

Комплекс программ оптимизации энергоресурсоэффективной трассировки систем обогрева сложных технологических трубопроводов

В. П. Мешалкин^{1,2}

¹Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, Москва

²Институт общей и неорганической химии им. Н.С.
Курнакова Российской Академии наук, Москва
vpmeshalkin@gmail.com

Т. Н. Гартман

Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, Москва
gartman@muctr.ru

Т. А. Кохов

ООО «АВЕВА», Москва
rw.tim.k@gmail.com

Л. Б. Корельштейн

ООО НТП «Трубопровод», Москва
korelstein@truboprovod.ru

Аннотация. Для решения задачи оптимальной энергоресурсоэффективной трассировки систем теплового обогрева сложных технологических трубопроводов разработан комплекс программ, позволяющий, с учетом математических моделей процессов теплообмена и инженерных, конструктивных, технологических, геометрических, гидродинамических и физико-химических ограничений трассировки трубопроводов, минимизировать приведенные затраты на системы технологических трубопроводов и повысить эффективность использования производственного пространства объектов нефтегазохимического комплекса. Комплекс программ реализован на макроязыке программирования PML с применением средств объектно-ориентированной базы данных DAVACON, а также системы управления данными по технологическим объектам AVEVA Engineering и системы автоматизированного проектирования AVEVA PDMS.

Ключевые слова: конвекция; тепловой обогрев; теплоизоляция; теплообмен; теплотехническая система; трубопровод; трассировка

Усовершенствование и увеличение производительности производств нефтегазохимического комплекса (НГХК), использование глубокого холода, высоких температур и давлений в химико-технологических процессах (ХТП) определяют потребность применения совокупности тепловой изоляции и дополнительного обогрева сложных трубопроводных систем обогреваемыми трубопроводами-спутниками с потоками пара или горячей воды, транспортирующих на изрядные расстояния вещества со строго определенной температурой или вещества, вязкость которых при остывании неприемлемо повышается, что обеспечивает

повышение показателей энергоресурсоэффективности химико-технологических систем за счет уменьшения тепловых потерь и снижения удельных расходов топлива и энергии [1–5].

Трубопроводы технологического назначения в НГХК имеют, как правило, большую протяженность, которая исчисляется сотнями километров, а значит и высокую материалоемкость. Объем работ по проектированию теплоизоляционных конструкций технологических трубопроводов с обогревающими спутниками составляет не менее 10 % из всего объема теплоизоляционных работ на объектах НГХК.

Эксплуатация и проектирование сложных теплотехнических систем представляет собой одну из актуальных научно-технических задач и требует применения современных математических методов и средств автоматизированного проектирования оптимальных энергоресурсоэффективных химических производств для ее решения. К основным научно-исследовательским задачам эксплуатации и проектирования сложных теплотехнических систем относятся задачи гидродинамических и тепловых расчетов, а также задачи трассировки с учетом математических моделей процессов теплообмена, а также инженерных, конструктивных, технологических, геометрических, гидродинамических и физико-химических ограничений трассировки трубопроводов, решение которых позволит минимизировать приведенные затраты на системы технологических трубопроводов и повысить эффективность использования производственного пространства объектов НГХК.

Для решения задачи оптимальной трассировки авторами разработано математическое, информационное и программно-алгоритмическое обеспечение комплекса программ оптимизации энергоресурсоэффективной трассировки систем теплового обогрева сложных технологических трубопроводов (СТТ) с учетом математических моделей процессов теплообмена, а также инженерных, конструкционных, технологических, геометрических, гидродинамических и физико-химических ограничений трассировки трубопроводов. Комплекс программ реализован на макроязыке программирования PML, с использованием средств объектно-ориентированной базы данных DABACON, а также системы управления данными по технологическим объектам AVEVA Engineering и системы автоматизированного проектирования AVEVA PDMS [1–7].

Авторами сформулирована исходная инженерно-техническая постановка задачи оптимальной энергоресурсоэффективной трассировки систем теплового обогрева СТТ. С учетом требований стандартов

проектирования объектов НГХК о расположении строительных конструкций и зон обслуживания СТТ; определённых параметров физико-химических свойств технологических потоков химико-технологических систем (ХТС) и результатов решения задачи компоновки основного технологического оборудования [1, 8, 9], требуется определить такой оптимальный вариант трассировки систем теплового обогрева для заданной оптимальной технологической схемы химического производства, при котором приведенные затраты на системы теплового обогрева минимальны при обязательном выполнении условий функционирования химического производства (ХП) по выпуску необходимых продуктов, требуемого количества и качества [1–3].

