

Расширения Hydraflow

для AutoCAD Civil 3D 2009

Выпуская AutoCAD Civil 3D 2009, компания Autodesk включила в комплект поставки этой программы расширения, предназначенные для решения задач гидравлики и гидрологии ливневого потока. Эта сфера — важная часть работы проектировщиков и специалистов в области охраны окружающей среды.

Многие инженеры решают упомянутые задачи средствами Microsoft Excel или других сторонних приложений, не имеющих прямого отношения ни к программному обеспечению для строительства, ни к проектированию как таковому. На обмен данными между различными непрофильными программами инженеры тратят много времени, что приводит к снижению эффективности работы и повышает риск появления ошибок.

AutoCAD Civil 3D 2009 взаимодействует непосредственно с расширением

для ливневой канализации Hydraflow Storm Sewers. Как следствие, появилась возможность реально оптимизировать работу.

Предлагаемая информация поможет более подробно познакомиться с возможностями инструментария Hydraflow. Кроме того, разработчикам будут весьма интересны пожелания специалистов, касающиеся развития этих приложений в соответствии с российскими стандартами проектирования.

Расширения Hydraflow

Пакет Hydraflow для AutoCAD Civil 3D 2009 включает в себя три отдельных приложения:

- Hydraflow Express;
- Hydraflow Hydrographs;
- Hydraflow Storm Sewers.

Эти комплексные инструменты охватывают широкий спектр вопросов про-

ектирования. Доступны они пока только на английском языке, но могут применяться с любой локализованной версией Civil 3D. Программы поддерживают как метрические единицы, так и британскую систему мер.

Между расширениями Hydraflow для Civil 3D 2009 и самостоятельными продуктами Intelisolve Hydraflow не существует значительных функциональных различий.

Расширение Express

Hydraflow Express обеспечивает инженера мощными калькуляторами, используемыми при решении повседневных задач гидравлики и гидрологии для водовыпусков, каналов, сливов и плотин.

Водовыпуски

Используя расширение Hydraflow Express, можно моделировать водовыпуски с различными откосами, длинами и размерами. Водовыпуски могут изготавливаться из различных материалов и иметь самые разные формы, включая цилиндрическую, прямоугольную, эллиптическую или дугообразную (рис. 1). Обеспечена возможность работы со множеством конфигураций сливов. Hydraflow Express вычисляет емкости, формирует таблицы оценки и гидравлические профили.

С помощью Hydraflow Express можно управлять сливами и водовыпусками в любом режиме течения: с частичной или полной глубиной, с перегрузками и перепадами до суперкритических профилей течения с гидравлическим скачком. Используемые методы представлены в HDS-5 ("Гидравлический расчет магистральных водовыпусков").

