

## Энергосбережение и имитационное моделирование

Волов Г.Я., к.т.н.,  
ОДО «Энерговент»,  
Минск  
e-mail: energovent@open.by

Почему энергосбережение еще так широко внедряется на территории СНГ, как хотелось бы? Одна из возможных причин – отсутствие системного подхода к рассмотрению энергетических систем (извините за тавтологию). СНиП и прочие стандарты не способствуют стремлению к энергосбережению. Последний, почти анекдотический, а может показательный, пример случился с автором в одной из минских экспертиз. На утверждение был представлен мой проект с установкой теплоутилизации теплоты отходящих газов. На выходе из установки получался теплоноситель с температурой 50°C и обратный - 35°C. Такое низкопотенциальное тепло удалось использовать в системах отопления и теплоснабжения вентиляции (около 400 кВт). В экспертизе заявили, что воду с температурой 50°C нельзя (!!!) использовать в системах отопления и теплоснабжения, при этом сослались на какие-то неконкретные пункты СНиПа и требовали догреть воду до 95°. Мотивировав это тем, что низкие температуры теплоносителя приведут к росту капитальных затрат на нагревательных приборах. При этом экономию эксплуатационных затрат в расчет предлагалось не учитывать («может будет, а может и нет?»). Все решилось нормально на более высоком уровне с ссылкой на решения «партии и правительства» по вопросам энергосбережения.

Этот случай заставляет задуматься: почему энергосбережение так тяжело пробивает себе дорогу даже на дальних подступах к внедрению, а именно – на стадии проектирования? Ответ прост – да, эксперт достаточно давно работает с проектами, но ему впервые поступил проект с реальным, относительно сложным инженерным решением. Ранее он рассматривал как энергосберегающие мероприятия: установку приборов учета и автоматики, замену ламп накаливания на более эффективные, установку инфракрасных приборов отопления и тепловую реабилитацию зданий. Все!?

Итак, кто виноват мы уже определили. Теперь надо ответить и на второй вопрос – что делать?

Следует повышать требования к уровню проектирования. Планка должна быть поднята. Теперь это уже можно делать, т.к. оплата труда проектировщиков значительно выросла. При проектировании технически сложных объектов необходимо проводить не просто проектирование в привычном понимании, но и строить имитационные (компьютерные) модели таких объектов. Имитационные модели представляются на экспертизу вместе с проектом, далее поступают к Заказчику. В модель вносятся изменения, как во время строительства объекта, так и в период эксплуатации. Модель должна быть адекватна построенному объекту. Если это не произошло, то ищут причины расхождений. Такое уже практикуется в развитых странах. Мы же представим программный продукт МОДЭН (верс.3.02), который позволяет проводить такое моделирование.

Программа МОДЭН создана в ОДО «Энерговент» группой сотрудников, которые именуют себя Лабораторией имитационного моделирования. В настоящее время предлагается версия 3.02 программы, на которую и будем в дальнейшем ссылаться. Главное, что позволяет делать МОДЭН – моделировать на компьютере реальный мир из четырех основных элементов. Перечислим эти элементы – параметры (каналы), порты (потoki), объекты и структуры. Параметры (каналы) это – давление, температура, имя, стоимость и т.д. Порты (потoki) это – вода, воздух, газ, электрический ток и т.д. Объекты это – неделимые элементы моделирования, например, насос, задвижка, трансформатор и т.д. Структуры это – связанные между собой объекты.

В результате получается модель, которую можно запустить, т.е. она будет работать в динамике, как и реальный объект. Причем мы синхронизируем реальное и модельное время в попытке посмотреть будущее или вернуться в прошлое. Полученные проекты можно сохранять как шаблоны, которые используются при выполнении других проектов. В настоящее время база шаблонов в области отопления, вентиляции, теплоснабжения и теплофизики достаточно развита и покрывает не менее 80% всех задач. Имеется шаблон и каждому элементу энергетической системы (трубопровод, вентиль, регулятор и т.д.). Такой шаблон часто состоит из одного объекта. Для связи с внешней средой имеются порты. Например, шаблон «Насос» (рис.1) имеет три порта (вход воды, выход воды и подвод электрической энергии).

