

Bentley Systems

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

Проектирование и ведение городского водного хозяйства — дело сложное и ответственное. Требуется не только правильно запроектировать систему наружных коммуникаций, но и обеспечить ее надежную, бесперебойную эксплуатацию. Особенно важно учесть возможные пиковые нагрузки на системы водоснабжения и водоотведения, возникающие, например, при пожарах или при выпадении большого количества осадков. Кроме того, необходимы моделирование и анализ переходных процессов в системах водоснабжения и канализации: такие

процессы могут привести к механическим повреждениям элементов сетей. Еще одна серьезная задача — проанализировать качество питьевой воды. Казалось бы, найти программную продукцию для всех этих задач практически невозможно, однако решение есть.

Методические решения **Haestad** компании **Bentley Systems** продолжают совершенствовать технологию, ставшую стандартом для анализа, проектирования и управления гидрологическими и гидравлическими системами. Продукты **Haestad** могут применяться при проектировании, строительстве и эксплуатации

на протяжении всего жизненного цикла инфраструктуры водных ресурсов. Интегрированная система может распределять и организовывать технические данные и анализ, управлять ими, а также планировать рабочие процессы на любом коммунальном предприятии или консультационной фирме, действующих в отрасли водоснабжения или канализации сточных либо ливневых вод. Особо следует отметить, что большинство решений — многоплатформенные. Проектирование и анализ осуществляются или непосредственно в интерфейсе программы, или под управлением AutoCAD. Последнее позволяет специалистам, ранее работавшим в AutoCAD, освоить программы быстро и практически безболезненно.

Наружные сети водоснабжения и канализации можно разделить на три группы. Это системы водопровода, системы водоотведения и ливневая канализация. Рассмотрим функциональные возможности программного обеспечения для каждого из этих разделов.

Системы наружного водоснабжения

Этот раздел представлен следующими программными продуктами: **WaterGEMS**, **WaterCAD** и **HAMMER**.

WaterGEMS, многоплатформенное решение для анализа сетей водоснабжения, обладает повышенной совместимостью, располагает средствами создания геопространственных моделей, оптимизации и управления ресурсами. **WaterGEMS** представляет собой простую в использовании инженерную среду для

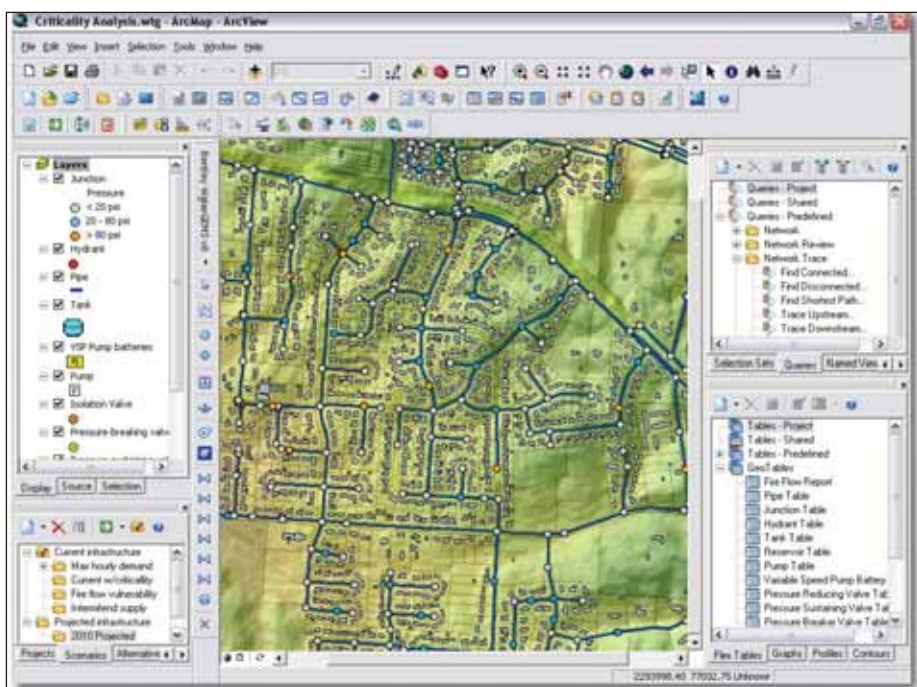


Рис. 1. Совместная работа WaterGEMS и ArcMAP

анализа, проектирования и оптимизации систем водоснабжения — от анализа систем пожаротушения и концентраций загрязняющих веществ в подаваемой воде до расчета потребления энергии и упреждения капитальными вложениями.

