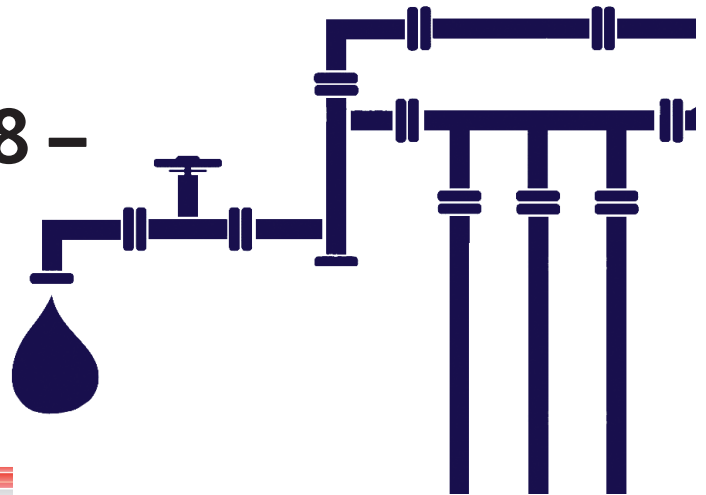




# ГИДРОСИСТЕМА 3.88 – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОПУЛЯРНОЙ ПРОГРАММЫ



Программе "Гидросистема", разработанной в НТП "Трубопровод", в 2017 году исполняется 40 лет. Вот уж на самом деле почтенный возраст! Тем не менее разработчики неустанно трудятся над ее совершенствованием. Эта статья в основном адресована пользователям, уже имеющим опыт работы с программой, однако может быть интересна и новичкам. Программа предназначена для выполнения теплового и гидравлического расчета трубопровода любой сложности (в том числе с кольцами и рециклами). Транспортируемый по трубопроводу продукт может быть как однофазным, так и двухфазным. Кроме того, программа умеет также подбирать диаметры ветвей трубопровода при задании расходов в ветвях и давлений в источниках и потребителях. Что же нового появилось в версии 3.88, выпущенной в канун 2017 года?

## Модернизация модуля "Гидроудар"

Модуль "Гидроудар", первая версия которого появилась два года назад, претерпел большие изменения. Прежде всего, они связаны с возможностью расчета кавитации. Отсутствие учета возникновения пузырьков воздуха при падении давления ниже давления насыщенных паров в предыдущей версии модуля приводило к отрицательным давлениям напорам, что озадачивало пользователей. Кроме того, при "схлопывании" каверн могут возникнуть пиковые значения давлений, превышающие максимумы давлений при прохождении волны гидроудара. На рис. 1 представлена схема трубопровода с задвижкой в узле 3, которая мгновенно закрывается в момент времени 0.

Рис. 2 представляет собой график распределения давлений по времени на рис. 1, полученный без учета кавитации. На рис. 3 – он же с учетом кавитации.

