

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЁТА ОСТАТОЧНОГО СРОКА СЛУЖБЫ СТАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

М.А. Санников

На заключительном этапе диагностики стального подземного газопровода, для определения его остаточного ресурса и продления срока его дальнейшей эксплуатации, необходимо произвести ряд технических расчётов. За остаточный срок службы стального газопровода принимается минимальное значение из остаточных сроков службы, рассчитанных по каждому из следующих параметров [1]:

- пластичность металла труб;
- ударная вязкость металла труб;
- напряжённо-деформированное состояние (НДС) при наличии фронтальной коррозии;
- локальное НДС в местах коррозионных язв.

Расчёты данных параметров до недавнего времени проводился либо вручную, либо с частичной автоматизацией (чаще всего с помощью табличного редактора Microsoft Excel, который использовался для построения графиков). Описанный в данной статье программный комплекс позволяет полностью автоматизировать расчёты остаточного срока службы газопровода по коррозии, пластичности и ударной вязкости, тем самым упростить их для конечного пользователя и значительно сократить время расчётов.

Комплекс «Ресурс газопровода» включает в себя четыре программы: «Коррозия» [2], «Пластичность», «Вязкость», которые выполняют соответствующие технические расчёты и программу-интегратор «Расчёт», служащую для запуска компонентов комплекса. В качестве примера рассмотрим один из самых сложных компонентов комплекса - программу «Пластичность».

При длительной эксплуатации газопровода происходит снижение пластичности, выраженное в сближении величин предела текучести σ_m и временного сопротивления σ_s . Соотношение допустимых значений указанных величин, приведённых к температуре 20°C, для

труб из малоуглеродистой стали, ограничивается следующим неравенством [1]:

$$\frac{\sigma_{mf}}{\sigma_{ef}} \leq 0,9, \quad (1)$$

где σ_{mf} , σ_{ef} – фактические значения физико-механических свойств металла, полученные по данным шурфового контроля и определяемые согласно ГОСТ 10006. При достижении указанных величин своих предельных значений диагностируемый участок газопровода назначается на переукладку [1].

Снижение пластичности металла труб в результате старения, т.е. зависимость σ_m и σ_e от времени эксплуатации газопровода представляется в виде функции вида:

$$\Psi = \frac{\sigma_m}{\sigma_e} = \frac{\sigma_{m_0} + c \cdot t + e \cdot t^2}{\sigma_{e_0} + a \cdot t + b \cdot t^2} + (a_m \cdot T_\phi + b_m + c_m \cdot t) \cdot \Delta T + 0,000625 \cdot t \cdot \Delta P, \quad (2)$$

где σ_{m_0} , σ_{e_0} – исходные механические характеристики металла труб в начале эксплуатации; a , b , c , e – экспериментальные аппроксимированные параметры, отражающие процесс старения; a_m , b_m , c_m – экспериментальные аппроксимированные параметры, учитывающие влияние изменения температуры на пластичность (отметим, что для упрощения расчётов, марки сталей всех степеней раскисления объединены в две группы по близости механических свойств и перечисленные выше экспериментальные коэффициенты приняты для этих двух групп [1]); T_ϕ – среднегодовая температура грунта, на уровне заложения газопровода; P_ϕ – рабочее давление газопровода; $\Delta T = T_\phi - 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta P = P_\phi - 1,2 \text{ МПа}$ – отличие температуры и давления от нормальных условий расчёта [1].