В составе комплекса программ, на макроязыке программирования PML, реализован разработанный авторами декомпозиционный топологическо-эвристический (ДТЭ) алгоритм, позволяющий определять оптимальные энергоресурсоэффективные трассы прокладки систем теплового обогрева СТТ в трехмерном пространстве.

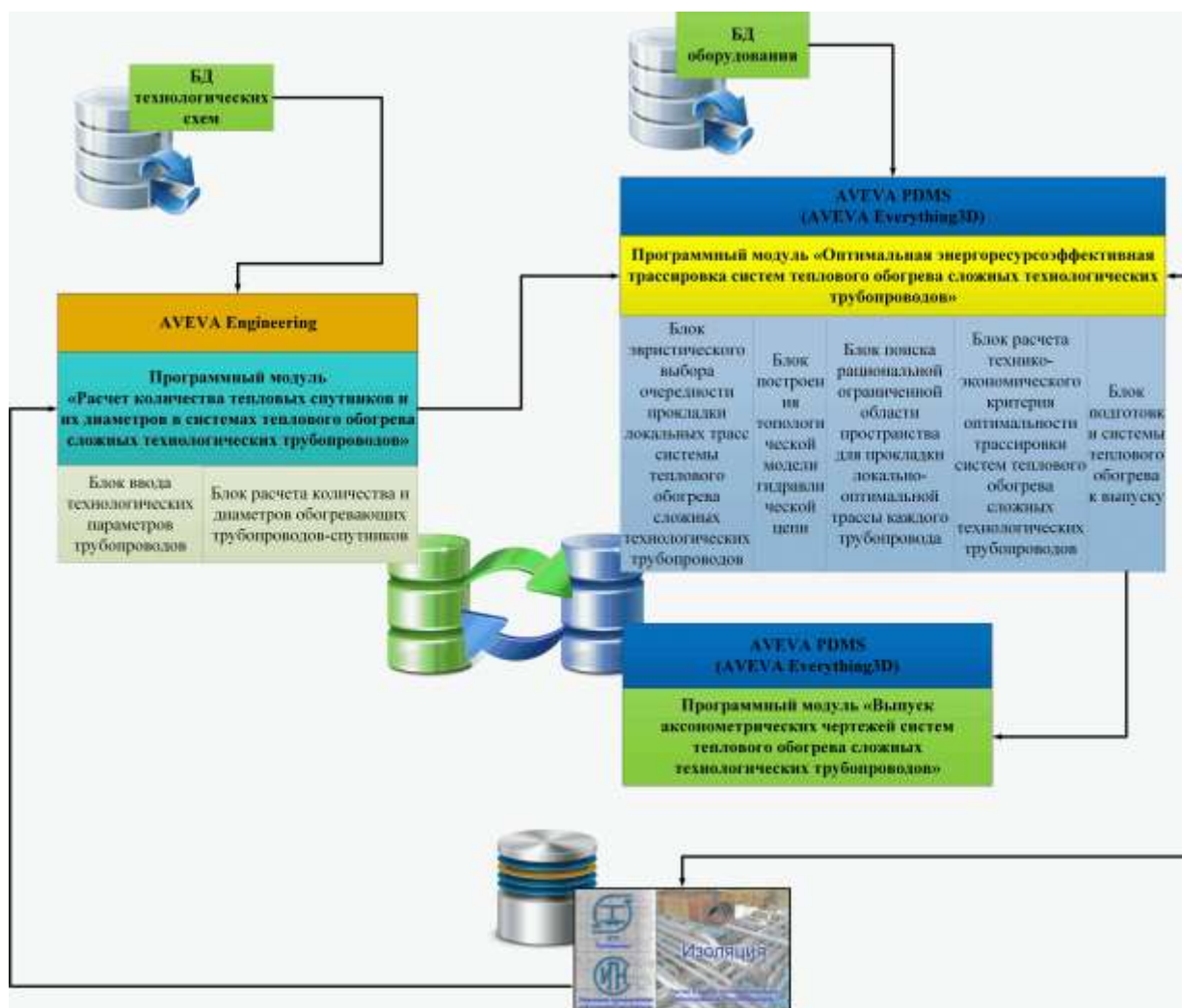


Рис. 1. Архитектура взаимодействия ключевых модулей комплекса программ.