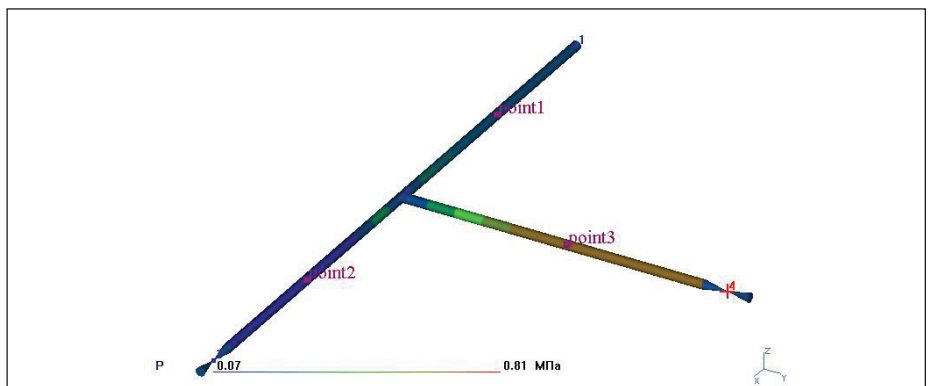


Рис. 1. Схема трубопровода с закрывающейся задвижкой

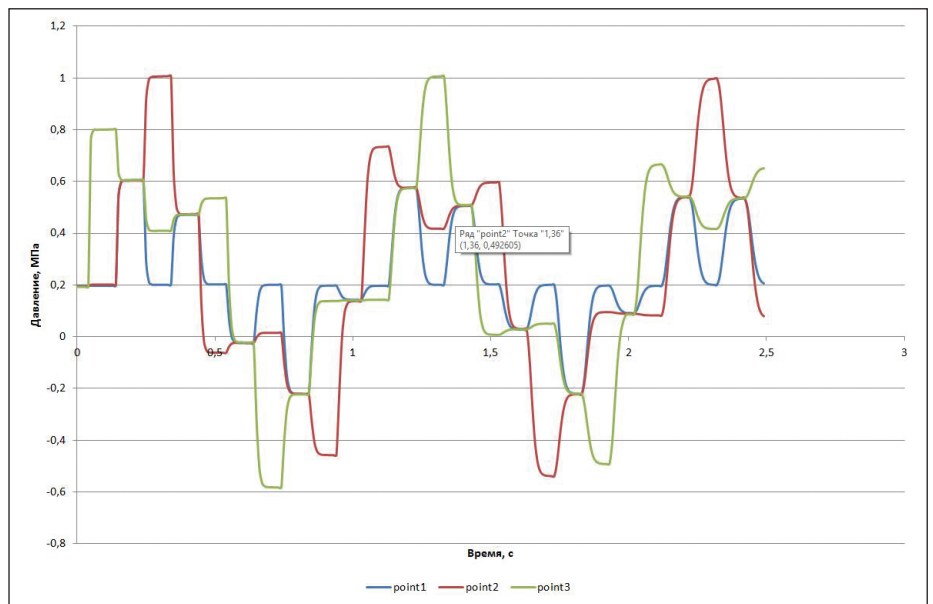


Рис. 2. График давлений без учета кавитации

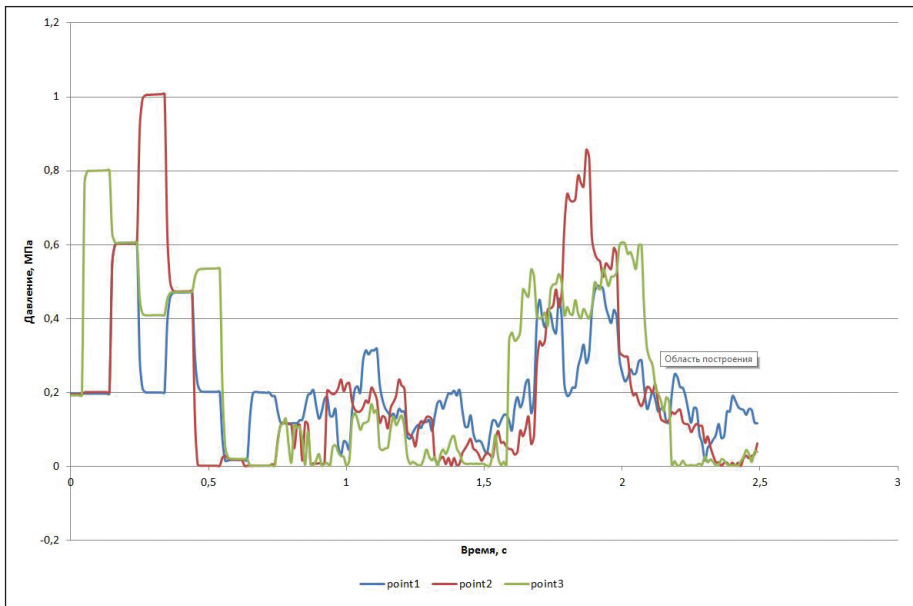


Рис. 3. График давлений с учетом кавитации

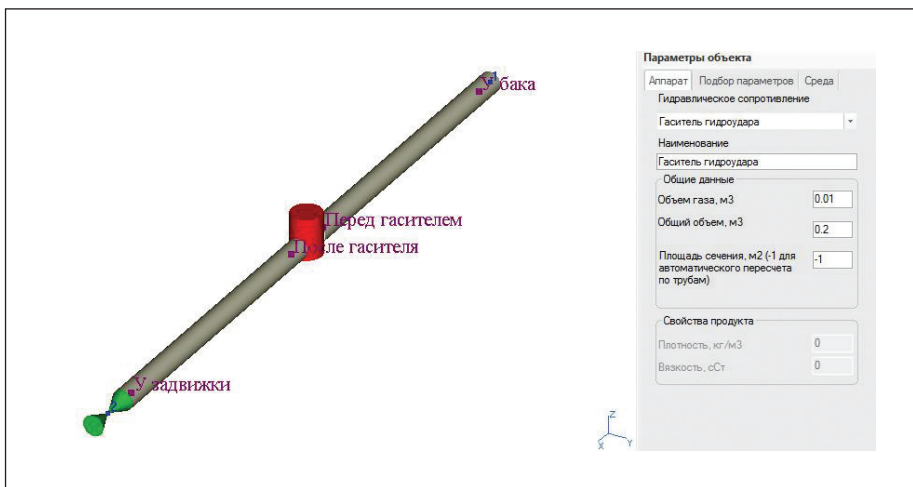


Рис. 5. Схема трубопровода с гасителем

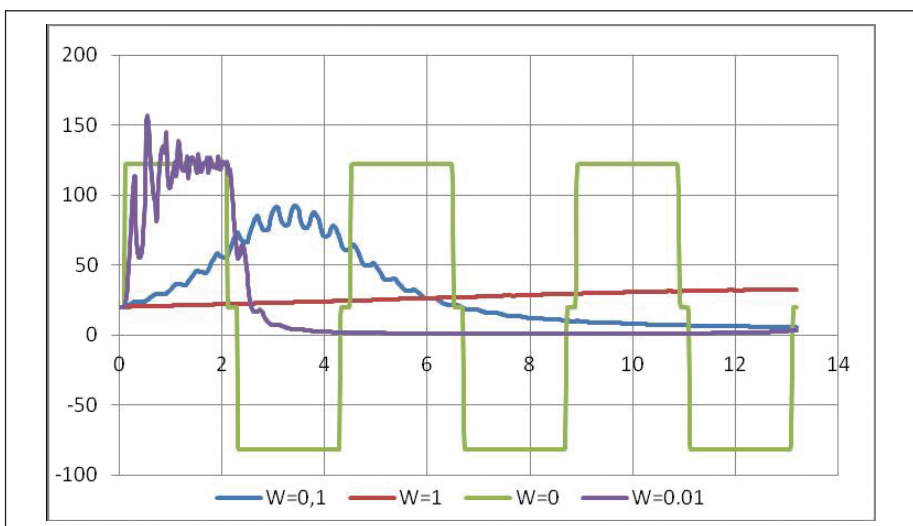


Рис. 6. Графики напора у гасителя для разных значений объема газа (без учета кавитации)

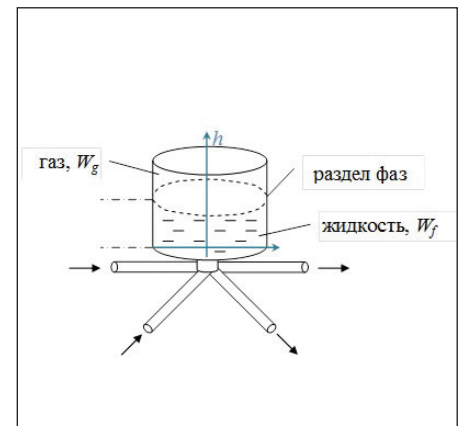


Рис. 4. Модель гасителя гидроудара

Нетрудно заметить, что учет кавитации нарушает "стройность" графиков, но зато полученные давления гораздо ближе к реальным. Кроме того, на графике видно, что максимум давления при "схлопывании" каверны превышает максимум от прохождения волны гидроудара.

