

УДК: 330.4:63

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБЛАСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Колдин Михаил Сергеевич**

кандидат технических наук, доцент

**Трутнев Александр Сергеевич**

студент

**Трутнев Сергей Сергеевич**

студент

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные направления развития цифровых технологий и моделирования технологических процессов в области аграрного производства.

**Ключевые слова:** Цифровизация, сельское хозяйство, оптимизация агротехнических процессов, моделирование, критерии подобия, технический объект, средства моделирования.

На современном этапе развития высокотехнологичных производств значительную роль играют методы и средства на основе применения цифровых технологий и моделирования.

Моделированием называется исследование явлений на моделях. Сущность моделирования заключается в том, что на модели меньшего, а иногда и большего масштаба создается, например, гидравлическое явление, подобно явлению, которое имеет место или должно возникнуть в природе, что и позволяет изучить это явление. Основной задачей теории моделирования является выявление условий, обеспечивающих подобное явление. Явления называются подобными, если по известным характеристикам одного явления можно получить простым пересчетом аналогичные характеристики другого явления [1, 2].

Одним из достоинств метода моделирования является возможность обобщения результатов единичного опыта на целый класс явлений. Этот метод позволит обобщить результаты исследований движения воды на случай движения воздуха, масла и т.п., или наоборот.

Научной базой моделирования является теория гидродинамического подобия, переплетающаяся с теорией размерностей [2].

*Геометрическое подобие* представляет собой пропорциональность сходственных размеров и равенство соответствующих углов. В гидравлике под геометрическим подобием понимают подобие тех поверхностей, которые ограничивают потоки, т. е. подобие шероховатости стенок, ограничивающих поток, в открытых потоках подобие свободных поверхностей, подобие запорных приспособлений, подобие твердых тел, помещаемых в природе и в модели.

*Кинематическое подобие* означает пропорциональность местных скоростей в сходственных точках и равенство углов, характеризующих направление этих скоростей.

*Динамическое подобие* – это пропорциональность сил, действующих на сходственные объемы в кинематически подобных потоках, и равенство углов, характеризующих направление этих сил.

В настоящее время водоснабжение жилищно-коммунальных и промышленных объектов города осуществляется от насосных станций с применением нескольких водозаборных узлов (ВЗУ), работающих на общую водопроводную сеть. Систематические измерения расхода воды и давлений эксплуатационными службами ведутся только на выходных коллекторах ВЗУ; изредка, по мере необходимости, производятся замеры давления в отдельных колодцах, но расходы воды не измеряются ни на водоводах, ни у отдельных потребителей. Естественно, что служба эксплуатации не имеет информации о фактическом распределении воды в сети.

Строительство и ввод двух новых жилых массивов в городе однозначно увеличит потребность в воде. С этой целью необходимо провести реконструкцию имеющихся насосных станций и водопроводных сетей в связи с ростом нагрузок из-за застройки новых жилых массивов. Для решения этой задачи необходимо выполнить ряд расчетов на компьютерной гидравлической модели, а саму такую модель предварительно создать и откалибровать.

Решение подобного круга задач становится возможным с помощью применения современных продуктов программного моделирования гидравлических процессов [3, 4]. Ниже приведем примеры современных цифровых продуктов моделирования гидромеханических процессов.

*FLOW-3D* - это CFD пакет общего назначения способный моделировать большое разнообразие задач течения жидкости. Хотя специализацией пакета является моделирование течений со свободной поверхностью, но *FLOW-3D* является эффективной программой для моделирования ограниченных и внутренних течений. *FLOW-3D* представляет собой пакет «все включено», не требующий никаких дополнительных программ. Графический интерфейс пользователя связывает

воедино постановку задачи (включая создание/импорт геометрии & генерацию сетки), препроцессинг, решение и обработку результатов, предлагая также несколько полезных утилит, таких как: просмотрщик *STL* файлов, руководитель решения и средства контроля за ходом расчета. *FLOW-3D* поддерживает многопроцессорные вычисления.