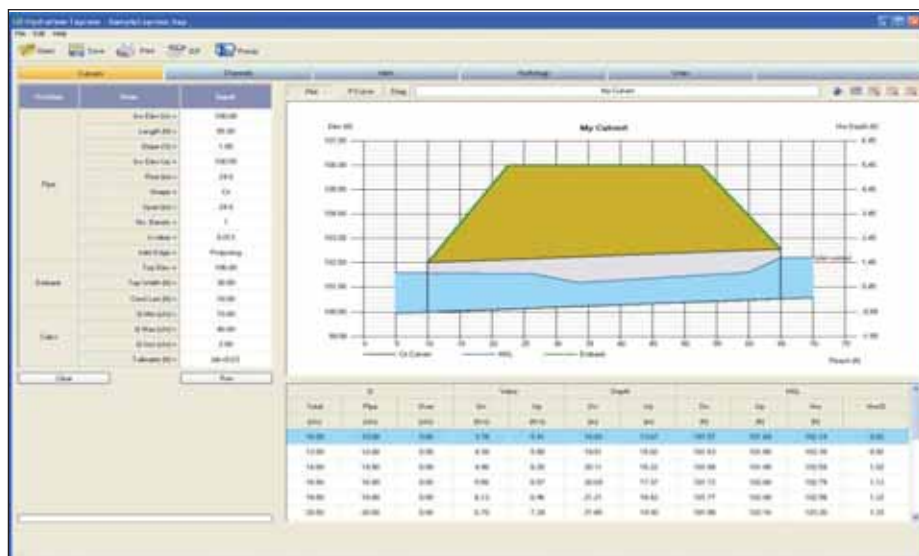


Рис. 1. Модель водовыпуска

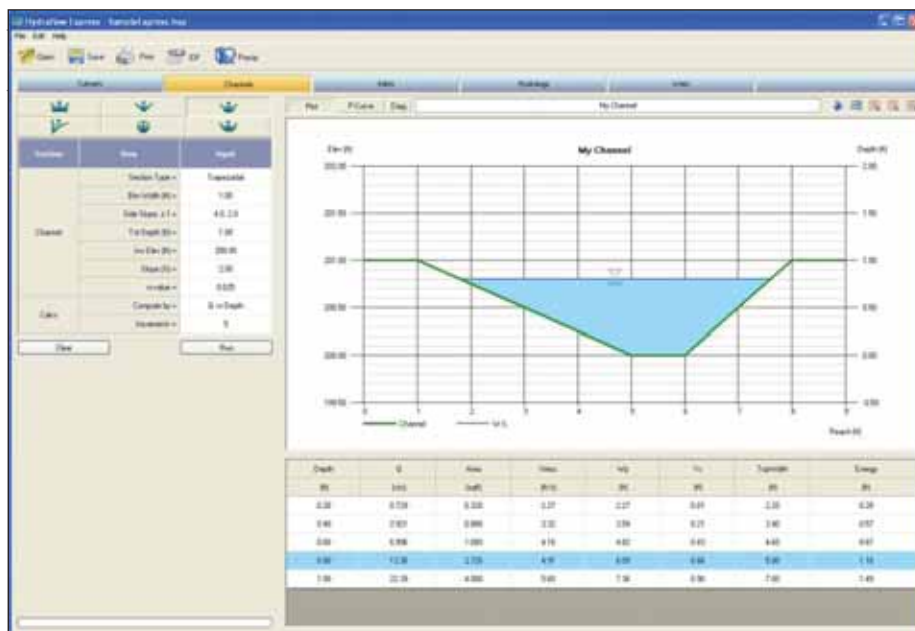


Рис. 2. Трапециевидный канал

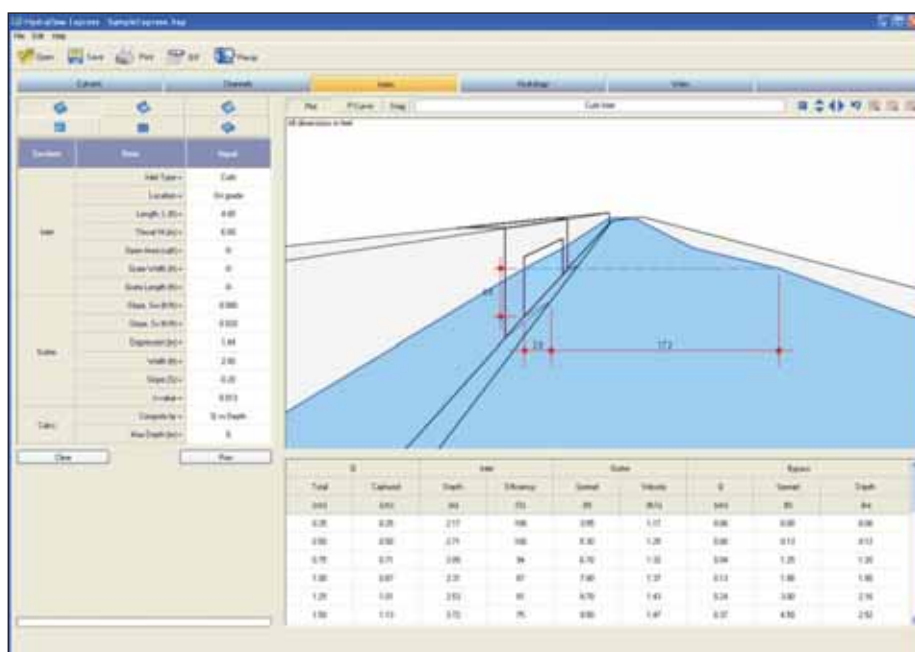


Рис. 3. Пример слива

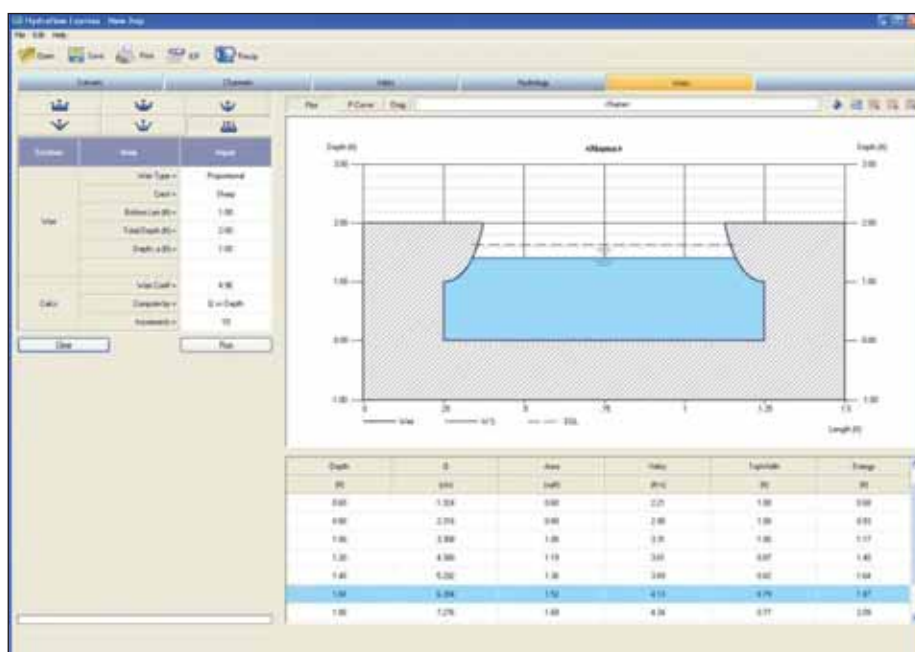


Рис. 4. Пример плотины

Каналы

Каналом (рис. 2) называется водовыпуск, имеющий открытую поверхность, подверженную атмосферным воздействиям. К этому типу водовыпуска относят собственно каналы, а также естественные и искусственные потоки, магистральные водосборные лотки и трубы круглого сечения. В расширении Express для расчета каналов используется формула Маннинга.

Приложение вычисляет кривые расходов при стандартной глубине для каналов прямоугольной, треугольной, желобковой, круглой формы, а также формы, заданной пользователем.

Сливы

При расчетах учитывается глубина и ширина потока для водосборного лотка, что позволяет оценить перехватывающую емкость слива (рис. 3), а значит и определить его наиболее эффективный размер. Можно также задать перехватывающую емкость для комбинированных сливов.

Средствами Hydraflow Express выполняются гидравлические расчеты для сливов шести типов:

- решетчатые сливы;
- сливы в бордюре;
- сливы в откидном бордюре;
- сливы в откидной решетке;
- комбинированные сливы;
- щелевые водостоки.

Плотины

Плотиной (рис. 4) называют небольшой стандартный переливной элемент в водовыпусках накопительных водоемов. Hydraflow Express позволяет рассчитать плотины шести типов:

- прямоугольную;
- V-образную;
- трапециевидную;
- круглую;
- комбинированную;
- пропорциональную.

Гидрология

Изучение гидравлики начинается с гидрологии. Для выполнения расчетов при моделировании водовыпусков, каналов, сливов или плотин необходимо знать скорость потока. При гидрологических расчетах определяется максимальный поток, а также объем и расход воды.

Hydraflow Express позволяет выполнить расчеты на одном гидрографе (рис. 5) либо на модели потока в зависимости от времени. Пре выполнении расчетов и создании гидрографа стока поддерживаются следующие методы:

- рациональный;
- измененный рациональный;
- SCS.

