
УДК 669.14.539.89

Способ прогнозирования остаточного ресурса резервуаров и газопроводов, работающих в условиях низких климатических температур

Большаков А.М., Иванов А.Р.

В статье представлен способ прогнозирования остаточного ресурса резервуаров и магистральных газопроводов, работающих в условиях низких климатических температур на основе разработанной методики оценки предельного состояния конструкционных материалов. При существующих способах расчета остаточного ресурса необходимо применение разрушающих методов и вырезки образцов для механических испытаний и невозможно применение оперативной диагностики текущего состояния материала в полевых условиях. Данный способ оценки остаточного ресурса не требует использования методов разрушающего контроля и сложной аппаратуры. Проведена оценка остаточного ресурса магистрального газопровода Кысыл-Сыр–Мастах–Якутск на участке Берге-Якутск. Показано сравнение данного способа с существующими способами прогнозирования остаточного ресурса. Проведены расчеты остаточного ресурса при разных значениях скорости потери пластичности для газопроводов и резервуаров.

Ключевые слова: остаточный ресурс, предельное состояние, резервуар, магистральный газопровод, потеря пластичности.

The technique of forecasting the residual operation time for reservoirs and gas pipelines employed at low climatic temperatures

Bolshakov A.M., Ivanov A.R.

The paper presents the forecasting technique of a residual operation time for reservoirs and main gas pipelines, employed at low climatic temperatures, in the framework of the developed method intended for estimating the limiting status of construction materials. Under the existing methods of calculating the residual operation time, it is advisable to apply destructive methods and sample cutting techniques for mechanical tests, but it is impossible to apply the operational diagnostics for the running status of the material in the field environment. This technique of estimating the residual operation time doesn't require the application either of destructive methods or any sophisticated equipment. The residual operation time estimation of Kysyl-Syr-Mastakh-Yakutsk main gas pipeline in Berge-Yakutsk area is performed. The contrast between this technique and the existing methods of forecasting the residual operation time is given. Calculations of a residual operation time under different speed values of plasticity loss for gas pipelines and reservoirs are presented.

Keywords: residual lifetime, limiting state, reservoir, gas pipeline, loss of plasticity.

Введение

Магистральные газопроводы и резервуары для хранения нефтепродуктов Республики Саха (Якутия) функционируют в зоне распространения вечномёрзлых грунтов на протяжении более 40 лет. Стабильная эксплуатация газопроводных систем обеспечивает основным топливом центральную часть Республики Саха (Якутия) и ее столицу город Якутск. Од-

нако общее техническое состояние газопроводов и резервуаров с каждым годом ухудшается, их эксплуатационный ресурс практически исчерпан. Остаточный ресурс – срок надежного и безаварийного функционирования трубопровода (резервуара) при его фактическом техническом состоянии, не требующем проведения дополнительных мероприятий и капитальных затрат.

Цель работы – рассмотреть способ прогнозирования остаточного ресурса резервуаров и газопроводов, работающих в условиях низких климатических температур.

Способ прогнозирования остаточного ресурса резервуаров и газопроводов

В основном при оценке остаточного ресурса исходят от изменения скорости деградационных процессов. К числу таких процессов для газопроводов и резервуаров относятся:

- изменение пластичности металла, определяемой по изменению предела текучести, твердости, ударной вязкости;
- уменьшение толщины стенки при воздействии на металл фронтальной (общей) коррозии;
- изменение НДС при воздействии на металл локальной (язвенной, межкристаллитной) коррозии;
- старение изоляционного материала.

В настоящее время рядом нормативных документов рекомендуется оценка остаточного ресурса упрощенными методами по отдельным деградационным процессам.

В данное время существуют следующие виды расчетов остаточного ресурса металлоконструкций: по коррозионному утонению стенки металла трубы или резервуара; при действии изменяющихся напряжений при изгибе трубопровода в результате необратимых процессов просадки трубопровода производится по экспериментальным данным просадки и расчета $\sigma_{ЭКВ}$; по изменению механических характеристик металла; по изменению ударной вязкости металла трубы; по оценке напряженно-деформированного состояния при наличии фронтальной коррозии металла трубы; по оценке локального напряженно-деформированного состояния в местах коррозионных язв (питтингов) металла трубы.

Одним из недостатков существующих способов расчета остаточного ресурса является необходимость применения разрушающих методов и вырезки образцов для механических испытаний и невозможность оперативной диагностики текущего состояния материала в полевых условиях.