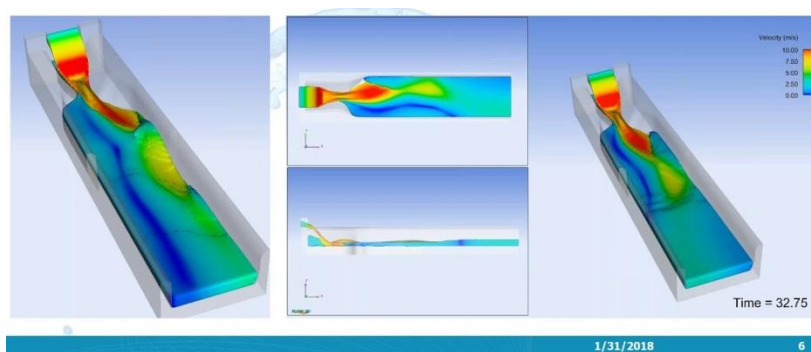


Рисунок 1 - Примеры моделирования сплошности течения жидкости в *FLOW-3D*

Следующий программный продукт *Simscape™ Fluids™* представляет собой библиотеки компонентов для моделирования и симуляции систем жидкостей. Он включает в себя модели гидравлических насосов, клапанов, приводов, трубопроводов и теплообменников. Вы можете использовать эти компоненты для разработки гидравлических систем, таких как фронтальный погрузчик, гидроусилитель руля и системы привода шасси. *SimscapeFluids* также позволяет разрабатывать системы охлаждения двигателя, смазки коробки передач и системы подачи топлива. Вы можете интегрировать механические, электрические, тепловые и другие физические системы в вашу модель, используя компоненты из семейства продуктов *Simscape*.

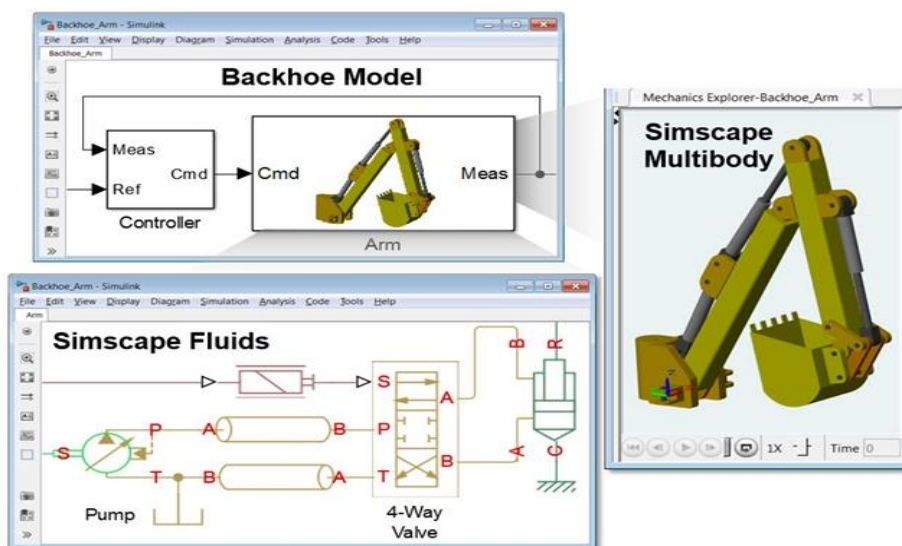


Рисунок 1 - Примеры моделирования в *Simscape™ Fluids™*

### Главные особенности *Simscape™ Fluids™*

- модели насосов (pump), включая центробежные, струйные и аксиально поршневые;
- модели направляющих клапанов, включая запорные клапаны и общие конфигурации для двух, четырех-, и шести-путевых гидрораспределителей;
- модели клапанов для управления потоком и давлением, включая шаровые, тарельчатые клапаны и клапаны сброса давления;
- модели поступательных и вращательных приводов, включающие опционально дополнительные силы трения и центробежные силы;
- модели резервуаров и труб с эффектами подъема для моделирования систем транспортировки жидкости;
- настраиваемая библиотека типичных гидравлических жидкостей;
- возможность расширения библиотеки новыми компонентами при помощи языка Simscape;
- поддержка генерации С-кода.

Программа по моделированию и анализу напорных сетей трубопроводов и качества воды *EPANET* – это компьютерная программа, которая осуществляет моделирование гидравлического режима и качества воды за длительный период в напорной трубопроводной сети. Сеть состоит из труб, узлов (соединений труб), насосов, задвижек и резервуаров воды.

Программа *EPANET* отслеживает расход воды в каждой трубе, давление в каждом узле, напор воды в каждом резервуаре и концентрацию химических веществ по всей сети в течение периода моделирования, состоящего из множества временных отрезков. Также можно произвести моделирование периода пребывания воды в сети и мониторинга источника. Программа спроектирована как исследовательский инструмент с целью улучшить понимание состояния и движения питьевой воды в распределительной системе. Программа может быть использована для различных приложений при анализе распределительной системы.