Инженерно-технические службы и консультанты могут совместно работать с одним и тем же набором данных, пользуясь различными интерфейсами, а группы моделирования — привлекать к работе инженеров из других отделов. Инженеры могут пройти обучение, выбирая уже известные им интерфейсы, и получать результаты, которые можно визуализировать на различных платформах.

ArcGIS-интерфейс WaterGEMS позволяет специалистам по работе с ГИС использовать архитектуру геоинформационных баз данных ESRI при создании единого пакета данных для моделирования и ГИС. Существует возможность создавать, редактировать, рассчитывать и визуализировать модели WaterGEMS непосредственно из приложений ArcMAP (рис. 1), имея полный доступ ко всем средствам гидравлического моделирования.

Модули в составе пакета, **LoadBuilder** и **TRex**, помогают инженерам вносить значения водопотреблений и высотных отметок узлов на основе геопространственных данных или данных из САПР, позволяя избежать возможных ошибок при ручном вводе данных, и ускоряют построение модели. WaterGEMS также содержит средства анализа чертежей и соединений, что обеспечивает цельность гидравлической модели. Также включенный в состав пакета модуль **Skelebrator** автоматически оптимизирует сеть, поддерживая гидравлическую эквивалентность, что расширяет диапазон применения моделей.

Модуль **Darwin Calibrator** оценивает миллионы возможных решений и калибрует модель так, чтобы она соответствовала всем значениям расходов и давлений, измеренных на местах. **Darwin Designer** автоматически находит стратегии проектирования и реконструкции, оптимальные с точки зрения максимальной выгоды или минимизации затрат. Расчет производится исходя из объемов капиталовложений, стоимости прокладки коммуникаций, а также ограничений по давлению и скорости. Инженеры также могут варьировать затраты и анализировать расход энергии для определения оптимального энергопотребления насосов.

WaterCAD служит для проектирования и анализа систем водоснабжения — от моделирования работы системы при пожаротушении и при проверке качества воды до учета энергопотребления и