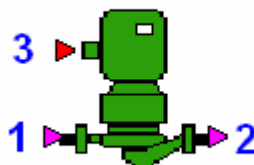


Рис. 1. Шаблон «Насос»: 1- порт входа воды, 2-порт выхода воды, 3-порт входа электрической энергии.

За более подробным объяснением отошлем желающих на сайт: [www.energovent.com](http://www.energovent.com).

База оборудования и материалов включает в себя не только многие виды оборудования, но и справочные данные различных нормативных и литературных источников.

Рассмотрим несколько примеров моделирования.

#### **Пример 1. Тепловлажностный расчет ограждающих конструкций в динамике.**

Проблемой существующих норм СНиПа является то, что расчет тепловлажностного режима ограждений не требуется проводить в динамике, т.е. во времени. Приводимая в нормах и классических работах К.В. Фокина модель позволяет рассчитать зону возможной конденсации, но это часто бывает недостаточным. Например, в таких ответственных сооружениях, как православные храмы. Пример в МОДЭНе построен на основе теории разработанной в НИИСФ (НИИстройфизики) и позволяет в тех случаях, когда известны кривые сорбции материалов, проводить расчет тепловлажностного состояния ограждающих конструкций в динамическом режиме. Автор статьи понимает, что многие вопросы тепловлажностного расчета (например, промерзание конструкции) в этой модели не учитываются, но при наличии новых теоретических разработок может быть изменена и сама модель. На приведенном из программы рисунке (см. рис. 2) можно видеть, что в отдельных слоях парциальные давления паров достигают давления насыщенных паров и наступает конденсация паров в слой материала конструкции.