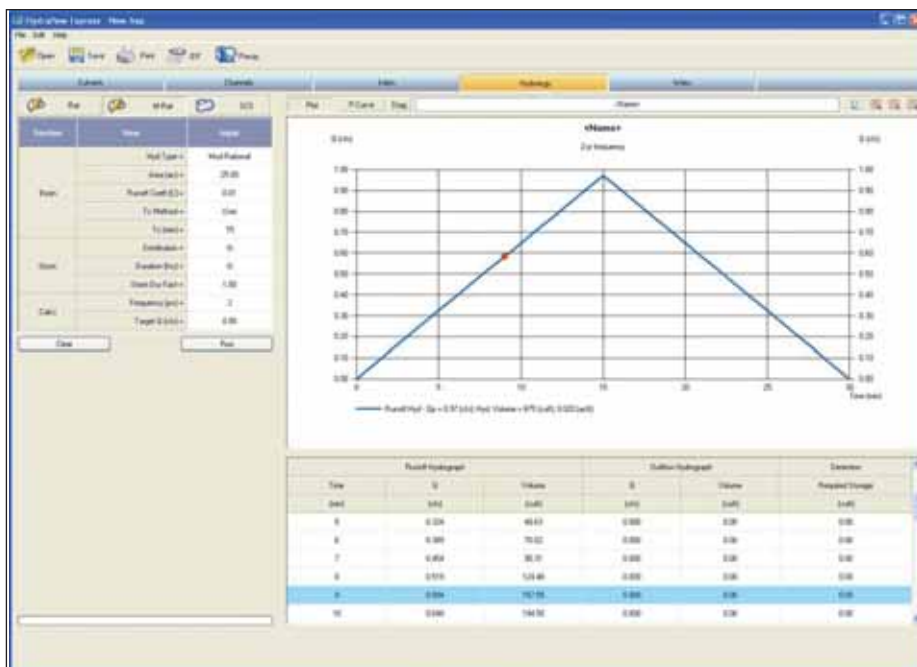


Рис. 5. Пример гидрографа

Средствами этого инструмента можно решать следующие задачи:

- разрабатывать гидрографы поверхностного стока, используя различные расчетное количество ливневых осадков;
- использовать встроенные значения для расчетного количества ливневых осадков, включая все 24- и 6-часовые осадки SCS;
- динамически создавать искусственные осадки на основе IDF;
- вычислять сложные коэффициенты стока и показатели кривых;
- различными способами вычислять показатель T_c ;
- вычислять требуемый запас, используя заданный пользователем целевой показатель Q ;
- вычислять требуемый размер водовыпуска относительно кривой расходов для заданной глубины водоема;
- вычислять примерное время, затрачиваемое на снижение уровня вод;

- вычислять измененный рациональный фактор продолжительности осадков, что максимально увеличивает необходимый запас.

Расширение Hydrographs

Hydroflow Hydrographs представляет собой комплексное решение для проектирования накопительных водоемов, а также для моделирования простых и сложных водосборов с использованием методов, разработанных Службой охраны природных ресурсов (SCS), и рациональных методов. Пользователям предложены различные функции, включая создание гидрографа, комбинирование гидрографов, расчет участков русла и вытекания стоков через резервуары, а также расчет гидрографов отводных каналов. Выполняются расчеты аналогичные тем, что в расширении Express производятся с помощью инструмента Hydrology. Кроме того, можно моделировать несколько гидрографов и использовать новые возможности расчета вытекания стоков через резервуары.

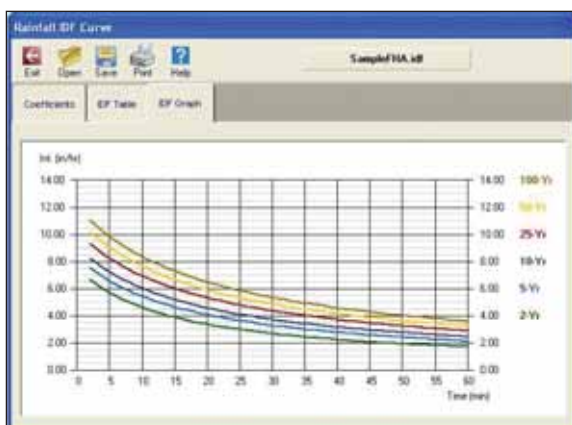


Рис. 6. Кривые IDF

Кривые IDF

Hydrographs автоматически вычисляет интенсивность осадков по соответствующим кривым "Интенсивность-Продолжительность-Частота" (IDF) с последующим применением рационального метода. Если ввести данные кривых IDF (рис. 6), то полученные кривые будут в точности воспроизводить характеристики места расположения проекта.

Расширение формирует файл данных по осадкам (*.idf),

который можно сохранить вместе с файлом проекта. Файл данных загружается при каждом запуске программы. Чтобы произвести расчет осадков, Hydrographs вычисляет интенсивность, используя кривые, а также расчетное время концентрации (T_c).

Hydrographs может хранить для использования в последующих проектах неограниченное число IDF-файлов. Эти файлы доступны в любой момент.