Учет кавитации в Гидросистеме 3.88 пока что является бета-версией. Наиболее близкие к реальности результаты получаются в схемах, в которых волна гидроудара инициируется концевыми задвижками.

### Гасители гидроудара

В версии 3.88 реализована модель простейшего гасителя гидроудара, представляющего собой газо-жидкостной колпак (рис. 4).

Колпак изолирован от внешней среды (атмосферы). Сжимаемый газ служит своеобразным демпфером, сглаживающим острые колебания давления. В "Гидросистеме" гаситель задается как вид аппарата с назначенными объемом газа и площадью проходного сечения. По умолчанию площадь проходного сечения определяется как средняя площадь сечений, примыкающих к гасителю труб. Объем газа является основным параметром, определяющим возможности гасителя. На рис. 6 показаны графики напора у гасителя для схемы, представленной на рис. 5 (мгновенное закрытие концевой задвижки), для разных значений объема газа  $W$ . Для наглядности графики приведены без учета кавитации. Принимались следующие значения объема газа: 10 литров (фиолетовая линия на рис. 6), 100 литров (синяя линия) и 1 кубометр (красная линия). Зеленая линия соответствует "чистому" гидроудару (гаситель отключен).

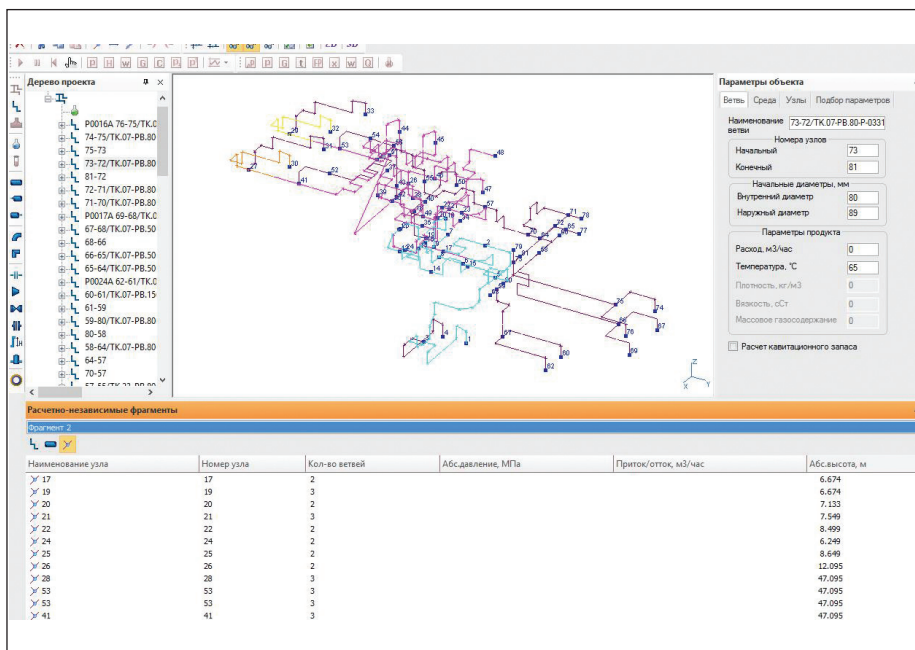


Рис. 7. Расчетно-независимые фрагменты трубопровода

Из графиков видно, что увеличение объема газа в гасителе снижает амплитуду волны гидроудара и уменьшает частоту колебаний. Однако при недостаточности объема газа гаситель может даже "навредить" системе (см. фиолетовую линию), поэтому правильное определение необходимого объема газа в этом случае является важной задачей пользователя программы.