Определение остаточного срока службы производится путём построения графика функции Ψ с интервалом точности + 10% (кривая $\Psi + 0,1 \cdot \Psi$) в координатах “ σ_m / σ_e – время” и трёх прямых: $\sigma_m / \sigma_e = 0,9$; $\sigma_m / \sigma_e = \sigma_{mf} / \sigma_{ef}$; $t = t_\phi$; где t_ϕ – фактическое время эксплуатации газопровода. Значение абсциссы точки пересечения кривой $\Psi + 0,1 \cdot \Psi$ с прямой $\sigma_m / \sigma_e = 0,9$ принимается как критическое время эксплуатации – $t_{кр}$. Кроме этого определяется точка пересечения прямых $t = t_\phi$ и $\sigma_m / \sigma_e = \sigma_{mf} / \sigma_{ef}$, обозначаемая как Z_ϕ . При попадании точки Z_ϕ в интервал точности функции Ψ остаточный срок службы определяется как $t_{ост} = t_{кр} - t_\phi$. В

противном случае находится дополнительный параметр – условно-фактическое время эксплуатации газопровода t_{yf} , как абсцисса точки пересечения кривой $\Psi + 0,1 \cdot \Psi$ с прямой $\sigma_m / \sigma_s = \sigma_{mf} / \sigma_{sf}$. А остаточный срок службы, в свою очередь, определяется как $t_{ост} = t_{кр} - t_{yf}$.

Автоматизация данного расчёта затрудняется, тем, что расчёт изначально производится графическим способом, поскольку выразить t хотя бы из (2) довольно затруднительно (заметим, что конечное уравнение имеет вид $0,9 = \Psi + 0,1 \cdot \Psi$). Но вычислительные мощности современных ЭВМ, принятие в расчёте допущения дискретизации по времени, и свойство монотонности функции Ψ позволило создать программу не только строящую необходимые кривые, но и определяющую точки пересечения, т.е. решающую указанные выше уравнения. Погрешность расчёта не превышает ± 1 год и может быть сокращена путём уменьшения шага дискретизации по времени.

Рассмотрим непосредственно структуру и принципы работы с программой. Главное окно программы имеет две вкладки: «Исходные данные и результаты расчёта» (рис. 1) и «График» (рис. 2), название которых отражают их функциональное назначение.

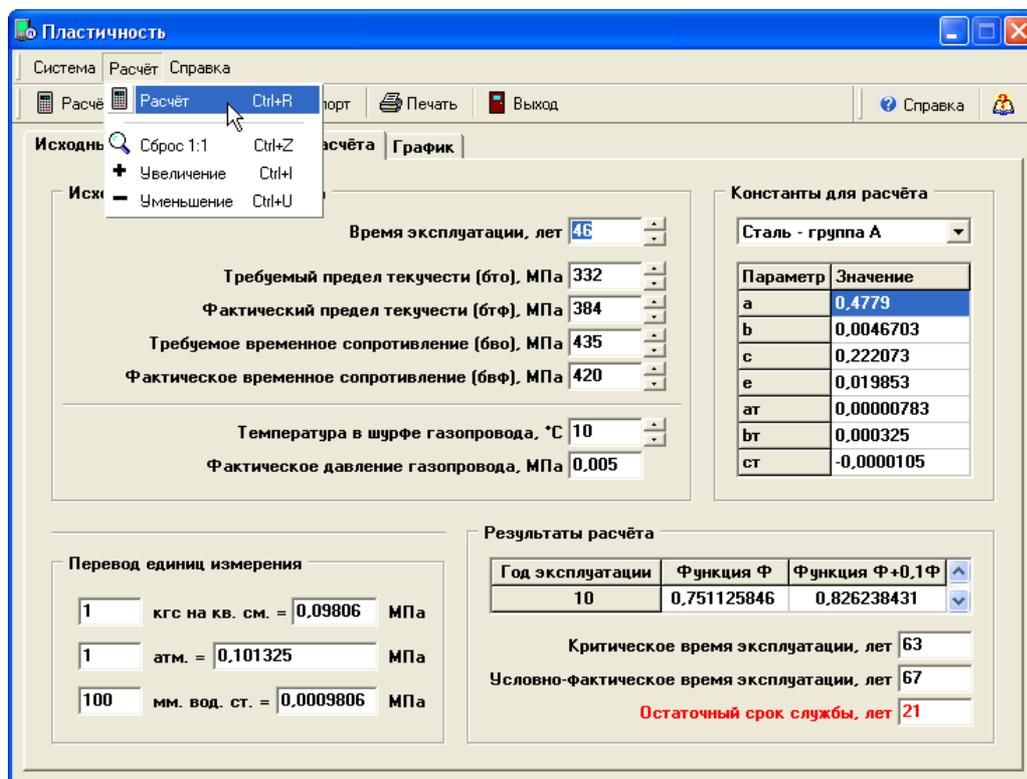


Рисунок 1. Вкладка «Исходные данные и результаты расчёта» основного окна программы «Пластичность»