Кривые IDF можно создавать различными способами:

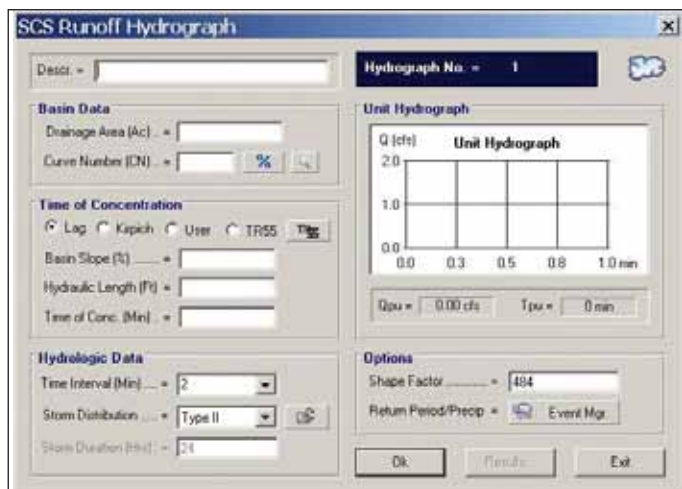
- **использование существующих данных.** Этот метод подходит для случаев, когда данные получены от нового Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (NOAA);
- **создание кривых IDF по данным карты.** Кривые IDF можно сформировать с соответствующих гидрографов по данным осадков:
 - если проект выполняется для восточных или центральных штатов США, нужно использовать данные по осадкам от NWS Hydro-35 или NOAA Atlas 14. Эти значения состоят из 5-, 15- и 60-минутных интервалов, которые соответствуют 2- или 100-летним периодам;
 - если проект выполняется для западных штатов США, требуется использовать данные по осадкам от NOAA Atlas соответствующего штата. Эти значения состоят из 6- и 24-часовых интервалов, которые соответствуют 2- и 100-летним периодам. Следует также учитывать среднюю высоту над уровнем моря (в футах);
- **полином третьей степени.** Некоторые регионы рассчитывают кривые IDF на основе полиномиального уравнения третьей степени.

Менеджер событий

В расширении Hydrographs доступны различные варианты периодов возврата. При работе пользователь активирует те из них, которые необходимо использовать. Расширение Hydrographs вычисляет каждый гидрограф для активированных частот, используя соответствующие значения осадков, введенные в окне Менеджера событий (кнопка *Осадки*).

Чтобы активировать или деактивировать периоды возврата, требуется только установить или сбросить флажок *Активный*, соответствующий каждому периоду возврата. Если ввести значения в определенные поля, пользователь получит возможность просмотреть соответствующие распределения Хаффа.

Все значения можно сохранить в отдельном файле либо вместе с проектом для дальнейшей загрузки.

Рис. 7. Диалоговое окно *Гидрограф стока SCS*

Создание и редактирование гидрографов

Моделирование водосбора всегда следует начинать с построения сверху вниз гидрографа стока. Для создания гидрографа следует выбрать метод расчета и ввести необходимые данные.

Теперь несколько слов о методах расчета.

Гидрографы SCS

Для анализа больших и малых водосборов широко применяются гидрологические методы Службы охраны природных ресурсов (SCS), известной также как Национальная служба охраны ресурсов (NRCS). Сгенерировать точный гидрограф можно используя метод удельного гидрографа в сочетании с любым известным расчетным количеством ливневых осадков (рис. 7).

Гидрографы, рассчитанные по рациональному методу

Рациональный метод весьма распространен — не в последнюю очередь потому что это наиболее простой способ расчета. Он менее сложен, чем метод единичного гидрографа, но обеспечивает точность только до 200 акров¹.

Существуют различные варианты рационального метода. Два из них, применяемые наиболее широко, используются в расширении Hydrographs:

■ **измененный рациональный.** В основу этого метода положен стандартный рациональный метод, который позволяет построить гидрограф, используемый при проектировании накопительного водоема. Целью расчета является нахождение суммарной продолжительности критического ливневого события, которая максимально увеличивает требуемый запас в накопительном водоеме.

■ **Декальбовый рациональный.** Данный метод является вариантом стандартного рационального метода, разработанным Декальбом Каунти (США).

Гидрографы, вводимые вручную

Расширение Hydrographs позволяет непосредственно ввести гидрограф (рис. 8), созданный сторонним исполнителем (например, местным агентством). Следует указать скорости потоков для требуемого временного интервала.