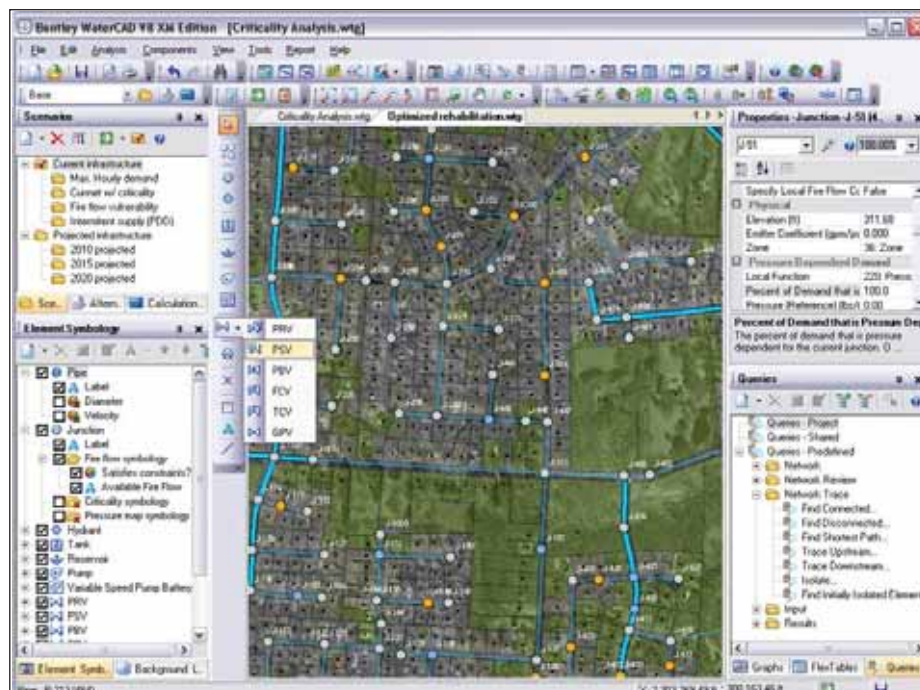


Рис. 2. Интерфейс программы WaterCAD

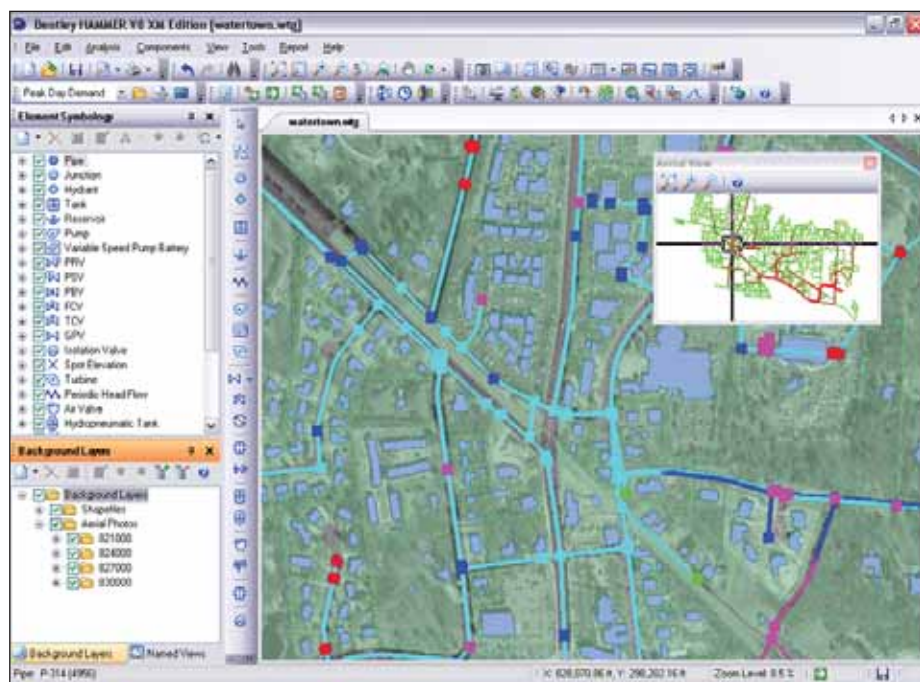


Рис. 3. Анализ системы водоснабжения в программе HAMMER

управления финансовыми затратами (рис. 2).

Особенности WaterCAD позволяют инженерам проектировать систему водоснабжения в автоматическом режиме, исходя из ее геометрии и нагрузок. Учитываются существующие и вновь проектируемые участки. Возможно рассчитать как отдельный участок трубопровода, так и всю систему в целом. Для минимизации земляных работ WaterCAD автоматически определяет рациональные диаметры трубопроводов.

Если в системах водоснабжения и канализации не будут учтены переход-

ные процессы, то воздействие таких процессов может стать причиной разрушения труб и оборудования, возникновения угрозы безопасности операторов; в систему могут попасть опасные загрязняющие вещества, и предоставление услуг потребителям будет прекращено. Со временем повышенный износ труб и насосов в результате гидравлических ударов способен привести к преждевременному разрушению элементов систем.

Наиболее экономически эффективным методом является выполнение анализа переходных процессов для обнаружения слабых мест и определения адек-

