

"СТАРТ-Экспресс" —

ПРОГРАММА ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ПРОЧНОСТИ И КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ



Рынок программных продуктов для расчета прочности и жесткости трубопроводов испытывает острый дефицит в так называемых "легких" программах, предназначенных для установки на каждом рабочем месте конструктора трубопроводов. Именно поэтому в практике проектирования трубопроводов до сих пор применяются ручные инструменты полувекковой давности: упрощенные критерии, номограммы, таблицы и т.п.

Оценка прочности и компенсирующей способности трубопроводов различного назначения реализуется как бы в двух "параллельных" мирах: принятие проектного решения "на глазок" в процессе компоновки трубопроводной трассы и проверка полностью готовой трассы трубопровода на компьютере с помощью современного расчетно-вычислительного комплекса "СТАРТ".

Практика показала, что применение программных систем такого уровня, как "СТАРТ", необходимо прежде всего в сложных ситуациях, которых в повседневной практике проектирования не так уж много. Именно поэтому даже в крупных проектных организациях и конструкторских бюро количество лицензий на ПС "СТАРТ", как правило, измеряется единицами. Можно прилично сэкономить (не в ущерб качеству проектирования!), оставив

ограниченное число лицензий "тяжелой" ПС и одновременно оснатив основную массу рабочих мест недорогими и эффективными программами экспресс-анализа прочности и компенсирующей способности трубопроводов различного назначения. Если набор объектов проектирования позволяет обойтись без сложных статических расчетов, необходимость в приобретении ПС "СТАРТ" вообще отпадает.

Эта статья посвящена детальному описанию одной из "легких" программ, получившей название "СТАРТ-Экспресс".

Концепция разработки

Действующие нормы по расчетам трубопроводов оценивают прочность в двух аспектах:

- прочность труб и соединительных деталей от действия внутреннего избыточного давления. Такая оценка проводится для правильного назначения толщины стенки труб, криволинейных элементов — отводов, Т-образных соединений — тройников и врезок, переходов, заглушек и т.п.;
- прочность трубопровода как неразрезной конструкции. Работая как стержневая конструкция на восприятие действующих статических нагрузок и передачу их на опоры, трубопровод должен од-

новременно обладать свойством пружины — воспринимать без перенапряжений собственные температурные расширения.

Способность к восприятию температурных расширений за счет гибкости своей трассы принято называть компенсирующей способностью.

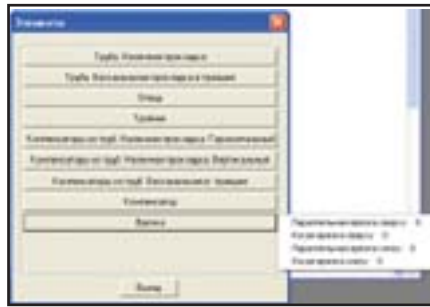
При создании программы "СТАРТ-Экспресс" ставилась задача обеспечить оценку прочности в объеме требований действующих норм (за исключением области атомной энергетики), при этом в качестве объектов для оценки компенсирующей способности принимались типовые схемы, фигурирующие в различных пособиях по проектированию: повороты Г- и Z-образной формы и участки с П-образными компенсаторами. Попутно решались отдельные задачи, связанные с проверкой прочности и устойчивости: определение расстояний между опорами, допустимой (по условиям устойчивости) длины прямого участка и некоторые другие.

Перечень и содержание расчетов выдерживались в строгом соответствии с требованиями норм. Так, если нормы не распространяются на трубопроводы, заземленные в грунте, их использование для таких расчетов автоматически становится недоступным; если нормами не предусмотрена проверка на циклическую прочность, их применение для та-

кой проверки становится неосуществимым и т.д.

Программа призвана полностью освободить проектировщика от необходимости применять ручные инструменты (номограммы, таблицы, пособия и т.п.) для оценки прочности и компенсирующей способности трубопроводов на стадии их конструирования. Разработка выполнялась в расчете не только на опытного проектировщика, но и на исполнителя средней квалификации, который не обязательно должен ориентироваться во всех тонкостях применения нормативных документов по прочности трубопроводов.

