

# Гидравлические модели

ПОМОГАЯ ПРИНИМАТЬ ЛУЧШИЕ РЕШЕНИЯ

## Почему гидравлические модели?

Менеджерам, инженерам и операторам коммунальных служб регулярно приходится принимать решения, касающиеся проектирования и работы систем водораспределения. Вот некоторые из вопросов, с которыми они сталкиваются:

- Каким должен быть диаметр новой трубы?
- Какую трубу нужно купить?
- Где следует разместить новую емкость?

Те, кто принимает решения, должны найти ответы, причем очень точные.

Сети водоснабжения — чрезвычайно взаимосвязанные, сложные системы. Вы меняете насос на станции А, а давление в системе меняется за много миль отсюда. Хотя интуиция и опыт полезны, необходима количественная, очень подробная информация. Модели сети помогут вам ответить на более конкретные вопросы:

- Каким именно будет давление в часы пик, если я использую шестидюймовую трубу вместо восьмидюймовой?
- Когда новое подразделение подключится к сети, что произойдет с давлением в старой части системы, расположенной на холмах?
- Будет ли обеспечен доступ к пожарному гидранту в Хилтопской начальной школе и достаточное ли в нем будет давление?

Расчеты, на основании которых даются ответы на эти вопросы, слишком значимы и сложны, чтобы выполнять их вручную. Все больше коммунальных коммуникаций отображаются в компьютерных гидравлических моделях — чтобы помочь тем, кто руководит мощностями, принимать решения. Когда-то эти модели были настолько сложны в применении, что их в основном использовали коммунальные службы и консультанты. Теперь же конкуренция и технологическое развитие привели к снижению цен, а

модели так легко изучить и применить, что их может приобрести даже самая маленькая служба водоснабжения (или не может себе позволить их не приобрести!). Все больше проверяющих, прежде чем одобрить усовершенствование системы, желают видеть результаты испытания на модели.

## Что такое компьютерная модель?

В основу любой модели положена вычислительная программа, решающая уравнения. В принципе существует два типа уравнений, которые необходимо решать при любых гидравлических расчетах.

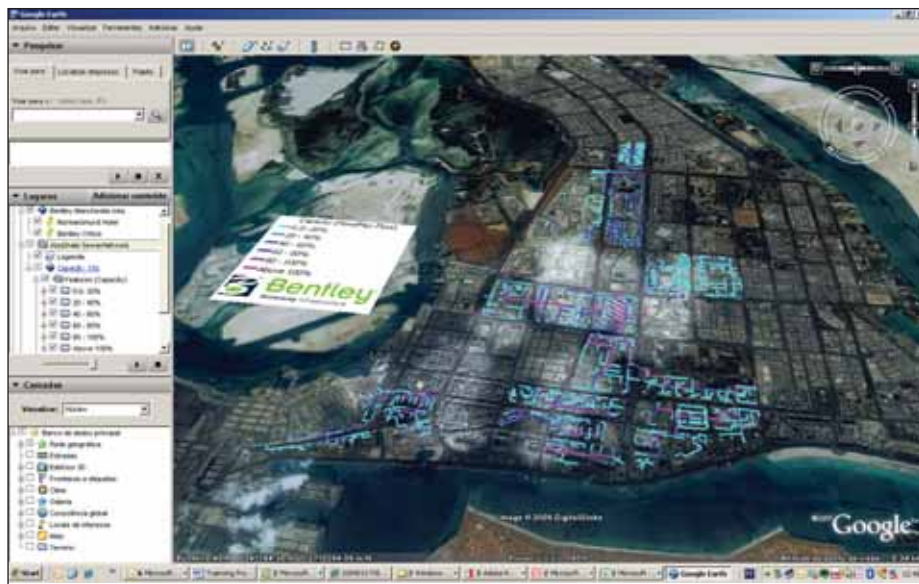
1. Уравнение непрерывности массы (сохранения массы):

- а) расход на входе в трубу должен равняться расходу на выходе из нее;
- б) поток, подаваемый в любую емкость, минус поток на выходе из нее должен равняться изменившемуся объему в хранилище.