**Выходные документы**

Гидросистема 3.88 умеет выводить выходные документы по результатам расчета гидроудара, включающие графики в выбранном пользователями расположении (горизонтальном или вертикальном). Документы выводятся с помощью программы List&Label компании Combit (как и остальные выходные документы программы). Шаблоны вывода документов при желании могут быть изменены пользователем.

Автоматический подбор параметров трубопровода

"Гидросистема" делает первые шаги в оптимизации параметров трубопровода и расчета систем регулирования. В частности, версия 3.88 позволяет задавать управляющие и целевые параметры трубопровода.

В качестве *управляющих* возможно задать следующие параметров:

- для ветви трубопровода:
  - начальная температура;
- для арматуры:
  - коэффициент Kv,

- относительная высота подъема штока,
- угол поворота затвора;
- для диафрагмы:
  - относительный диаметр отверстия.

*Целевыми* параметрами могут быть:

- для ветви:
  - расход на ветви;
- для гидравлических сопротивлений:
  - давление за элементом;
  - температура за элементом.

Программа пытается подобрать значения управляющих параметров таким образом, чтобы целевые параметры имели указанные пользователем значения. Начальные значения управляющих параметров также задаются пользователем.

В версии 3.88 для каждого трубопровода может задаваться только один управляющий и один целевой параметр, но в следующих версиях программы количество и набор параметров будут расширены.

Характеристики всех заданных управляющих и целевых параметров приведены в новом окне программы.

**Топологический анализ схемы трубопровода**

**Расчетно-независимые компоненты**

Трубопроводы, создаваемые пользователями "Гидросистемы", становятся всё более запутанными, могут содержать сотни ветвей и тысячи гидравлических сопротивлений. С другой стороны, расчетные модули программы, как правило, опери-

руют не схемой целиком, а некоторыми связными фрагментами этой схемы. Среди элементов схемы, которые могут привести к ее разделению на расчетно-независимые фрагменты:

- перекрытые ветви;
- регулирующие клапаны (регуляторы расхода), которые при расчете "разрезают" ветвь на две отдельные части.

Расчетной программе необходимо, чтобы каждый из фрагментов содержал хотя бы один узел с заданным давлением, иначе задача гидравлического расчета становится недоопределенной и расчет прекращается с выдачей сообщения о том, что схема распадается на несвязные области с недостаточными данными. До недавнего времени было очень сложно определить, что представляют собой эти несвязные области. В Гидросистеме 3.88 можно посмотреть, на какие фрагменты распадется схема трубопровода при расчете (рис. 7).

Отдельные расчетно-независимые фрагменты помечаются на схеме цветом. Кроме того, появилось новое всплывающее окно, с помощью которого можно выбрать один из фрагментов и просмотреть список узлов, ветвей и сопротивлений фрагмента. Это позволяет легко найти фрагменты с недостающими узловыми давлениями. Кроме того, такой топологический анализ существенно упрощает читаемость схемы.

**Нестыковки перепадов высот**

Если во время расчета трубопровода была обнаружена нестыковка перепадов высот, Гидросистема 3.88 подсвечивает контур, в котором она была выявлена, и предлагает выбрать одну из труб, входящих в контур в качестве замыкающей. Последующий пересчет по графике в большинстве случаев позволяет "разрешить" нестыковку, что значительно упрощает пользователю работу с большими схемами.

**Заключение**

При расстановке приоритетов нововведений разработчики "Гидросистемы" обычно ориентируются на мнение пользователей. С этой целью в 2016 году было проведено анкетирование, которое позволило выявить наиболее востребованные функции. Работа над программой продолжается, мы ждем ваших предложений!

Елена Юдовина  
 ООО НТП "Трубопровод"  
 E-mail: hst@truboprovod.ru