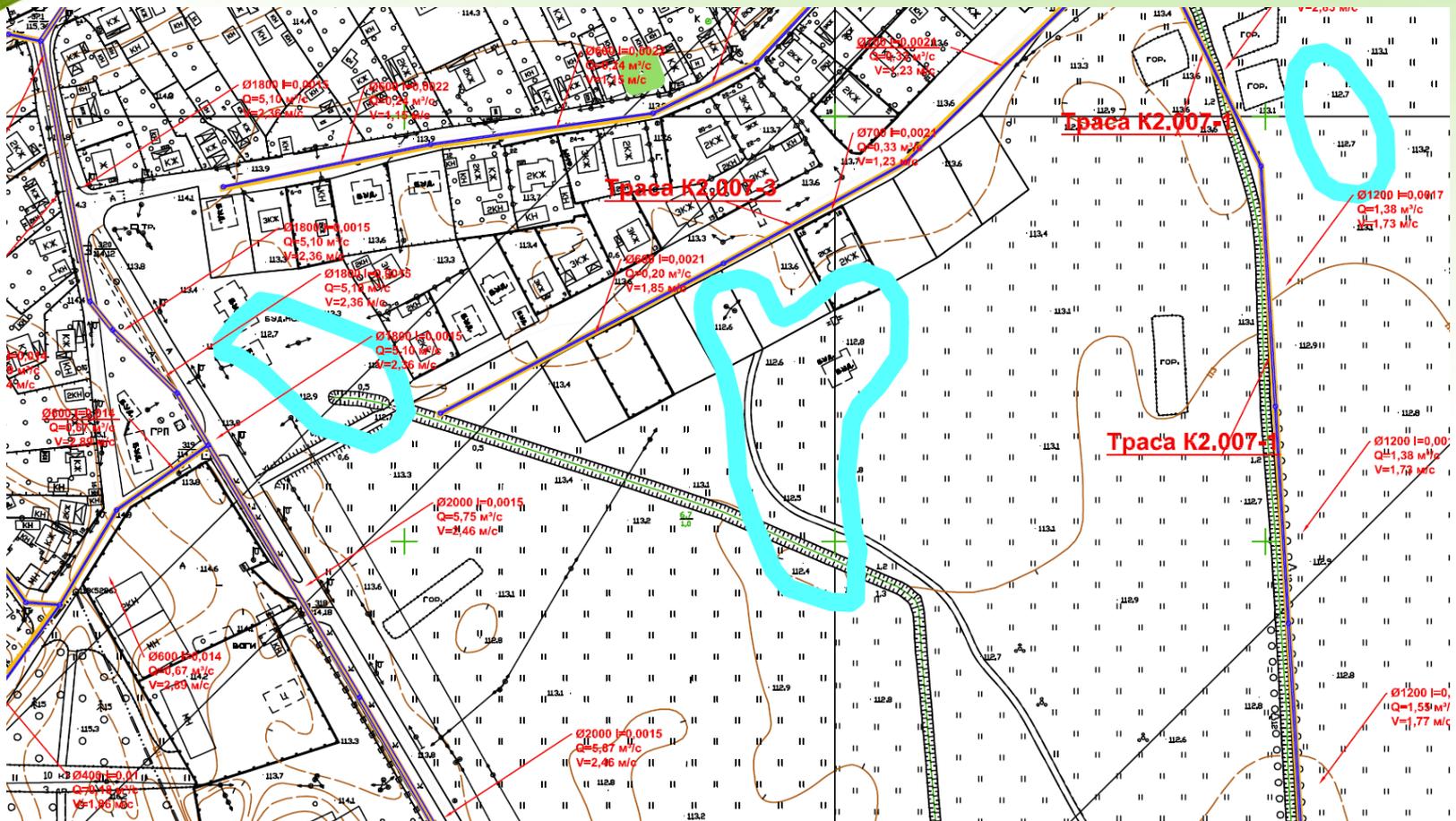
Отчет содержит данные по всем участкам:

- диаметры и длины участков трубопроводов,
- Отметки,
- Секундные расходы,
- площади участков водосборов,
- коэффициенты стока по каждому участку водосбора,
- графики расходов по каждому участку трубопроводов.
- Коэффициент заполнения трубы



# ИТОГОВАЯ СХЕМА ЛИВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА

Содержит данные по всем участкам: диаметры, длины участков, расходы, скорости потока, отметки





## Преимущества использования AutoCAD Civil 3D и расчетной программы Autodesk® Storm and Sanitary Analysis

**Выводы:** Идеальное решение при проектировании городской ливневой канализации - это использование AutoCAD Civil 3D и расчетной программы Autodesk® Storm and Sanitary Analysis.

AutoCAD Civil 3D обладает уникальными инструментами для анализа поверхности городской территории для определения водосборных бассейнов, оптимизации действующих и проектируемых сетей.

Autodesk® Storm and Sanitary Analysis позволяет произвести гидрологические и гидравлические расчеты всех элементов сети – от ливнеприемников до аккумулирующей емкости, очистных сооружений и выпуска в водоем или речку очищенных вод.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !



**Главный инженер -**  
Александр Герасимов  
e-mail: [ekvent6@gmail.com](mailto:ekvent6@gmail.com)  
+38 067 430 6525