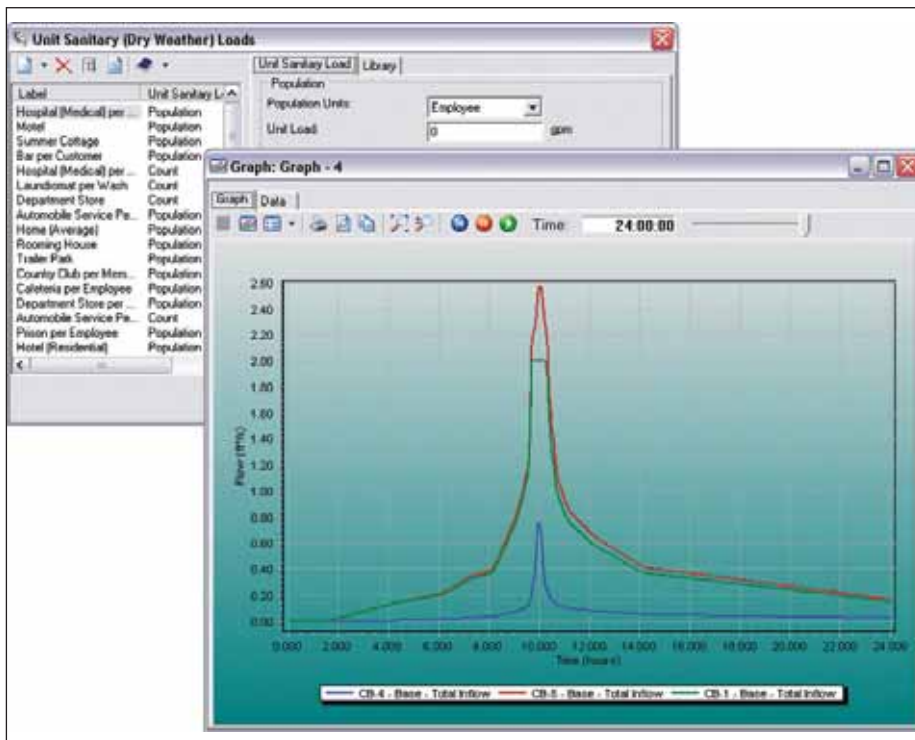


Рис. 4. Результаты работы программы SewerGEMS

ватной стратегии сглаживания перепадов давления. Программное обеспечение **HAMMER**, проверенное пятнадцатью годами применения в солидных проектах, обладает мощнейшим аналитическим инструментом для специалистов по системам водоснабжения.

В **HAMMER** используется метод характеристик (МОС) — самый точный и надежный алгоритм для анализа неустановившегося потока жидкости, являющийся стандартным критерием технического уровня. В отличие от алгоритмов, подобных методу волнового распределения (известному также как метод волновых характеристик), не обеспечивающих точность решения, так как вычисления производятся только в местах соединений, метод МОС вычисляет результаты в промежуточных точках вдоль трубопровода, фиксируя критические изменения, которые в ином случае остались бы незамеченными (рис. 3).

HAMMER позволяет в точности моделировать влияние широкого диапазона устройств гашения пульсации потока и роторного оборудования. Пользователь имеет возможность выбрать из более чем двадцати различных устройств и проанализировать неограниченное число динамических моделей для разработки наиболее подходящей стратегии уменьшения негативного воздействия гидравлического удара.

Системы водоотведения

Этот раздел представлен следующими программными продуктами:

SewerGEMS, **SewerCAD**, **FlowMaster** и **HAMMER**.

Встроенный в **SewerGEMS** интерфейс **ArcGIS** позволяет специалистам ГИС использовать преимущества архитектуры геопространственной базы данных **ESRI** чтобы обеспечить единый набор данных создаваемых моделей и геоинформационной системы. Поддерживается создание, редактирование, расчет и визуализация моделей **SewerGEMS** непосредственно из **ArcMAP** с полным доступом ко всем инструментам гидравлического моделирования, а также и к функциям геопространственной обработки данных, что значительно ускоряет процесс разработки модели. Чтобы ускорить процесс построения модели, можно воспользоваться геопространственными данными, чертежами САПР, базами данных и электронными таблицами. **SewerGEMS** обеспечивает синхронизацию обмена информацией с базами данных, геопространственными связями и способен осуществлять обмен виртуальными и цифровыми данными. **SewerGEMS** также позволяет создавать чертежи и содержит средства графического просмотра для определения совместимости, чтобы гарантировать гидравлическую связность модели (рис. 4).

Включенный в **SewerGEMS** модуль **LoadBuilder** помогает распределить нагрузку канализационных стоков на основании различных источников данных ГИС, таких как счета абонентов за пользование водой, измерения расхода стоков на большой территории, известные

результаты полигонометрического анализа плотности населения или использования земель.

Нагрузка канализационных стоков в **SewerGEMS** может быть представлена как определенные пользователем гидрографы, в виде шаблона нагрузок или данных об удельных нагрузках. Приложение обеспечивает доступ к комплексным инженерным библиотекам с многочисленными типовыми удельными нагрузками в зависимости от плотности населения, от площади или по расчетам и потреблению. **SewerGEMS** также позволяет пользователю вводить и сохранять неограниченное число шаблонов потока для точного моделирования изменений потока в течение дня.

SewerGEMS включает два динамических механизма моделирования, вычисляющих эффект хранения и условия возникновения переполнения внутри сооружений систем канализации. Возможность выбора между механизмом **EPA-SWMM** и быстрым, устойчивым внутренним механизмом расчета полного набора волновых компонент по формуле Сен-Венана обеспечивает дополнительный комфорт пользователям, которые привыкли к моделированию **SWMM** и знакомы с его возможностями и ограничениями.

SewerCAD является программным обеспечением для комплексной разработки и анализа систем наружной канализации. Обеспечиваются расчеты объема сточных вод, интенсивности входного потока и движения жидкости в трубопроводе.