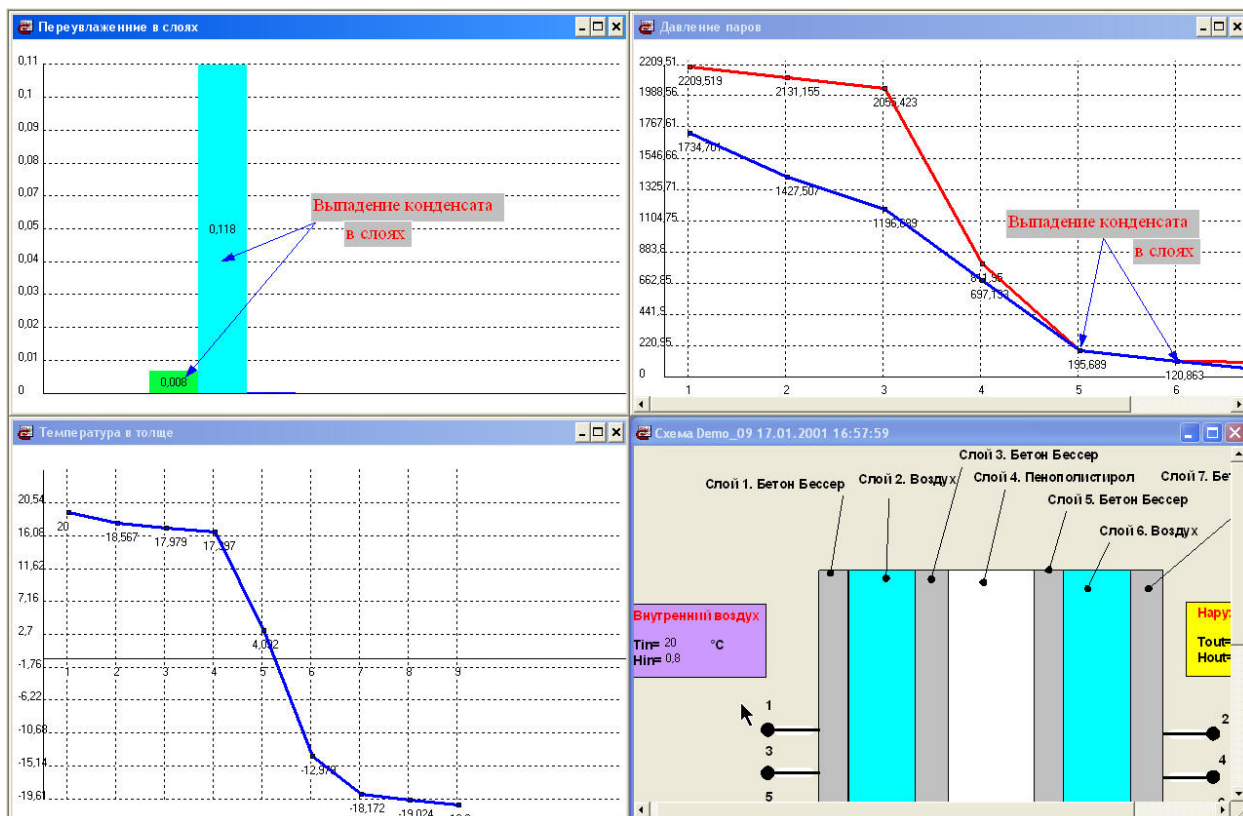


Рис. 2. Расчет тепловлажностного режима ограждающих конструкций в динамике

### Пример 2. Утилизация теплоты удаляемого воздуха.

Одна из практических задач предусматривала утилизацию теплоты из воздуха удаляемого местным отсосом от фритюрницы оборудования по приготовлению чипс (см. рис. 3). В процессе моделирования пришлось использовать не только традиционные шаблоны (насос, вентилятор, трубопровод, вентиль...), но и создать новые, такие как скруббер Вентури для контактного теплообмена между влажным воздухом и водой.

### Пример 3. Система теплоснабжения с тепловыми насосами.

Тепловые насосы (ТНС) – одно из возможных направлений энергосбережения. В отсутствие опыта проектирования таких систем моделирование позволяет на стадии проектирования построить принципиальную схему, провести ее расчет и оценить эффективность установки в динамике. На рис. 4 приведена схема ТНС с кольцевой сетью, ставшей довольно популярной в последнее время.

### Пример 4. Компьютерные тренажеры для наладчиков систем отопления и тепловых пунктов.

В необходимости тренажеров для наладчиков тепловых пунктов и систем отопления зданий автор статьи убедился, проводя обследования работы систем автоматического регулирования ИТП (индивидуальных тепловых пунктов) и ЦТП (центральных тепловых пунктов). Системы автоматического регулирования не дают должного эффекта зачастую только потому, что наладчики, эксплуатационники и частенько сами проектировщики не представляют, как работают тепловые пункты в динамике, т.е. в автоматических режимах. В основном системы автоматизированных ИТП и ЦТП обслуживают (в Минске) специалисты по электронике. И их главной задачей является обеспечение работоспособности

электрифицированных элементов (контроллеров, клапанов, насосов...). Тепловая и гидравлическая составляющая наладки ИТП и ЦТП ими, по понятным причинам, не выполняется. Для обучения пониманию тепловых и гидравлических процессов в ЦТП, ИТП и системах отопления зданий были созданы, а МОДЭН версии 3.02 и это позволяет, компьютерные тренажеры.

На рис.5 приведен один из таких тренажеров. В процессе работы ИТП возникают различные условия, приводящие к появлению ошибок в работе. Обучаемый должен устранить возникшие ошибки с помощью кнопок и рычажков на панели.