Комбинирование гидрографов

Если дренажные зоны для гидрографов стоков не гомогенны (то есть у них различны показатели CN, откосы и т.д.), инженер делит их на подзоны или на несколько различных гидрографов, которые можно объединить. Hydrographs позволяет одновременно сочетать до шести гидрографов. Можно добавить поток (Q) от каждого гидрографа притока и рассчитать комбинированный гидрограф, который представляет расход из дренажной зоны.

Расчет вытекания стоков через каналы

В Hydrographs имеется опция, позволяющая рассчитать приточный гидрограф для учета вытекания стоков через каналы, если запас в канале существенно влияет на показания приточного гидрографа (рис. 9). Это особенно важно для каналов большой длины.

Чтобы выполнить расчет вытекания через каналы, следует ввести длину каждого канала, откос и размеры. Можно использовать различные типы и формы каналов, включая трапециевидную, прямоугольную, треугольную, круглую и заданную пользователем.



Рис. 8. Диалоговое окно гидрографа, вводимого вручную



Рис. 9. Расчет вытекания стоков через каналы

Накопительные водоемы

В Hydrographs можно рассчитать любой гидрограф для учета вытекания стоков через накопительные водоемы (рис. 10) или резервуары. Перед выполнением расчета необходимо ввести в программу данные водоема (уровень/запас/расход).

В одном проекте задается до 25 водоемов, причем для любого из них можно использовать любой гидрограф. Для каждого водоема программа предлагает использовать 20 значений стадий, чтобы описать кривую "стадия/запас", до четырех конструкций расхода "водопропускная труба/выпускное отверстие" (одна из которых может быть перфорированным вертикальным водовыпуском), четыре конструкции плотин и компонент эксфильтрации. Эти элементы могут быть отдельными элементами водовыпуска или комбинироваться в многоступенчатой конструкции.

При помощи гидрографа можно задать водоем, используя следующие опции:

- горизонтали;
- трапеции;
- подземные отсеки;
- ручной ввод.

Допускается сочетание до двух типов запасов, но при этом нельзя комбинировать трапеции с отсеками или горизонталями с ручным вводом. Трапеции и отсеки всегда должны находиться на нижнем уровне любых комбинаций.

¹0,8 км².

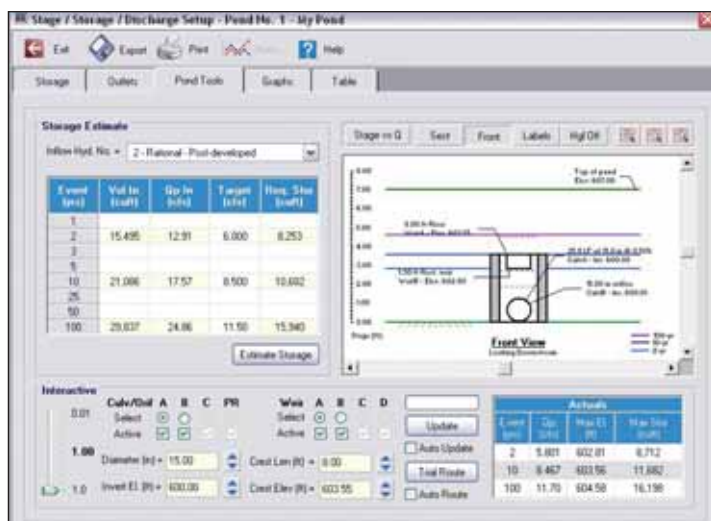


Рис. 10. Инструменты накопительных водоемов



Рис. 11. Взаимосвязанные гидрографы

Взаимосвязанные водоемы

Hydrographs позволяет построить любой гидрограф расчета вытекания стоков через два соединенных (взаимосвязанных) водоема (рис. 11). Во многих случаях как приточный гидрограф для второго водоема может использоваться расчетный гидрограф расхода стока водоема верхнего уровня.

Разделение гидрографов

Hydrographs позволяет разделить любой гидрограф на два отдельных, маркируемых как разные гидрографы. Это может понадобиться в случае, если разделены каналы либо если элементы водовыпуска водоемов спроектированы для выпуска воды в двух разных направлениях.