SewerCAD используется для определения докритических, критических и за-критических условий с помощью надежных стандартных медленно изменяющихся пошаговых алгоритмов. Специализированный инструментарий позволяет визуализировать поведение системы канализации на протяжении длительного периода времени (рис. 5). Результаты анализа системы могут быть анимированы для определения критических перепадов давления и перегрузки участков сети.

Модуль **LoadBuilder** помогает инженерам анализировать нагрузки на коллектор, основанные на множестве источников поступления сточных вод. Учитывается использование воды потребителями, результаты замеров, площадные и линейные потребители. Нагрузка на коллектор также может быть представлена в **SewerCAD** как гидрограф, построенный на основании общей и отдельно взятой нагрузки.

Особенности **SewerCAD** позволяют инженерам проектировать систему канализации в автоматическом режиме,

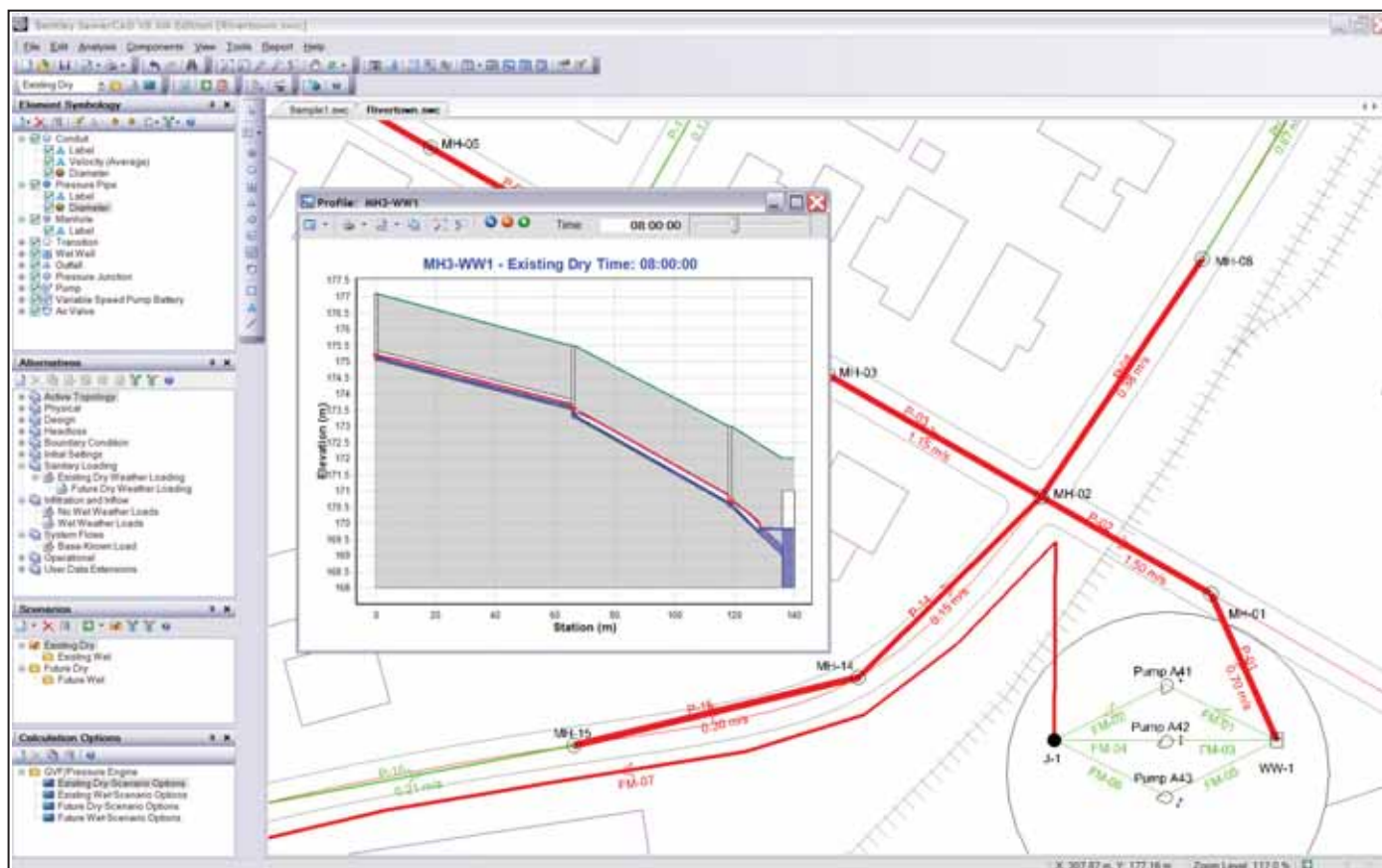


Рис. 5. Анализ участка системы канализации в программе SewerCAD

исходя из ее геометрии и нагрузок. Учитываются существующие и вновь проектируемые участки. Есть возможность рассчитать как отдельный участок трубопровода, так и всю систему в целом, просто задавая граничные условия: минимальные или максимальные скорости, уклоны и наполнение. Для минимизации земляных работ SewerCAD автоматически определяет рациональные диаметры трубопроводов и уклоны.

FlowMaster позволяет быстро выполнить гидравлические расчеты для различных типов элементов систем канализации, благодаря чему можно оптимизировать водозаборные отверстия и плотины.

С использованием алгоритмов, основанных на методологиях Федерального управления шоссейных дорог США (FHWA) Circular No. 12 и Circular No. 22, выполняются проектирование и анализ водозаборных решеток, лотков, канав и прочих отверстий. Вычисляются наполнение и глубина желоба. Анализируется течение жидкости в трубопроводе, исходя из длины трубы, времени начала и конца процесса, изменения уровня и давления, наполнения и диаметра (рис. 6). Приложение FlowMaster рассчитывает потери давления на трение с помощью формул Куттера, Дарси-Вейсбаха и Хазен-Вильямса.



Рис. 6. Результаты работы программы FlowMaster

Программа также служит для проектирования и анализа каналов, канав и незаполненных объемов трубопроводов любой формы, включая прямоугольные, эллиптические, параболические и произвольной формы.

Выполняется расчет параметров плотин, исходя из нагрузок, верхнего бьефа и критического подъема воды. Осуществляется проектирование прямоугольных, круглых и произвольных водозаборных отверстий, исходя из уровня критического подъема воды.