Расчёт начинается с ввода исходных данных и выбора группы стали в закладке «Исходные данные и результаты расчёта». Довольно часто требуется перевод значений давления из одних единиц измерения в другие. Для того чтобы оператор не отвлекался на такие мелочи, на этой же вкладке имеется “переводчик” единиц измерения в МПа. После указания всех исходных параметров и нажатия кнопки «Расчёт» программа построит необходимые кривые и определит попадание (или не попадание) точки Z_{ϕ} в требуемый диапазон. На основе этого будет выбран соответствующий алгоритм расчёта. Конечным результатом будет остаточный срок службы газопровода по пластичности, таблица данных для построения функций Ψ и $\Psi + 0,1 \cdot \Psi$, которую можно сохранить в текстового файле, выбрав пункт меню «Экспорт» и непосредственно график с построенными кривыми (рис. 2), который можно распечатать, выбрав пункт меню «Печать».

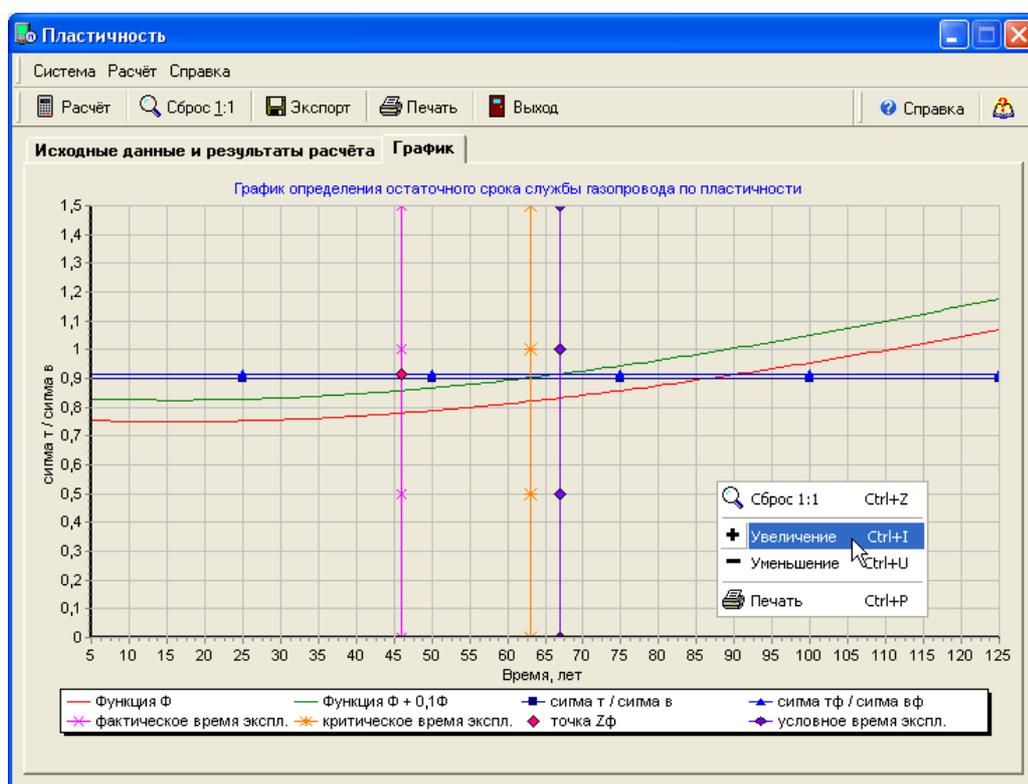


Рисунок 2. Вкладка «График» основного окна программы «Пластичность»

Все программы, входящие в состав комплекса, имеют подробную электронную справочную систему, позволяющую в сжатые сроки освоить работу с ними даже самому неопытному пользователю (рис. 3). Кроме этого, для удобства пользователя, в программах имеется возможность настройки панелей кнопок и главного меню.