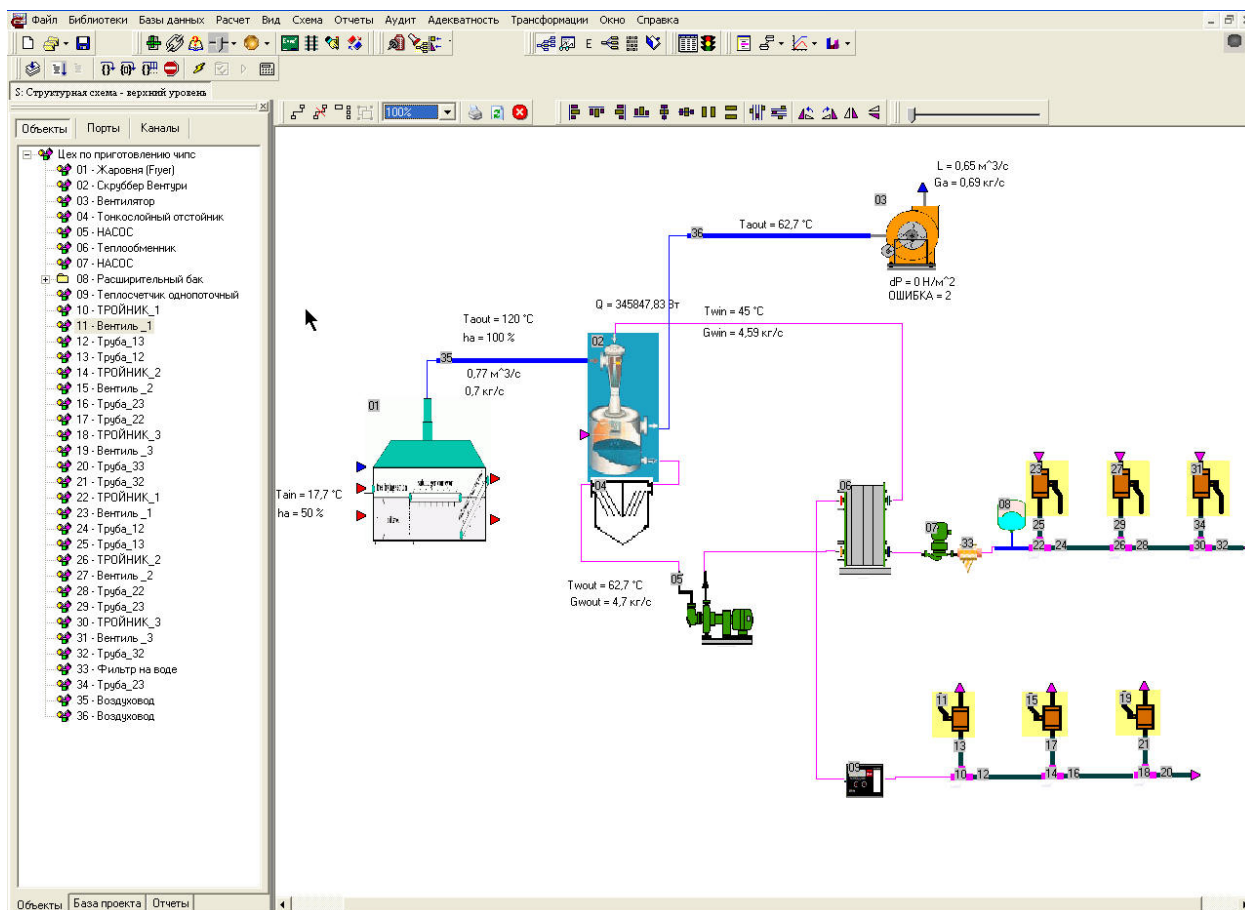


Рис. 3. Схема утилизации теплоты вытяжного воздуха.