Пользователю предлагаются на выбор четыре метода разделения:

- **разделение по постоянной Q .** Метод используется для разделения гидрографов по постоянной Q ;
- **разделение по скорости потока.** Метод используется для разделения гидрографа притока по скорости;

■ **разделение по первому поступившему объему.** Метод позволяет вычесть первоначальный объем из гидрографа притока;

■ **разделение по элементам водоема.** Если приточный гидрограф представляет собой результат расчета трансформаций стоков в водохранилище, то его можно разделить по одному из элементов водовыпуска. Эта операция выполняется только после расчета вытекания.

Расширение Storm Sewers

Hydraflow Storm Sewers — очень удобная многофункциональная программа, позволяющая выполнить проектирование и анализ ливневой канализации в моделях трубо-

проводной сети, подготовленных средствами AutoCAD Civil 3D 2009. Программа разработана преимущественно для гидравлического и гидрологического анализа простых и сложных сетей ливневой канализации с отводом вод с проезжей части, а также для анализа сливов. Ее можно использовать и как усовершенствованный инструмент определения линии гидравлического уровня в существующей системе либо при планировании или проектировании новых систем.

С помощью этого приложения данные трубопроводной сети извлекают из AutoCAD Civil 3D, находят оптимальные решения, а затем возвращают результаты в Civil 3D. Между Civil 3D и Hydraflow Storm Sewers возможен обмен текущими проектировочными данными (для этого используются форматы LandXML или DXF).

К основным объектам Hydraflow Storm Sewers относятся:

- трубы;
- сливы/соединения;
- гидравлические характеристики;

■ импортируемые/экспортируемые данные трубопроводной сети Civil 3D.

Используя различные линии водовыпуска, можно одновременно моделировать несколько систем. Поддерживается одновременный импорт или экспорт нескольких трубопроводных сетей — в файлах формата LandXML. Максимальное количество моделируемых линий/сливов в проекте Storm Sewers — 250.

Трубы

В Storm Sewers каждая труба связана со сливом или соединением на верхнем конце этой трубы. При создании труб приложение автоматически нумерует линии — начиная с линии под номером 0, обозначающей водовыпуск. В слив или соединения могут идти несколько линий, но быть выходной может только одна линия. Программа отображает размер трубы по подъему и пролету, поддерживая и эллиптические формы.

Редактируя данные труб, можно задать дренажную зону, коэффициент стока и время концентрации из дренажного бассейна для расчета потока в трубу. Кроме того, существует возможность задать поток, используя известное значение.

Одним из преимуществ интерфейса Hydraflow является возможность просмотра и редактирования труб в табличном представлении (рис. 12). Эта опция доступна на отдельной вкладке *Трубы* в окне вида *План*.

Сливы/соединения

Программа связывает слив/соединение с каждой трубой. К доступным в Storm Sewer сливам и соединениям относятся:

- люк;
- слив в бордюре;
- решетчатый слив;
- комбинированный слив;
- общий слив;
- оголовки водовыпуска;
- отсутствующий слив (null);
- слив в открывающемся вниз бордюре;
- открывающийся вниз решетчатый слив.

Расширение обеспечивает комплексный анализ сливов при всех расчетах. В результаты анализа включаются переливный поток, а также скорости захваченного и обходного потоков.

Новые системы

Создавая новую систему и выполняя предварительные расчеты, можно не принимать во внимание обратные отметки и размеры труб. Они проектируются автоматически в соответствии со специ-

фикациями, указанными в диалоговом окне *Нормы проектирования*. Доступны следующие настройки:

- минимальный/максимальный размер трубы;
- расчетная скорость;
- выравнивание оснований труб;
- минимальное заглубление;
- рациональный метод или непосредственный ввод (возможно применение обеих настроек).

Нормы проектирования

В диалоговом окне *Нормы проектирования* (рис. 13) можно задать определенные расчетные настройки, а затем сохранить их в проекте ливневой канализации. Три вкладки этого окна содержат настройки для труб, сливов и расчетов.

Параметрами, определяющими размеры труб для ливневой канализации, как правило, являются поток, уклон и шероховатость трубы. При выполнении анализа следует учитывать допустимые размеры труб. Посредством функции *Нормы проектирования* можно ограничить или запретить использование определенных нестандартных размеров труб.

В том же диалоговом окне задается минимальное заглубление (глубина грунта) для трубы. Величина заглубления обычно определяется расположением и материалом трубы, а также нагрузками от транспортных средств. Чем больше нагрузки, тем глубже должна находиться труба.