В программе задействованы следующие нормативные документы:



▲ Рис. 1. Главное экранное меню

приведенного на рис. 1, раскрывается перечень объектов расчета. Все расчеты разделены на две большие группы:

- наземная прокладка;
- бесканальная прокладка в грунте.

ности осуществляется в двух вариантах:

- по заданному давлению рассчитывается толщина стенки с учетом требований норм по минимально допустимой толщине фитинга;
- при заданной толщине стенки определяется максимально допустимое внутреннее избыточное давление.

Если нормами предусмотрена оценка циклической прочности по методике, аналогичной той, что приведена в РД 10-400-01, дополнительно выдаются максимально допустимый изгибающий момент и коэффициенты концентрации напряжений изгиба в отводе.

Тройники. Рассчитываются сварные тройники и врезки (в том числе усиленные накладками), штампованные и штампосварные тройники. Расчет на прочность производится аналогично такому же расчету для отводов. Максимально допустимый изгибающий момент и коэффициенты концентрации напряжений изгиба выдаются для сечения ответвления.

Компенсаторы из труб. Так в экранном меню условно названы типовые схемы компенсации температурных расширений: повороты трассы Г- и Z-образной формы и участки с П-образными компенсаторами.

Для трубопроводов наземной прокладки рассчитываются плоские схемы, расположенные в горизонтальной или вертикальной плоскостях. Углы поворотов произвольны; плечи для схем в горизонтальной плоскости могут располагаться под углом друг к другу, а для схем в вертикальной плоскости должны быть только параллельными. Для трубопроводов бесканальной прокладки в грунте рассчитываются схемы, расположенные в горизонтальной плоскости.

Расчеты выполняются в двух вариантах:

- проектном, когда вылеты задаются, а компенсируемые длины плеч определяются;
- поверочном, когда задаются и вылеты, и длины плеч.

Результатами расчета являются нагрузки на концевые неподвижные опоры, расчетные и допускаемые напряжения, наибольшие линейные перемещения в углах поворота.

№ п/п	Нормативный документ	Область применения
1.	Госгортехнадзор РФРД 10-249-98	Стальные трубопроводы энергетических установок с давлением более 0,7 кг/см ² и температурой более 115°C, за исключением трубопроводов, заземленных в грунте.
2.	Госгортехнадзор РФРД 10-400-01	Стальные трубопроводы водяных тепловых сетей и паропроводов за пределами энергетических установок; в том числе трубопроводы, заземленные в грунте.
3.	Минтопэнерго РФРТМ 38.001-94	Стальные технологические трубопроводы с давлением до 100 кг/см ² и температурой от -70°C до 700°C, за исключением трубопроводов, заземленных в грунте.
4.	Госстрой РФСНиП 2.05.06-85	Стальные магистральные газо- и нефтепроводы с давлением до 100 кг/см ² и отсутствием ползучести в металле труб; в том числе трубопроводы, заземленные в грунте.

Выбор того или иного нормативного документа при проведении конкретного расчета является прерогативой пользователя. Как видно из таблицы, только два нормативных документа — РД 10-400-01 и СНиП 2.05.06-85 — распространяются на трубопроводы, заземленные в грунте, остальные ориентированы на трубопроводы традиционных конструкций (прокладываемые на опорах).

Объекты расчета

По программе "СТАРТ-Экспресс" рассчитываются трубы, отводы, Т-образные соединения (врезки, тройники), повороты трассы Г- и Z-образной формы, а также участки с П-образными компенсаторами, типовые узлы разветвлений (врезки). При обращении к любой строке главного экранного меню,

Под термином "наземная прокладка" подразумевается прокладка трубопровода на опорах. Это может быть как воздушный трубопровод (над землей), так и подземный — в камере, канале или коллекторе.

Труба. Для прямого участка наземной прокладки предусмотрены расчет на устойчивость и определение расстояний между промежуточными опорами (пролеты). Для прямого участка бесканальной прокладки можно выполнить расчеты прочности, устойчивости и удлинения от нагрева. Проверка прочности необходима в тех случаях, когда толщину стенки трубы определяет не только внутреннее избыточное давление, но и давление грунта.

