

РАСЧЕТ ГИДРОУДАРА В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Сахник Я.В.,

научный руководитель канд. техн. наук Смольников А. П.

Сибирский Федеральный Университет

Система водоснабжения городского хозяйства является одной из наиболее важных инженерных сетей города и к ее надежности предъявляются высокие требования. Она представляет собой сеть, которая состоит из источников (водозабор, скважины, и т.д.); потребителей (помимо потребителей и групповых потребителей сюда можно отнести контррезервуары и водонапорные башни, работающие на заполнение); запорно-регулирующей арматуры, установленной на сети, защитных устройств (обратные клапаны, разрушаемые мембраны и т. п.); насосных станций и других элементов водопроводной сети.

В основном при проектировании водопроводных сетей выполняется их статический расчет, хотя они, чаще всего, работают в переходных режимах из-за постоянных переключений в элементах сетей. Расчет динамических режимов является значительно более сложным по сравнению со статическим. Для прогнозирования переходных процессов и предотвращения гидравлических ударов в сети, воспользуемся геоинформационной системой (ГИС) *Zulu*. Система дает возможность имитировать различные возмущения, поломки, выход из строя элементов сети для выполнения дополнительных более точных расчетов при различных ситуациях. Позволяет создавать расчетные схемы инженерных коммуникаций с автоматическим формированием топологии сети и соответствующих баз данных.

Целью расчета гидравлического удара водопроводной сети является анализ работоспособности системы, как отдельных более сложных ее участков, так и системы в целом. Данная методика позволяет рассмотреть работу сети и проследить влияние защитных устройств трубопровода при различных условиях, а также дает возможность моделирования различных ситуаций, которые в действительности несут разрушающий характер, что позволяет предотвратить данные ситуации и значительно сократить число аварий в реальной водопроводной сети.

Данная методика расчета была разработана ввиду сложности проведения реальных испытаний, которые являются затратными и трудоемкими.

Факторы, оказывающие влияние на переходные процессы, можно разбить на три группы и в соответствии с этим качественный анализ численных экспериментов проведем по трем направлениям:

- анализ влияния на переходные процессы характера источника возмущения;
- анализ влияния на переходные процессы наличия устройств, предназначенных для защиты сети от гидравлического удара;
- анализ влияния на переходные процессы отдельных параметров, используемых при моделировании гидравлической сети и внешних возмущений.

Расчет переходных процессов (в частности возникновения гидравлического удара) в водопроводных сетях выполняет модуль “*WaterHammer*”. Управление этот модуль получает от модуля “*ZuluHydro*” после того, как введены исходные данные и оформлено задание на расчет. Для начала расчета гидравлического удара необходимо подготовить исходные данные, которые рассчитываются в результате расчета стационарного режима работы водопроводной сети. В расчет входит выполнение поверочного расчета, определяющего оптимальные величины потокораспределения.

Для дальнейшего проведения расчета переходных процессов требуется ввести ряд дополнительных параметров.

Для участков:

- Epipe - модуль Юнга материала трубы (МПа),
- del - толщина стенки трубы (в метрах),
- Hdestr - условно допустимое давление (в метрах водяного столба) в трубе.

Для насосов:

- Wmotor - мощность электродвигателя, соединенного с насосом (кВт),
- II - момент инерции агрегата насос-электродвигатель (кг м²).

Для запорной арматуры (обязательны для заполнения):

- Mark - марка запорной арматуры,
- D - условный диаметр (м),
- Percent - степень открытия/закрытия (доля от единицы/угол поворота закрытия задвижки).

Для защиты сети от гидравлического удара возможна установка специальных защитных устройств. Такими устройствами являются воздушный колпак и разрушаемая мембрана, которые не оказывают влияния на стационарный режим работы водопроводной сети.

Переходные процессы в сети возникают только при наличии одного или нескольких источников возмущения. В программе предусмотрена возможность выбирать в качестве источников возмущения включение /выключение насоса либо открытие/закрытие задвижки. В качестве объекта автоматизации рассмотрим расчетную схему подачи воды в микрорайон «Солнечный». На рисунке 1 представлена водопроводная сеть, позволяющая рассчитать гидравлический удар в сети при различных источниках возмущения.

Элементы схемы:

Источник - в качестве источника для нашей расчетной схемы водопроводной сети используется скважина с водозабором. В общем случае, поступление воды в сеть может обеспечиваться как одним, так и несколькими источниками.

Водопроводный колодец – является простым узлом, чьи свойства специально не оговорены, служит для соединения участков между собой.

Потребитель – объект, который характеризуется минимальным напором и расчетным расходом сетевой воды.

Обратный клапан - устройство, пропускающее воду по трубопроводу только в одном направлении и автоматически закрывающееся при перемене направления потока.

Запорная арматура – узел, который имеет гидравлическую характеристику, зависящую от степени открытия или от угла поворота задвижки. Численное значение коэффициента местного сопротивления запорного устройства определяется его состоянием.

Насос – устройство, которое изменяет напор в трубопроводе на заданную величину. Основные характеристики, по которым осуществляется выбор насоса, приведены в таблице 1. В таблице 2 приведены характеристики используемого насоса.