2. Энергетическое уравнение — получение или потеря энергии во время движения воды по распределительной системе:

- а) энергетические потери в результате трения/шероховатости труб;
- б) прирост энергии после прохождения через насосы;
- с) энергетические потери при прохождении через арматуру.

Эти уравнения не запредельно сложны для решения — если не считать того, что нет какого-то одного энергетического уравнения или уравнения непрерывности. Зато существует одно-единственное уравнение непрерывности для любого соединения труб или любой емкости и одно-единственное энергетическое уравнение для любой трубы. Значит, для решения задачи организации сетевой гидравлики компьютер должен одновременно решать сотни или даже тысячи уравнений, — а это совсем не то, что вам хотелось бы делать вручную.



Экспорт водопроводной сети из программы WaterGEMS в GoogleEarth

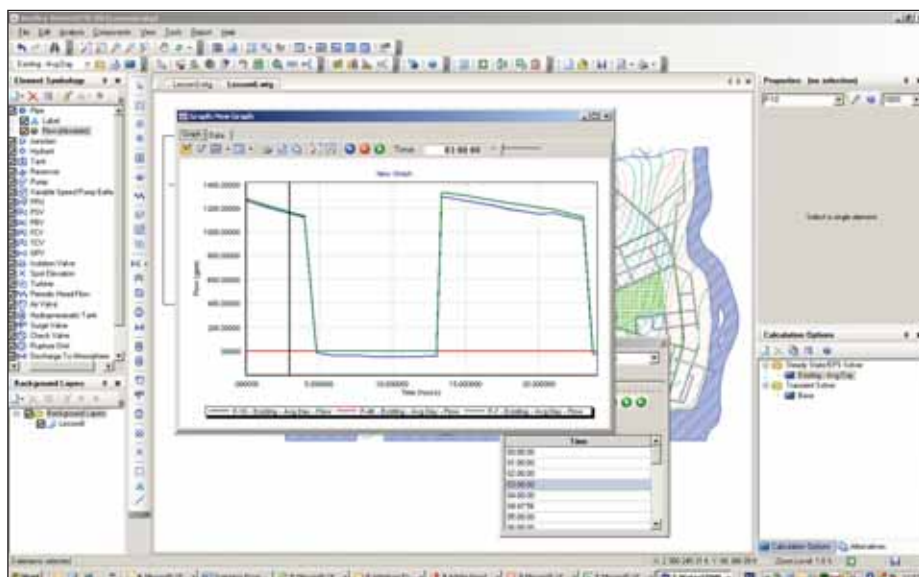
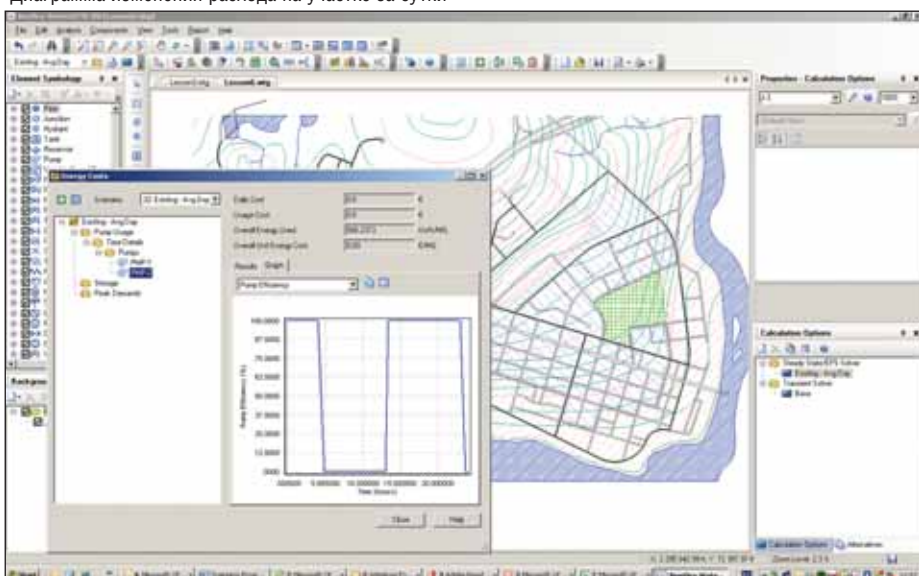


