

## СИСТЕМА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАСЧЕТОВ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ (СТАРС)

**Д**ля решения этой задачи в НТП "Трубопровод" разработана программа расчета теплофизических свойств индивидуальных веществ, смесей индивидуальных веществ, смесей с нефтяными фракциями с учетом фазового равновесия – СТАРС. Программа успешно работает как самостоятельно (в интерактивном режиме), так и в виде вызываемой библиотеки, включенной в состав технологических программ НТП "Трубопровод", таких как ГИДРОСИСТЕМА, ПРЕДКЛАПАН, ПОТОК1Ф. Планируется включить ее и в разрабатываемую сейчас новую программу проектирования тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. СТАРС позволяет рассчитывать термические, calorические (плотность, теплоемкость, энтальпия) и транспортные (вязкость, теплопроводность) свойства продуктов.

Рассмотрим особенности методики программы. В основу расчета термических и calorических свойств веществ положено единое уравнение состояния Гиршфельде-

**Проектирование технологических объектов невозможно без знания теплофизических свойств начальных, промежуточных и конечных продуктов производства, определения их фазового состояния, точек росы и кипения и т.п. Такие знания – один из основных "кирпичиков" процесса проектирования.**

ра. Это довольно сложное уравнение, состоящее из трех областей, которые описывают поведение веществ при низких и высоких давлениях газовой фазы, а также область жидкости. Области термодинамически согласованы. Особенность этого уравнения – достаточно широкий диапазон температур и давлений ( $0,4 < T/T_{\text{крит.}} < 10$  и  $0 < P/P_{\text{крит.}} < 250$ ), в которых оно работает, и высокая точность расчета плотности жидкости. Последнее достигается благодаря тому, что расчет ведется с опорой на уравнения плотности жидкости и давления паров на линии насыщения. Такие уравнения достаточно просты, есть возможность их коррекции по экспериментальным точ-

кам. Для наиболее распространенных веществ эти точки имеются всегда. При расчете смесей используется псевдокритическая гипотеза.

Свойства жидкой фазы воды рассчитываются по уравнениям, разработанным Я. Юзом. Точность расчета находится на уровне стандартных таблиц для воды.

Транспортные свойства индивидуальных веществ и их смесей, а также смесей с нефтяными фракциями рассчитываются по известным методикам: для жидкой фазы это методики Стилла (вязкость) и Робинсона-Кингри с поправкой Лунуара (теплопроводность); для газовой фазы – методики Дина-Стилла (вязкость), Васильевой в



Рис. 1

модификации Линдсея и Бромли с поправкой Стилла-Тодеса (теплопроводность).

Расчет нефтяных фракций в основном производится по методикам американского института нефти API, иногда с некоторыми модификациями.

Фазовое равновесие представлено методиками Максвелла, Ашворта и UOP — для идеальных смесей, Чао-Сидера и Грейсона-Стрида — для неидеальных. Эти методики позволяют решать основные задачи нефтепереработки и нефтехимии.

Еще одной особенностью СТАРС является развитая система диагностики. Диагностируются все

Расчет нефтяных фракций в основном производится по методикам американского института нефти API, иногда с некоторыми модификациями.

методики расчета свойств на выход параметров (давления, температуры и др.) за границы методик. В процессе расчета программа выдает соответствующие сообщения. При этом пользователь должен самостоятельно оценить, можно ли доверять полученным экстраполяционным значениям свойств. При получении нефизичного значения свойства (например, отрицательной плотности) расчет прерывается, о

чем пользователь также ставится в известность.

Предоставляет программа и ряд дополнительных сервисных функций:

- для любого вещества, имеющегося в базе (1597 веществ), можно получить справку об основных опорных константах: молекулярном весе, критических температуре и давлении и т.д.;
- возможен автоматический пересчет составов из одних единиц измерения в другие (рис. 1);
- производится пересчет значений свойств из одних физических единиц в другие;
- свойства продукта могут рассчитываться как в одной точке, так и для целого массива точек с заданием начального и конечного значения, а также шага по температуре и давлению;
- имеется исчерпывающая контекстная справка.

Программа имеет удобный пользовательский интерфейс, построенный в том же стиле, что и в других программах технологических расчетов НТП "Трубопровод", что дополнительно упрощает освоение программ. На рис. 1 представлено основное диалоговое окно программы, в котором пользователь задает агрегатное состояние продукта, способ задания состава, метод расчета фазового равновесия.

В дереве продуктов и расчетов фиксируются продукты и их компоненты. На верхней линейке расположено основное меню, далее следуют панель инструментов и панель результатов расчета. Все пиктограммы имеют всплывающую контекстную подсказку. В проиллюстрированном случае фокус ввода располагается на продукте (бензин).

Когда фокус ввода находится на компоненте продукта, появляется окно выбора типа компонентов. Если выбрать ввод нефтяных фракций, появится окно для ввода данных по нефтяным фракциям (рис. 2). Данные необходимо взять из разгонки фракции по ИТК.

Если выбран ввод индивидуальных веществ, появляется окно для поиска и ввода индивидуальных веществ (рис. 3). Поиск осуществля-

## ИНТЕРЕСНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Проектирование объектов энергетики в России

Анализируя общедоступные материалы о САПР, используемых в энергетике, можно заметить, что информация о положительном опыте реальной эксплуатации связана лишь с тремя комплексными системами:

- *SmartPlant 3D (Intergraph)* — За рубежом: энергопроект (Иваново), Атомэнергопроект (Москва), Атомэнергопроект (Санкт-Петербург), Атомэнергопроект (Нижегород).
- *PLANT-4D (CEA Technology)* — Мосэнергопроект (Москва), Гидропроект (Москва), ВНИПИЭТ (г. Сосновый Бор).
- *Vantage (Aveva)* — Теплоэлектропроект (Москва).