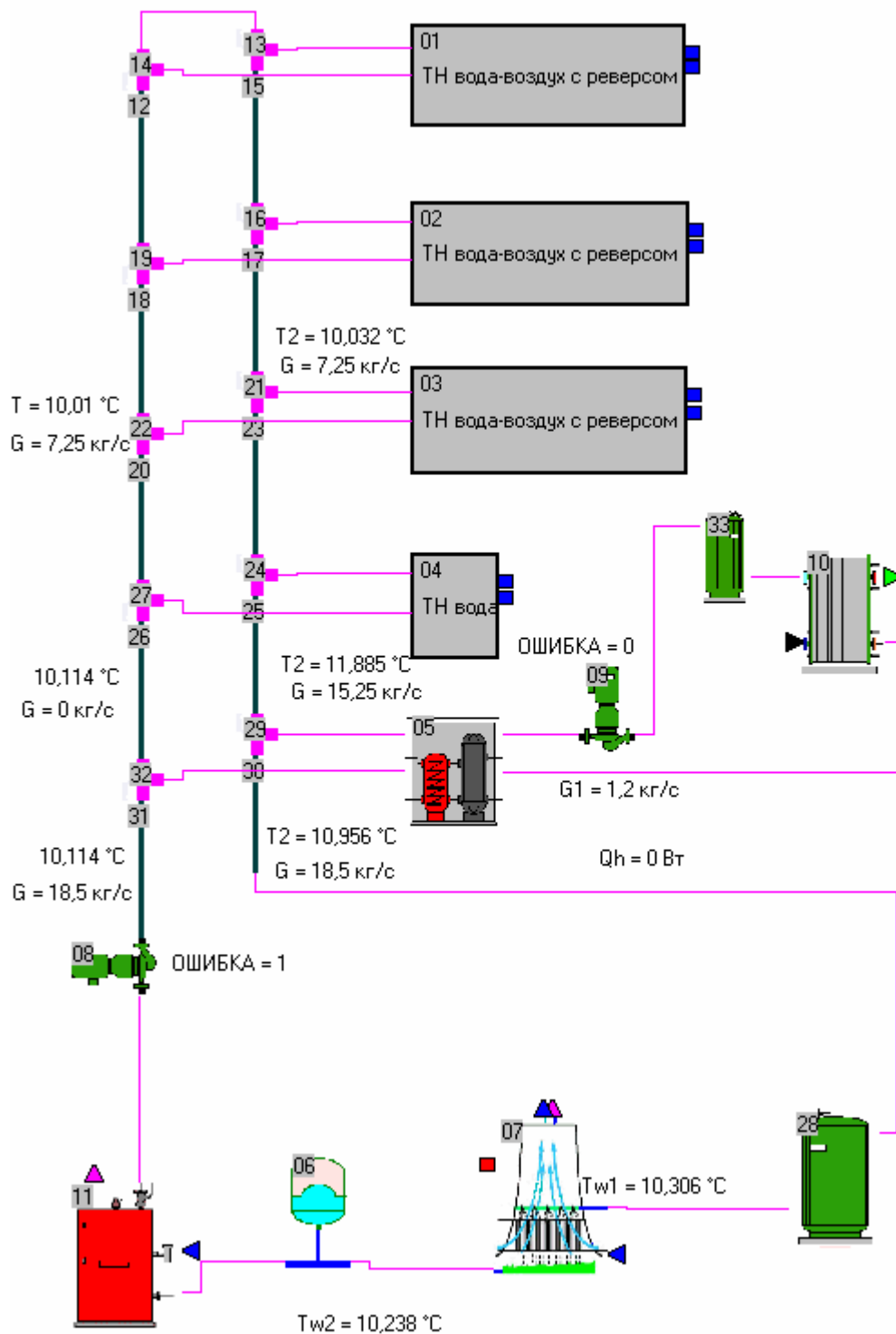


Рис. 4. Схема ТНС с кольцевой сетью. Основные обозначения: 01...04 - тепловые насосы «воздух-вода» реверсивные, 05- тепловой насос вода-вода для горячего водоснабжения, 06-расширительный бак, 07 – радиатор, 11- котел водогрейный, 28-буферная емкость.