Варианты расчетов

Для анализа трубы в Hydraflow Storm Sewers предусмотрено несколько вариантов расчетов.

- В диалоговом окне *Выполнить*:
 - задаются необходимые варианты (5 лет, анализ с проектированием, гребень, проверка).
- Вариант анализа и проектирования наиболее подходит, если:
 - важны ограничения нижнего уровня;
 - осуществляется моделирование существующих систем;
 - корректируются недочеты системы;
 - выполняется проработка нижнего уровня;
 - не учитывается минимальное заглубление.
- Расширенная система моделирования (EMS):
 - наиболее подходит для существующих систем в тех случаях, когда важен гидравлический анализ;
 - оптимальна в случаях, когда важна максимальная точность;
 - функции аналогичны анализу и проектированию;

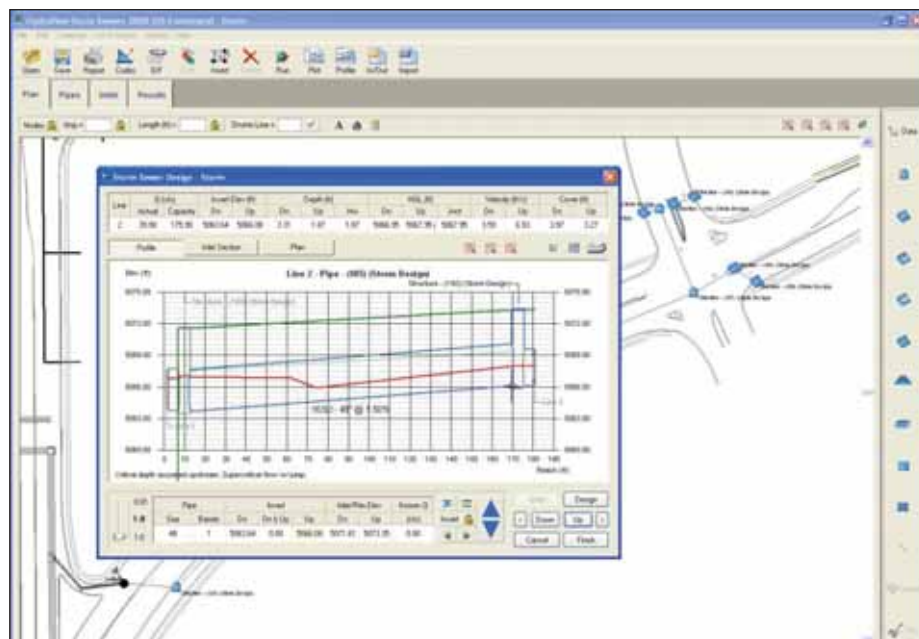


Рис. 12. Проектирование водосборных труб

- трубы и откосы проектируются при первом повторе (не позднее).
- Комплексное проектирование:
 - предпочтительно в случаях, когда важны ограничения нижнего уровня;
 - наилучшим образом подходит для проектирования новых систем;
 - реализуется с верхнего уровня вниз;
 - относится к ограничению минимального заглубления.

- Только емкость:
 - этот вариант обычно применяют, если используется показатель Q_s , равный емкости при полном потоке;
 - данные потока, полученные рациональным методом, и известные значения показателя Q_s не учитываются;
 - применяется формула Маннинга, в которой используются значения зоны и откосов.

Другие ограничения при проектировании:

- если заданы откосы, программа вычисляет размер трубы на основе скорости и формулы Маннинга;
- минимальное заглубление учитывается только в тех случаях, когда выбрана опция *Комплексное проектирование*;
- метод HDS-5 или стандартное уравнение расчета отверстия для контроля сливов.



Рис. 13. Диалоговое окно *Нормы проектирования*

- Вариант собранных потоков сливов используется в следующих случаях:
 - если соединение не является сливом, то оно не может захватывать потоки сливов. Следовательно, $Q = 0$;
 - если на линии есть дренажная зона, то соответствующий тип соединения должен быть сливом;
 - если суммарный показатель Q в отчете не равен значению Cia ;
 - если глубина и показатель Q для слива известны, программа может вычислить размер решетки.

Примечание. В Storm Sewers используется "мягкое преобразование" для перевода британских единиц измерения в метрические. Размеры труб (метрические) можно ввести вручную; при этом, если проектируются размеры труб, программа использует "мягкое преобразование" и не присваивает номинальные размеры.

По материалам компании Autodesk