Декомпозиционный топологическо-эвристический алгоритм включает в себя пять основных этапов:

Этап 1. Гидравлический расчет систем теплового обогрева СТТ с использованием стандартных топологических алгоритмов анализа гидравлических цепей (ГЦ).

Этап 2. Процедура эвристического выбора очередности прокладки локальных трасс каждого трубопровода (ТП).

Этап 3. Построение топологической модели ГЦ в виде гидравлического структурного графа с учетом набора эвристических правил.

Этап 4. Топологическо-эвристический поиск рациональной ограниченной области пространства для прокладки локально-оптимальной трассы каждого ТП.

Этап 5. Расчет уточненного диаметра каждого проложенного ТП в канале или зоне.

Применение разработанного ДТЭ-алгоритма оптимальной энергоресурсоэффективной трассировки систем теплового обогрева СТТ позволило сократить материало- и энергозатраты на 10%, за счет оптимизации конфигурации сети ТП, эксплуатационные расходы, а также капитальные вложения на перепроектирование химического производства.

Архитектура комплекса программ состоит из трех ключевых модулей и представлена на рис. 1. Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение комплекса программ позволяет выполнять расчет диаметров и количества обогревающих трубопроводов-спутников на основании определенных на этапе проектирования технологических параметров; осуществлять прокладку оптимальных энергоресурсоэффективных трасс систем теплового обогрева СТТ в трехмерном пространстве на заключительном этапе выполнения проекта; автоматизировано выпускать конечные документы – чертежи оптимальных энергоресурсоэффективных трасс систем теплового обогрева, выполняемые в аксонометрическом виде; передавать полученные данные для оптимизации теплоизоляционных конструкций систем теплового обогрева СТТ в расчетную программу «Изоляция», разработанную ООО НТП «Трубопровод».

Предложенный комплекс программ практически применяется для решения инженеринговых задач прокладки оптимальных энергоресурсоэффективных трасс сложных систем теплового обогрева технологических трубопроводов установок производства элементарной серы на нефтеперерабатывающих заводах (см. рис. 2).



Рис. 2. Фрагмент оптимальной энергоресурсоэффективной трассировки систем теплового обогрева сложных технологических трубопроводов установки производства элементарной серы

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

Авторы искренне благодарят коллективы компаний АО «Гипрогазоочистка» и ООО «НТП Трубопровод» за доброжелательное отношение и возможность использования материально-технической базы

предприятий для разработки и тестирования математического, информационного и программно-алгоритмического обеспечения комплекса программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Проектирование и расчет оптимальных систем технологических трубопроводов. Москва: Химия, 1991. 279 с.
- [2] Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем: учеб. для вузов. Москва: Химия, 1991. 432 с.
- [3] Кафаров В.В., Ветохин В.Н. Основы автоматизированного проектирования химических производств. М.: Наука, 1987. 623 с.
- [4] Миркин А.З., Усиныш В.В. Трубопроводные системы: Справ. изд. М.: Химия, 1991. 256 с.
- [5] Малыгин Е.Н., Егоров С.Я., Немтинов В.А., Громов М.С. Информационный анализ и автоматизированное проектирование трехмерных компоновок оборудования химико-технологических схем: учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. 128 с.
- [6] Тищенко А.С. Оптимальное технологическое проектирование нефтепроводов. Москва: Недра, 1982. 263 с.
- [7] Зайцев И.Д. Теория и методы автоматизированного проектирования химических производств: Структурные основы. Киев, 1981. 308 с.
- [8] Мешалкин В.П., Образцов А.А. Декомпозиционно-эвристический алгоритм оптимального размещения технологического оборудования химических производств // Изв. Вузов. Химия и хим. Технология. 2009. Т. 52, вып. 10. С. 102-105.
- [9] Глушко С.И., Иванова И.В. Нечеткие муравьиные алгоритмы планирования оптимального маршрута прокладки трубопроводного транспорта // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. №6. С. 120-125.