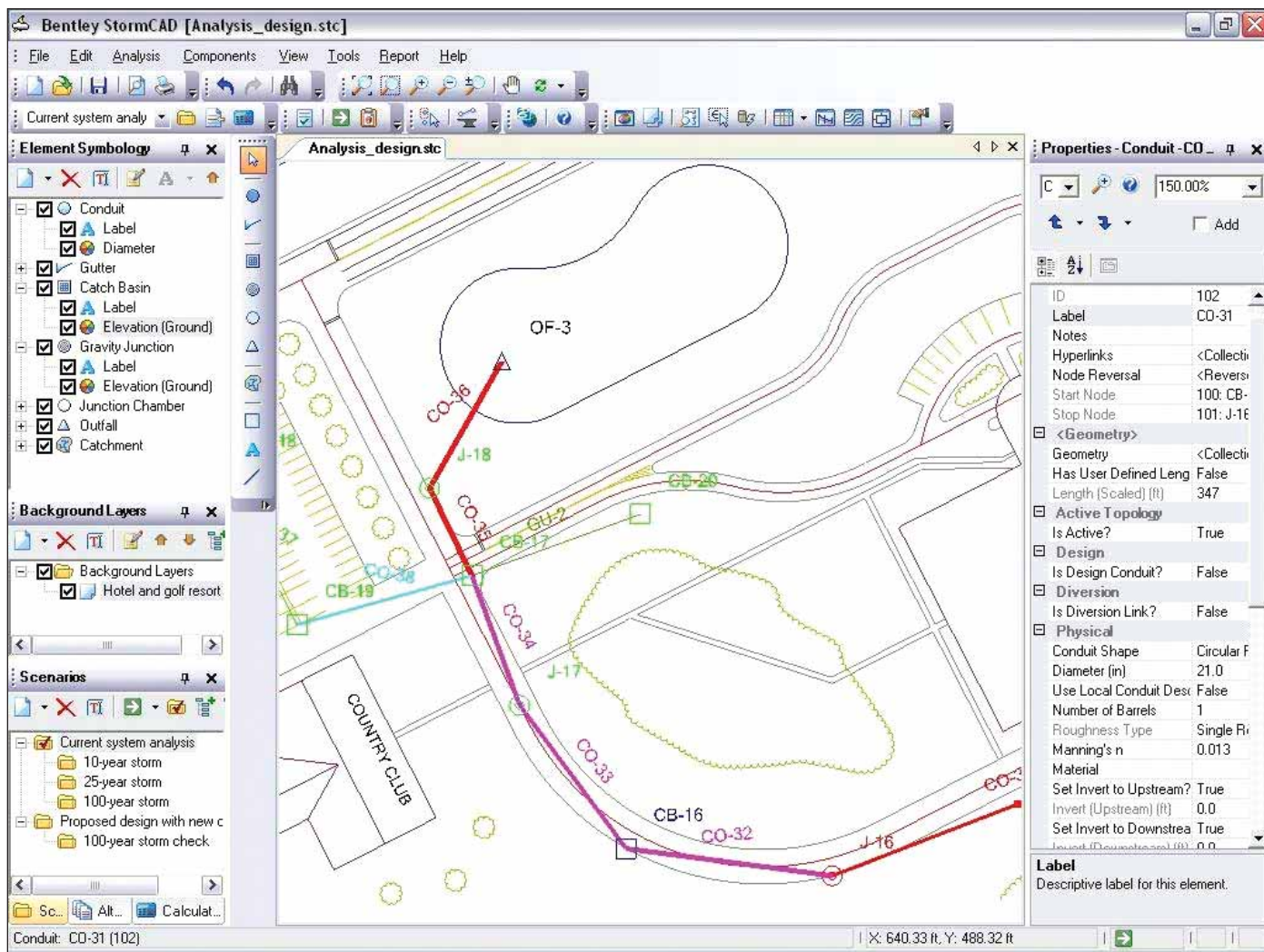


Рис. 7. Интерфейс программы StormCAD

Системы ливневой канализации

Раздел представлен следующими программными продуктами: **StormCAD**, **FlowMaster** и **HAMMER**.

StormCAD представляет собой программное обеспечение для комплексной разработки и анализа систем ливневой канализации. Интуитивно понятный интерфейс программы делает как никогда легким процесс проектирования и анализа систем ливневой канализации от уличного стока до водовыпускного отверстия (рис. 7). StormCAD обеспечивает расчеты объема стока, интенсивности входного потока, ливневого стока и движения жидкости в трубопроводе.

StormCAD определяет перехват потока водоприемниками коллекторной системы и анализирует направление потока по обводным каналам к выбранным конечным точкам. Водоприемники могут быть рассчитаны по методике Федерального управления шоссеиных дорог США (FHWA) HEC-22, а в качестве водоприемников можно выбрать решетки, бордюры, люки, кюветы или их комбинации. Инженеры могут использовать разнообразные методы вычисления потери

напора, включая методы HEC-22 Energy и AASHTO.

Производится расчет потерь напора на трение с помощью формул Маннинга, Куттера, Дарси-Вейсбаха и Хазен-Вильямса; рассматриваются трубопроводы системы ливневой канализации круглой, квадратной, сводчатой, эллиптической, треугольной, трапециевидальной или неправильной формы.