Отводы. Рассчитываются крутоизогнутые, гнутые, штампосварные и секторные отводы. Расчет проч-

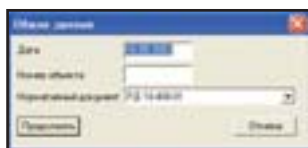


Рис. 2. Диалоговое окно для выбора нормативного документа

Врезки. Рассчитываются типовые схемы врезок ответвлений в основную магистраль с учетом влияния длин прилегающих участков. Рассмотрено по четыре типовых схемы для наземных и заземленных в грунте трубопроводов:

- для наземных — Т-образная плоская и с П-образным переходом, параллельная под прямым углом в горизонтальной плоскости, косая под произвольным углом в вертикальной плоскости.
- для заземленных в грунте — параллельная под прямым углом вертикально вверх или вниз, косая под углом 45° вверх или вниз.

Расчеты выполняются в поверочном варианте на соблюдение условий циклической прочности. Если эти условия не выполняются, то выдается вся информация, необходимая для принятия решения по изменению схемы обвязки: наиболее нагруженное сечение, расчетные усилия в этом сечении, значение повреждаемости при знакопеременных нагрузках.

Компенсатор. Объектом расчета является прямой участок заземленного в грунте трубопровода со стартовым (одноразовым) компенсатором. Расчет выполняется согласно своду правил СП 41-105-2002 Госстроя РФ. Результатами являются максимально допустимое расстояние между компенсаторами и температура их замыкания.

Режим работы

При обращении к расчетным процедурам программы на экране появляется диалоговое окно, которое позволяет пользователю выбрать нормативный документ, а также ввести реквизиты расчетов, которые будут выполняться (рис. 2).

После нажатия кнопки *Продолжить* пользователь переходит в режим выбора расчетного объекта. На экране появляется главное меню (рис. 1). При обращении к любой его строке раскрывается перечень объектов (на рисунке врезки), из которого выбирается нужный.



Рис. 3. Расчет Z-образного компенсатора с непараллельными плечами

Далее пользователь работает в режиме задания входных данных и выполнения расчета. Примеры расчетных объектов представлены на рис. 3 и 4.

Если результаты расчета требуется распечатать, выбирается команда *Файл → Печать*.

Для проведения расчета в различных вариантах используется кнопка *Повторить*. С ее помощью в новом расчете наследуются данные предыдущего, что позволяет, не набирая все данные повторно, менять только некоторые из них для получения новых результатов. Все рассчитанные варианты сохраняются, с помощью кнопок *Предыдущий*, *Следующий* их можно просматривать на экране и при необходимости распечатывать. При окончании расчета и нажатии кнопки *Выход с сохранением* данные сохраняются. Если сохранять информацию не требуется, нажимается кнопка *Выход*. Под одними и теми же реквизитами в архиве программы может храниться серия входных данных и результатов по разным расчетным объектам, выбранным из главного меню.

В программе "СТАРТ-Экспресс" имеются базы данных по материалам



Рис. 5. Физико-механические характеристики стали 20



Рис. 4. Расчет вертикальной врезки (бесканальная прокладка)

и грунтам. Эти базы содержат физико-механические свойства трубных сталей и грунтов, используемых при проведении расчетов. Содержимое каждой базы пользователь может просматривать, а при необходимости пополнять и корректировать. На рис. 5 показано содержимое базы для стали 20, соответствующее нормативному документу РД 10-400-01. Выбор данных из баз производится с помощью специальных кнопок экранного меню при задании входных данных.

Настройка программы и сервис

Пользователь может настроить программу "СТАРТ-Экспресс", выбирая:

- единицы измерений;
- нормативный документ для оценки прочности;
- базу данных по материалам (зависит от используемого нормативного документа).

В процессе подготовки входных данных программа выдает разнообразные подсказки, позволяющие получать для ряда используемых данных готовые нормативные значения: наружные диаметры кожуха изоляции (для труб с промышленной полимерной изоляцией), коэффициенты снижения прочности сварных соединений, уклоны трубопроводов и т.п.

Виктор Магалиф,
Евгений Шапиро,
Алексей Бушуев
ООО "НТП Трубопровод"
Тел.: (095) 737-3616

E-mail: start@truboprovod.ru
Internet: http://www.truboprovod.ru
По вопросам приобретения
обращаться: Consistent Software
Тел.: (095) 913-2222
E-mail: sales@csoft.ru,
plant4d@csoft.ru