Таблица 1 – Параметры насоса

Марка насоса	Частота вращения, об/мин	Диаметр рабочего колеса, мм	Максимальная температура сетевой воды	Максимальное давление, кгс/см ²	Максимальная высота всасывания, м
СЭ1250-140 1	1500	470	180	7.5	11

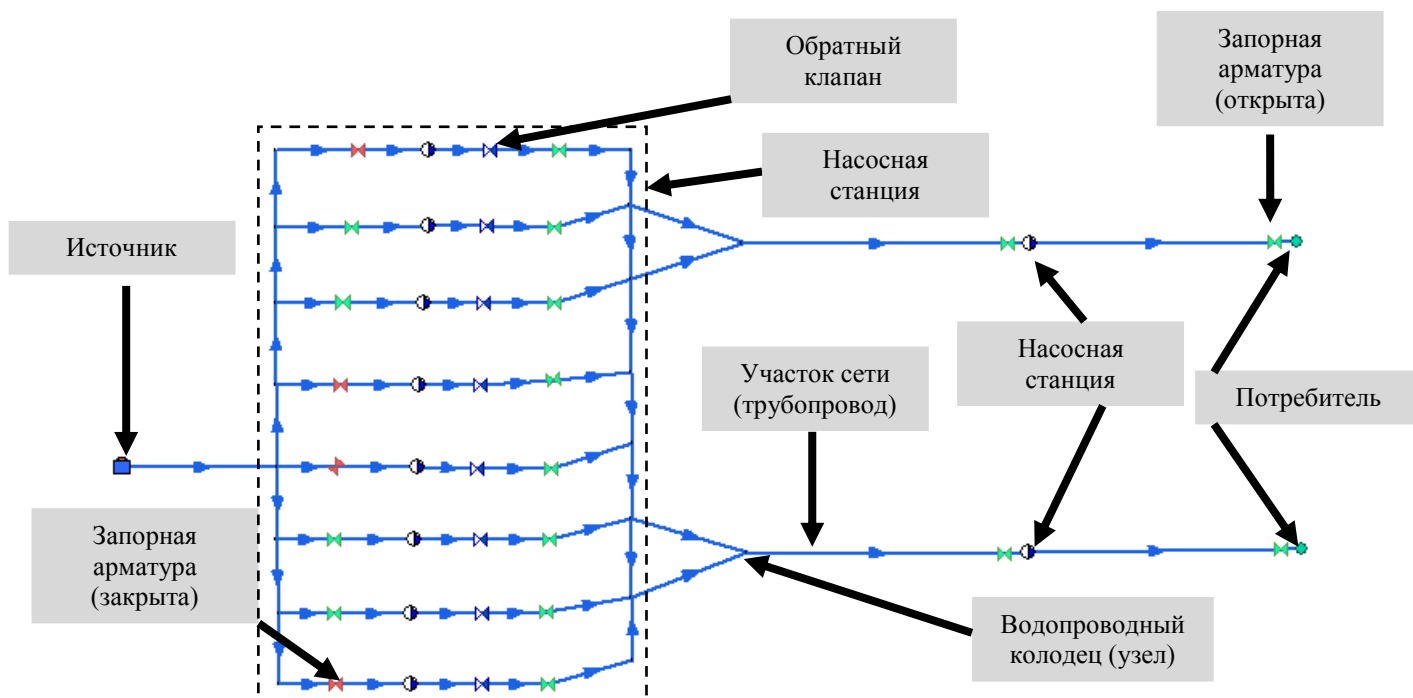


Рисунок 1 – Расчетная схема водопроводной сети

Таблица 2 – Характеристика насоса

Характеристика насоса		
G, м3/ч	H, м вод.ст.	КПД, %
0	170	0
500	162	53
750	160	52
850	155	78
1250	140	85
1330	135	84

До начала расчетов имеется возможность изменить значения некоторых параметров: время наблюдения (с), точность расчетов, процент содержания газов в жидкости и масштабы для построения графиков. До запуска расчета переходных процессов обязательно нужно выполнить подготовку начальных условий – кнопка “Нач. условия”. После выполнения расчета стационарного режима появятся графики давлений и скоростей в двух верхних окнах. Помимо давления (точнее пьезометрический напор) на верхнем рисунке имеются графики земной поверхности и предельно допустимых давлений. Для запуска расчета переходных процессов следует нажать кнопку “Перех. Процесс”. Во время расчета на верхних двух графиках можно наблюдать распространение волн разрежения и сжатия, а в нижнем окне происходит построение графиков зависимости давления от времени в выбранных точках наблюдения. Отметим, что в процессе расчета переходного процесса программа может выдавать сообщения о превышении предельно допустимого давления и о срыве всасывания на входе насоса. Для анализа результатов расчета можно вывести на экран графики наибольшего и наименьшего давлений в каждой точке маршрута наблюдений, достигнутых за время эксперимента. Полная информация о наибольшем и наименьшем давлении для всех участков записывается в базу данных и может быть проанализирована с помощью запросов. После чего можно выбрать новый маршрут и