Диаграмма изменения расхода на участке за сутки



Энергетические характеристики работы насоса

Решение всех этих уравнений дает пользователю модели ясное представление о том, что происходит в системе в определенный момент времени (во многом это похоже на моментальный снимок). Обычно решение основано на стационарности модели и во многих случаях этого достаточно. Однако реальные трубопроводные системы нестационарны, насосы в течение дня включают и отключают в зависимости от изменения потребности в воде. Модели способны отслеживать эти постепенные изменения способом, который обычно называют симуляцией длительного периода (EPS). Для понимания функционирования системы он особенно полезен.

Помимо постепенных изменений в условиях работы системы возможны неожиданные изменения в работе насоса или в состоянии клапана, что может привести к скоротечным событиям (гидравлический удар), способным причинить вред системе водораспределения.

Для предсказания того, что произойдет во время этих событий и что можно сделать для предотвращения ущерба, необходимо решить иной вид уравнений.

Другие виды испытаний модели включают:

- определение качества воды — отслеживается качество воды или время водозабора посредством системы смешения источников;
- анализ "слабых мест" — помогает обнаружить в системе уязвимые трубы и арматуру, повреждение которых может дорого обойтись или быть особенно разрушительно;
- анализ системы пожаротушения — позволяет оценить расход и давление в гидрантах;
- анализ энергетических затрат — позволяет планировать потребление электроэнергии насосами в течение дня;
- содержание и техническое обслуживание системы водозабора — помога-

ет управлять главной программой водозабора;

- автоматизированное проектирование — помогает определить диаметр труб и составить график планового ремонта.

В дополнение к программе решения гидравлических уравнений реализован графический пользовательский интерфейс, обеспечивающий возможность визуализации модели сети так, словно она уже построена, и представить результат в таблицах, на картах, с помощью диаграмм, контуров и разрезов.

## Как мы создаем модель нашей системы?

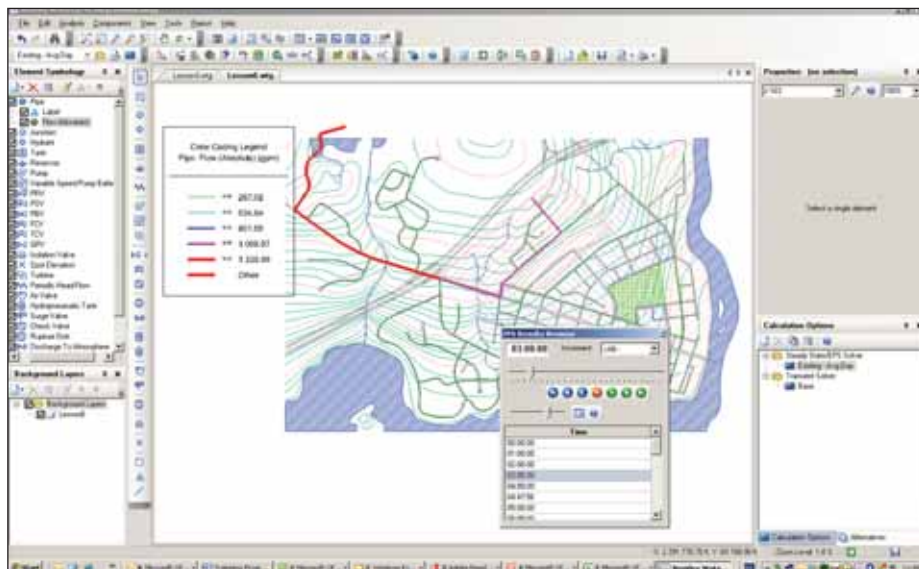
Построению модели системы предшествует приобретение соответствующего программного обеспечения, обучение работе с ним и получение исходных данных о системе. Последние включают в себя три общих типа данных:

- 1) Описание физических характеристик: диаметров труб и типов соединений, высотные отметки, характеристики насосов.
- 2) Распределение (процент и местоположение) потребности в воде.
- 3) Выбор условий работы (какие насосы работают, каков уровень воды в емкостях) для их моделирования.