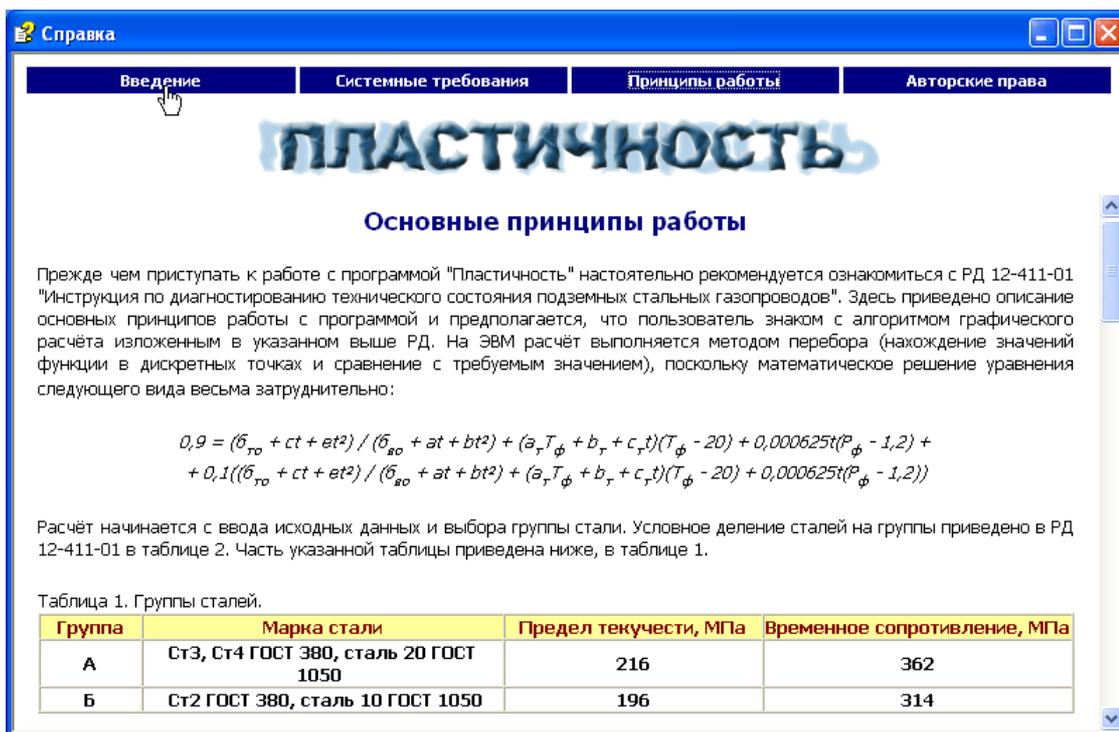


Рисунок 3. Справочная система программы «Пластичность»

Комплекс разработан в среде Borland Delphi и функционирует на компьютерах с процессором класса Intel Pentium и выше, и операционной системой Microsoft Windows 98/ME/2000/XP.

Программный комплекс «Ресурс газопровода» внедрён в отделе по газовому надзору в Самарском Управлении Госгортехнадзора России. Использование программ такого типа позволяет сократить время, затрачиваемое на ввод данных, расчёт и оформление отчётной документации, исключить влияние субъективного человеческого фактора и повысить общее качество диагностики.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 12-411-01 "Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов". Госгортехнадзор России, - Москва, 2001.
2. Санников М.А. Программа для расчёта остаточного срока службы труб стальных подземных газопроводов по коррозии. Отраслевой информационно-аналитический журнал "Газ России" №1, 2004. Росгазификация, Москва, 2004.