Рис.1. Схема расчета остаточного ресурса металлоконструкции.

На основе проведенных экспериментальных исследований и разработанной методики оценки предельного состояния [1, 2] предложен способ прогнозирования остаточного ресурса [3] для конструкций типа магистральных газопроводов и резервуаров по следующей схеме (рис. 1):

- исходя из анализа, вычисляется допустимое (проектная величина) суммарное повреждение – потеря пластичности Π_u за все время эксплуатации T_3 (лет);

- после измерений твердости металла устанавливается фактическая потеря пластичности Π_ϕ ;

- в течение назначенного срока определяется скорость увеличения суммарных повреждений – потери пластичности (от различных факторов) V_{nn} , 1/год по формуле (1);

- эксплуатационное повреждение – потеря пластичности Π_s для газопроводов принимается равным 0.05, для резервуаров – 0.095;

- определяется остаточный ресурс конструкции $T_{ост.рес.}$ по формуле (2).

С использованием разработанного способа прогнозирования остаточного ресурса [3] была проведена оценка остаточного ресурса магистрального газопровода Кысыл-Сыр-Мастах-Якутск на участке Берге-Якутск линейной части диаметром 530 мм и толщиной стенки 7 мм. Участок Берге-Якутск построен в 1968 году из труб стали марки 09Г2С Выксунского трубного завода, эксплуатируется 42 года. В соответствии с приведенной схемой определим следующее:

1. Допустимое значение потери пластичности, исходя из анализа, примем равным $\Pi_u = 0.8$;

2. В течение 42 лет эксплуатации твердость металла газопровода повысилась с 80НВ (в исходном состоянии) до 120НВ и составила потерю пластичности порядка $\Pi_\phi = 0.667$, а скорость потери пластичности за весь период эксплуатации в среднем составила $V_{nn} = 0.0031667$ 1/год;

3. При выполнении условий по данной схеме, исходя из оценки скорости потери пластичности за время эксплуатации, определяется время – 15,8 лет (остаточный ресурс) до следующей оценки состояния газопровода, которое согласовывается с контролирующими и надзорными органами.

Для сравнительного анализа результатов предложенного способа оценки остаточного ресурса были проведены расчеты остаточного ресурса этого же магистрального газопровода различными методами согласно РД 12-411-01 «Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов».

$D = 530$ мм, $h = 7$ мм, $\sigma_{To} = 345$ МПа, $\sigma_{Bo} = 590$ МПа, время эксплуатации $t_\phi = 42$ года.

Строим график функции $\psi(t)$ с интервалом точности (+10%) в виде двух кривых: ψ и $\psi_1 = \psi + 0,1 * \psi$ и три прямые: $\rho = \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = 0,9$; $\sigma =$

$$\frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{\sigma_{T\phi}}{\sigma_{B\phi}} = 0,8; \quad t = t_\phi = 42 \text{ года (рис.2).}$$

Находим абсциссу точки пересечения кривой ψ_1 , с прямой $\rho = \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = 0,9$, $t_{кр} = 39$ лет.

Определяем точку пересечения прямой $t = t_\phi$

$$\text{и } \sigma = \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{\sigma_{T\phi}}{\sigma_{B\phi}} = 0,8, \quad Z_\phi. \text{ Точка } Z_\phi \text{ не попа}$$

дает в интервал точности функции ψ , следовательно величину остаточного срока службы $t_{ост}$ определяем с использованием условно-фактического времени эксплуатации газопроводов $t_{y\phi}$, равного абсциссе точки пересече-

$$\text{ния кривой } \psi_1 \text{ с прямой } \sigma = \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{\sigma_{T\phi}}{\sigma_{B\phi}} = 0,8.$$

В этом случае $t_{ост} = t_{кр} - t_{y\phi}$. Из графика находим, что $t_{y\phi} = 23$ года. $t_{ост} = 39 - 23 = 16$ лет – остаточный срок службы газопровода.