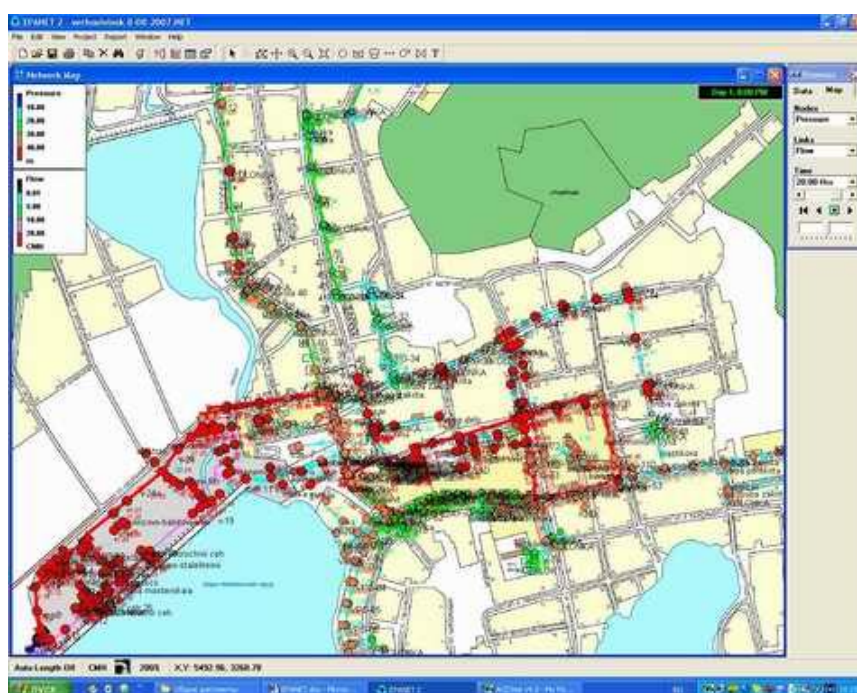


Рисунок 2 - Примеры моделирования в *EPANET*

В дополнение к гидравлическому моделированию программа *EPANET* предоставляет следующие возможности моделирования качества воды:

- моделирует движение по времени не реагирующих индикаторных добавок в сети моделирует движение и изменение концентрации реагентов (например, побочные продукты обеззараживания, остаток хлора) по времени;
- моделирует время пребывания воды в сети отслеживает коэффициент потока от определенного узла до других узлов по времени моделирует

реакции, как в массовом потоке, так и реакции с материалом стенок труб;

- использует кинетику  $n$ -го порядка для моделирования реакций в массовом потоке;
- использует кинетику нулевого или первого порядка для моделирования реакций на стенке трубы;
- учитывает ограничения переноса вещества при моделировании реакций на стенке трубы позволяет продолжить реакции изменения концентрации до допустимых концентраций;
- использует коэффициенты реакций, которые могут быть изменены в зависимости от материала и состояния труб;
- позволяет коррелировать коэффициенты воздействия на стенки трубы с учетом шероховатости труб;
- учитывает временную концентрацию или массовые поступления в любом месте сети моделирует резервуары: смешанный тип, проточные или двухкамерные.

При использовании этих свойств EPANET может изучать такие явления как:

- смешивание воды из различных источников,
- время пребывания воды в сети,
- изменение концентрации остаточного хлора,
- изменение концентрации побочных продуктов дезинфекции,
- отслеживание распространения загрязнения.

### **Список литературы**

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов/ Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др.- 2-е изд., перераб.- М.: Машиностроение, 1982. – 423с., ил.
2. Ляхтер, В.М. Гидравлическое моделирование / В.М.Ляхтер, А.М.Прудовский. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 39 с.

3. Воронин А. В. Моделирование мехатронных систем. Учебное пособие.

Издательство Томского политехнического университета. 2008–137 с.

4. Дьяконов В. П. MatLab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. –М.: Солон-ПРЕСС, 2004.

5. Криволапов И.П., Щербаков С.Ю., Аксеновский А.В., Куденко В.Б. Оценка уровня обеспеченности и повышение пожарной безопасности на складах хранения нефтепродуктов предприятий АПК //В сборнике: сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета в 4 т.. Мичуринск, 2016. С. 110-114.

## **MODELING OF HYDROMECHANICAL PROCESSES IN THE FIELD OF WATER SUPPLY OF PRODUCTION FACILITIES**

**Koldin Mikhail Sergeevich**

candidate of technical Sciences, associate Professor

**Trutnev Alexander Sergeevich**

student

**Trutnev Sergey Sergeevich**

student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Abstract:** the article considers the main directions of development of digital technologies and modeling of technological processes in the field of agricultural production.



**Keywords:** Digitalization, agriculture, optimization of agrotechnical processes, modeling, similarity criteria, technical object, modeling tools.