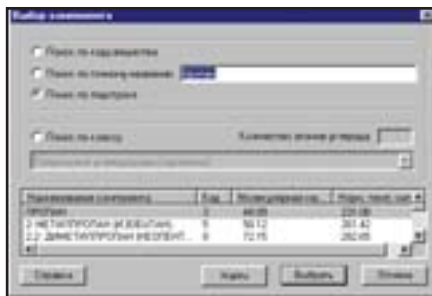
Именно эти системы с успехом прошли апробацию и используются в проектных организациях. Несмотря на некоторую разницу в составе ПО, между тремя решениями много общего:

- в основу каждого из них положено единое хранение технологической модели объекта. Весь состав технологической модели хранится в одной базе данных, там же хранятся и все логические связи;
- системы SmartPlant, Vantage и PLANT-4D используются в основном для поиска и принятия компоновочного решения технологических установок и трассировок;
- для выпуска документации и решения всех остальных проектных задач используются AutoCAD и дополнения к нему.





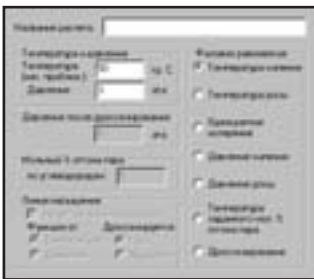
▲ Рис. 2



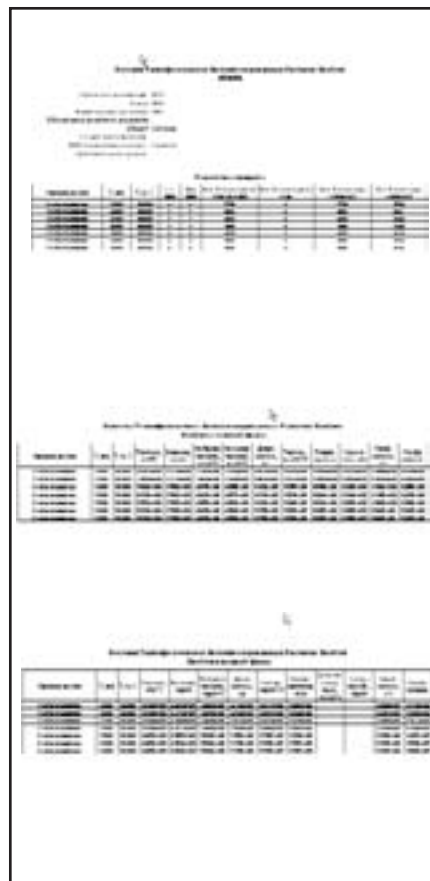
▲ Рис. 3



▲ Рис. 4



▲ Рис. 5



▲ Рис. 6

ется либо по коду вещества в базе, либо по точному названию, либо по подстроке в названии компонента. В последнем случае появляются все вещества, имеющие в своем названии подстроку, и пользователю остается выбрать нужный компонент. Иногда для поиска аналогов удобно воспользоваться выбором по классу вещества и числу атомов углерода в нем.

Если фокус ввода находится на "Вариантах расчета", появляется окно, показанное на рис. 4. Здесь пользователь задает размерности вводимых величин, единицы измерения результатов расчета и уровень диагностики. При этом будут выдаваться диагностические сообщения, соответствующие отмеченному уровню.

На рис. 5 представлено окно с одним из вариантов ввода исходной информации. Здесь пользователь выбирает одну из семи задач фазового равновесия, решаемых СТАРС.

Все нюансы работы с программой подробно описаны в руководстве пользователя, входящем в состав поставки.

Результаты работы отражаются в окне списка (рис. 1) отдельно для жидкой и газовой фаз и выводятся на экран с помощью пиктограмм на панели результатов расчета. Используя пиктограммы на этой же панели, результаты расчета можно просмотреть и в выходных документах. В этом случае вступает в работу встроенный в программу СТАРС генератор отчетов List&Label. С его помощью можно сохранить отчет в специальном файле List&Label с расширением .LL. Пользователь может сохранить отчет и как RTF-файл для последующего включения в документы (например, в формате MS Word), а также настроить формат отчета (добавить штамп и эмблему фирмы

ставленной программы является ограниченный набор методик расчета фазового равновесия по неидеальной модели. Например, не рассчитывается достаточно точно фазовое равновесие продуктов, содержащих воду, спирты и другие специфические компоненты. С другой стороны, как уже сказано, возможностей программы вполне хватает для решения задач нефтепереработки и – частично – нефтехимии. Не следует забывать и об очень большой разнице в стоимости PRO/II, HYSYS и СТАРС: цена СТАРС позволяет оснастить этой программой каждое рабочее место технолога.

Не следует забывать и об очень большой разнице в стоимости PRO/II, HYSYS и СТАРС: цена СТАРС позволяет оснастить этой программой каждое рабочее место технолога.

и т.д.). Пример выходных документов – на рис. 6.

Сравнение результатов расчета свойств веществ в СТАРС и в таких мощных моделирующих системах, как PRO/II, HYSYS, показывает, что для любой из этих пар результаты разнятся в среднем на 3-5%. Пожалуй, основным недостатком пред-

**Валерий Лисман,**  
**Александр Степанов**  
**НТП "Трубопровод"**  
**Тел.: (095) 741-5945**  
**E-mail: lisman@truboprovod.ru**  
**sas@duma.gov.ru**

**По вопросам приобретения**  
**обращаться: Consistent Software**  
**Тел.: (095) 913-2222**  
**E-mail: sales@csoft.ru,**  
**plant4d@csoft.ru**