новые точки наблюдения, а затем повторить расчет. Для вызова окна визуализации расчетов нажимаем кнопку “Расчет” на панели “Гидравлические расчеты” в результате увидим:

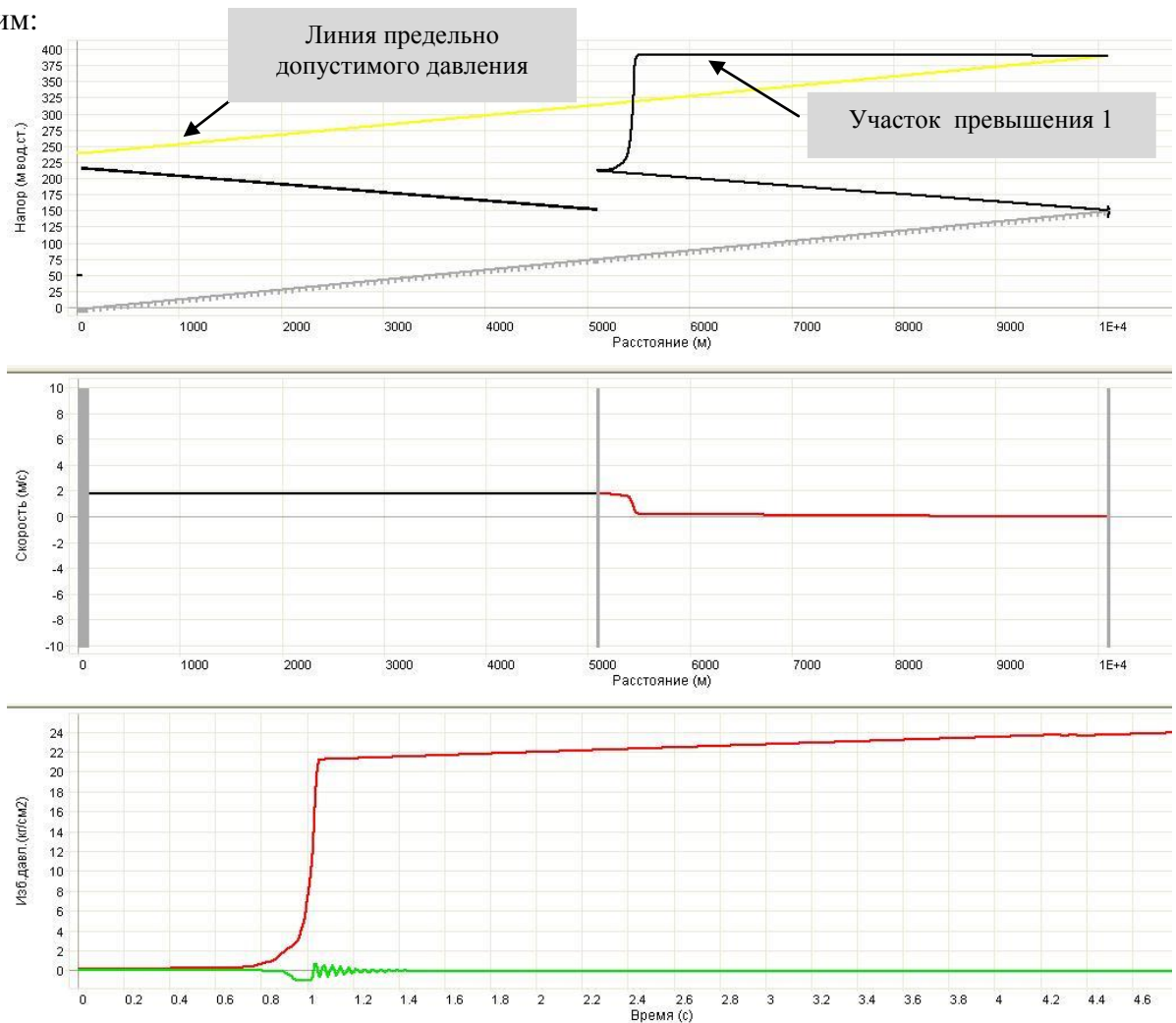


Рисунок 2 – Переходные процессы при закрытии задвижки

На рисунке 2 представлены гидравлические процессы, возникающие при закрытии задвижки (перед первым потребителем). Продолжительность закрытия равна одной секунде, степень первоначального открытия равна единице. За исходные точки наблюдения принимаем участок, расположенный до задвижки и после нее. На нижнем графике можно наблюдать гидравлический удар, который ведет к разрушению водопровода. На верхнем графике происходит превышение предельно допустимого давления (на участке превышения 1), следовательно, необходимо подобрать параметры элементов схемы наиболее благоприятные для работы водопроводной сети.

Выше представлена расчетная схема, источником возмущений которой является закрытие задвижки (запорной арматуры). Кроме этого, огромную роль в возникновении переходных процессов в сети также играет насосная станция. Посредством включения и отключения насоса в системе становится возможным появление гидравлического удара. Установка в водопроводную сеть защитных устройств, таких как, разрушаемая мембрана или воздушный колпак позволяет предотвратить, или сгладить гидравлический удар, тем самым сохранив трубопровод в целости.