Минимальное требование при создании модели — инвентаризация и объединение бумажных карт системы и проектных чертежей. Пользователи могут самостоятельно нарисовать сеть, вручную ввести исходные данные. Однако в наше время программное обеспечение чаще используется для автоматизации процесса построения модели. Чтобы избавить пользователя от рутинного ручного ввода данных, а также предотвратить связанные с этим ошибки, данные можно импортировать из уже существующих источников, таких как карты САПР, ГИС и базы данных. Основной закон компьютерного моделирования можно сформулировать так: что вложил, то и получил. Результаты анализа модели напрямую зависят от того, как пользователь выполнил свою часть работы — собрал и ввел данные в модель.

При построении модели лучше всего "начинать с малого, думая о большом". Это означает, что лучше вставлять элементы в модель постепенно, включая трубопроводы большего диаметра на ранней стадии процесса, а затем добавляя трубопроводы меньшего диаметра. Трубопроводы большего диаметра основываются на модели, выполненной в эскизе; последовательно оперируя данными элементами, распределенными по этапам, вы лучше поймете поведение и характер вашей трубопроводной системы, причем уже на ранней стадии моделирования.





Цветовая схема расходов по сетям водоснабжения на заданный момент времени

## Как можно использовать модель для решения проблем?

В основном модели позволяют экспериментировать с конкурирующими решениями для определения наилучшего из них. Рассмотрев множество сценариев типа "а что если", можно исключить неудачные варианты, определить приемлемые и понять поведение системы прежде, чем вы вложите в решение проблемы хоть какие-то деньги. Вот некоторые из этих проблем.

**Диаметр трубы.** Когда реальная труба уже проложена, слишком поздно говорить: "Ой-ой-ой, трубу-то следовало положить двенадцатидюймовую". Вы не можете варьировать диаметры реальных труб в реальной системе, но в модели вам ничто не мешает экспериментировать с альтернативными диаметрами и нагружать их в зависимости от будущих требований, выясняя, что и как будет работать не только сегодня, но и через двадцать лет, когда требования возрастут. Если диаметр трубы недостаточен, модель сообщит об

этом очень высокой скоростью потока и снижением давления по длине трубы.

**Выбор насоса.** Обычно именно насосы отбирают самую солидную часть текущих расходов на коммунальные услуги. Выбирая насос, важно, чтобы он хорошо работал в системе. Для оптимального выбора необходимо обратить особое внимание на устройства, отвечающие за энергетические затраты, что поможет рассчитать расходы на насос в течение его жизненного цикла. Случается, что насосы, прекрасно работающие по отдельности, недостаточно эффективны во взаимодействии. Моделирование выявит эти нестыковки и поможет избежать их.

**Планирование работы при возникновении чрезвычайной ситуации.** Системы водоснабжения должны хорошо работать даже при разрыве трубы, неисправности насоса или отключении электроснабжения. Вы не можете моделировать неисправность реального насоса, но с помощью модели увидите отклик системы на отключение электричества. Иногда уточнение модели по-

может определить неправильно закрытые клапаны или насосы, работающие не в соответствии со своими графиками.

**Распределение давлений по системе.** При холмистом рельефе местности система, которая обеспечивает высокое давление в нижних точках и низкое в верхних, работает нестабильно. Моделируя давление в системе (в широком диапазоне давлений), а также варьируя уровни воды в емкостях и параметры предохранительных клапанов, вы построите систему, которая наилучшим образом будет служить потребителям.