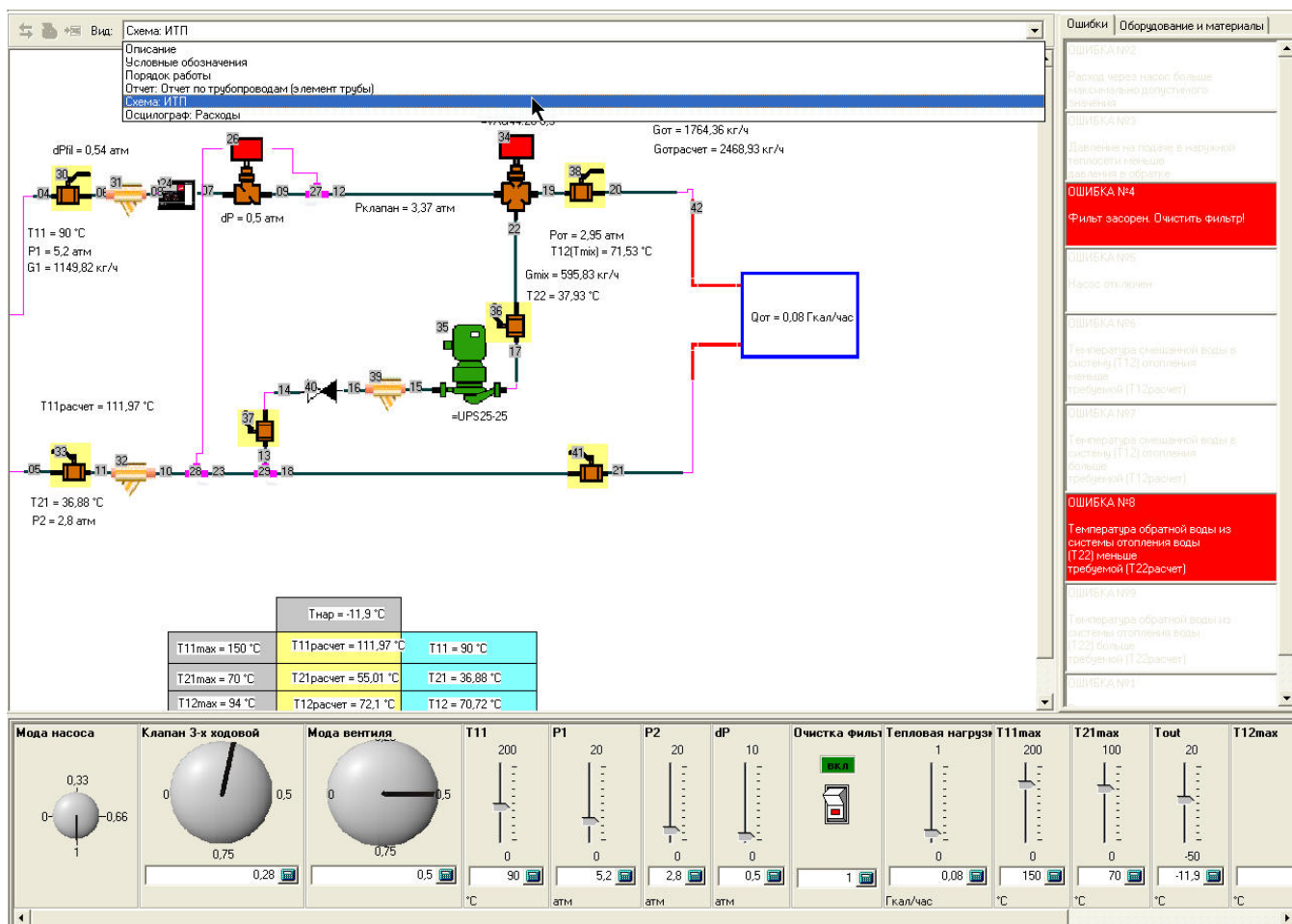


Рис. 5. Тренажер для обучению работы ИТП с 3-х ходовым клапаном и насосом на подмешивании

## Выводы

1. Внедрение обязательного имитационного моделирования в практику проектирования технически сложных систем позволит повысить уровень проектных работ. Особенно это касается задач связанных с проблемами энергосбережения. В качестве программы, которая может уже в настоящий момент позволить строить сложные компьютерные модели является МОДЭН (верс. 3.02).
2. В настоящее время шаблоны программы МОДЭН охватывают достаточно большой круг задач отопления, вентиляции, теплоснабжения, строительной теплофизики. Это позволяет рекомендовать МОДЭН специалистам проектных и наладочных организаций, а также энергоаудиторам.