При проектировании коллектора ливневой канализации StormCAD использует встроенный метод расчета расхода пика паводка. Вместо расхода, рассчитанного в программе, StormCAD также допускает непосредственный ввод известных значений расхода для приточных водоприемников. Допускается вводить или импортировать данные о времени концентрации водосбора либо указывать минимальное допустимое время концентрации для предотвращения превышения объема максимального стока небольших водоприемников.

StormCAD позволяет указывать данные интенсивности, продолжительности и частоты осадков (IDF) с помощью формул (включая Hydro-35) или таблиц.

При выполнении моделирования можно затем строить кривые IDF и повторно использовать их данные для других проектов в этом регионе. Инженер может работать с неограниченным числом областей водосбора и использовать C-коэффициенты для каждого водоприемника водосбора. StormCAD позволяет задавать внешние сточные бассейны, дополнительные каналы для моделирования внешних стоков, которые вносят вклад в нагрузку на водоприемники.

И в заключение краткий список пользователей решений **Bentley Systems** по наружным сетям водопровода и канализации: МУП "Уфаводоканал", United Utilities, WaterNet, EPAL, Veolia Environment, Aquas di Portugal, Municipality of Bucharest, Загреб, Афины, Стокгольм, Parsons International, Atkins, Abu Dhabi Distribution Company, Дельфтский технический университет и многие другие...

Дмитрий Борисов

CSoft

Тел.: (495) 913-2222

E-mail: borisov@csoft.ru