**Качество смешения воды.** В системах, куда вода поступает из многочисленных источников, ее качество может варьироваться по всей системе. Когда вкус и запахи воды меняются — потребители жалуются. Осуществив с помощью модели симуляцию качества воды, можно понять, какие потребители из каких источников получают воду, какие изменения происходят в зависимости от времени суток и особенностей работы насоса. Зачастую результаты этих экспериментов оказываются просто поразительными.

Гидравлическая модель системы водоснабжения может освободить вас от рутинной работы по решению широкого круга гидравлических задач, связанных с водораспределением. Принимая ответственное решение, менеджер коммунальной службы рискует десятками тысяч долларов, так что затраты на модель, позволяющую проверить обоснованность этого решения, представляются более чем оправданными.

Шараван Говиндан,  
Том Вальски,  
Джек Кук  
Bentley Systems, Inc.

Перевод с английского  
Владимира Марутика

## ТЕСТ

Хорошо ли вы понимаете гидравлические модели? Пройдите короткий тест, чтобы это узнать.

### 1. Какие два типа уравнений решаются в модели?

- Энергии и мощности
- Энергии и непрерывности (сохранения массы)
- Высоты всасывания и мощности
- Энергии и гидравлического удара

### 2. В емкости для хранения воды приток минус отток равен:

- изменению объема хранящейся воды
- напору
- лошадиной силе
- кавитационному запасу

### 3. В энергетическом уравнении насос:

- добавляет высоту всасывания
- приводит к трению

- сокращает поток воды
- увеличивает энергию

### 4. Какой из общих типов данных не нужен вам для модели?

- Расход
- Погодные условия
- Физические свойства
- Условия работы

### 5. Сколько уравнений непрерывности (сохранения массы) должно быть решено при испытании одной-единственной модели?

- Одно для каждой трубы
- Одно для каждого насоса
- Одно для каждой арматуры
- Одно для каждого местного сопротивления и емкости

### 6. Что означает слово ГИС?

- Геоинформационная система
- Глобальная интегрирующая система
- Геопространственная информационная система
- Геодетическая интеграционная система

### 7. Если диаметр трубы меньше необходимого, модель продемонстрирует это:

- низкой скоростью и низким давлением
- низким давлением и высоким давлением на всасывающем патрубке насоса
- высокой скоростью и значительным снижением давления по длине трубы
- низким расходом и высоким давлением

### 8. Испытание EPS-модели — это:

- моделирование сверхвысокого давления
- система прогнозирования энергетических затрат
- симуляция длительного периода
- система прогноза эффективности

### 9. Внезапные изменения расхода могут спровоцировать:

- переполнение емкостей
- гидравлический удар
- неисправность насоса
- кавитационный запас

Правильные ответы:  
1. b, c; 2. a; 3. a, b, c, d; 4. c; 5. a; 6. c; 7. a; 8. a; 9. b, c, d.



1 апреля, никому не верят?

С 1 апреля по 30 июня действуют СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ,  
приуроченные к выходу NormaCS 2.0



**NormaCS 2.0**

БИБЛИОТЕКА НОРМАТИВОВ

## Бережет нервы

Новая технология\* работы  
с оригинальными отсканированными документами

- \* Новый удобный интерфейс работы с отсканированными документами, большая скорость отображения и манипулирования растром, плавная прокрутка изображения, просмотр эскизов страниц, цитирование растровых фрагментов изображения, интеллектуальный поиск по растру с подсветкой найденного фрагмента, позиционирование по оглавлению документа, интеграция с инструментами работы с растром в nanoCAD. Кроме того в NormaCS 2.0 добавлена возможность работать с документами в формате DWG и доступен к заказу уникальный раздел, содержащий примеры рабочей документации проектов уровня проектирования МКАД, Третьего кольца в Москве, кольцевой дороги Санкт-Петербурга.

Более подробную информацию о новой версии и условиях поставки  
спрашивайте у авторизованных дилеров:

<http://www.normacs.ru/dealers.jsp>

Телефон горячей линии NormaCS: (495) 645-86-28

  
**NANOCAD**