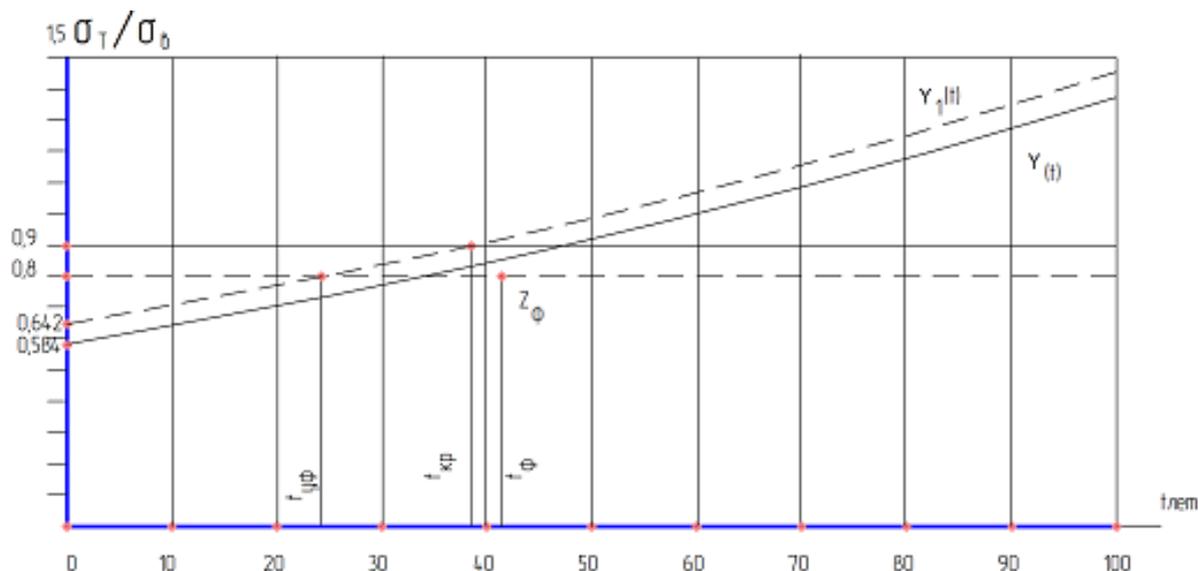


Рис.2. График расчета остаточного ресурса магистрального газопровода.

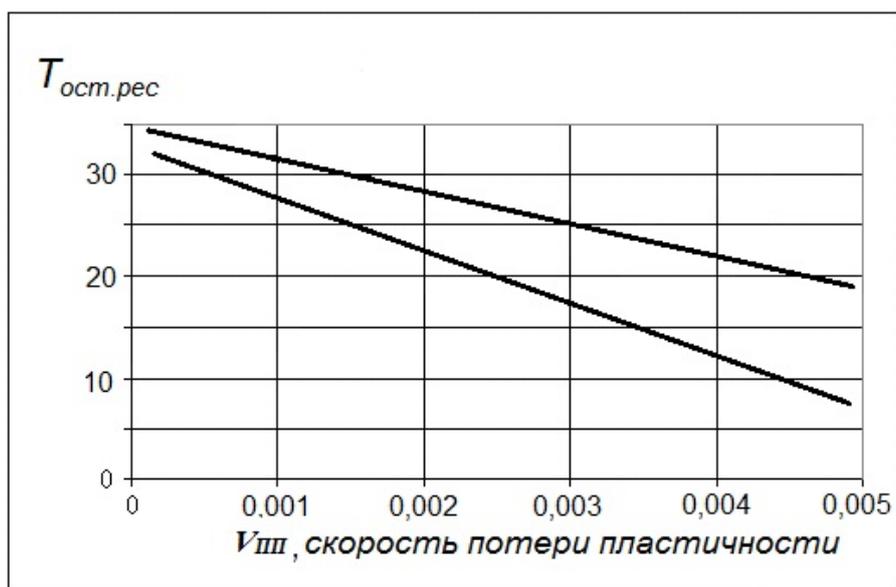


Рис.3. Зависимость остаточного ресурса от скорости потери пластичности для газопроводов и резервуаров.

По способу прогнозирования оценки остаточного ресурса по изменению потери пластичности были проведены расчеты остаточного ресурса при разных значениях скорости потери пластичности для газопроводов и резервуаров (рис.3). Их анализ показывает, что с увеличением скорости потери пластичности остаточный ресурс быстрее уменьшается для газопроводов.

Заключение

Таким образом, по результатам определения остаточного ресурса выяснено, что остаточный ресурс газопровода, вычисленный по предложенному способу, равен 15,8 годам, а остаточный ресурс, рассчитанный согласно РД 12-411-01, равен 16 годам. По рекомендациям научно-технической документации Ростехнадзора при оценке остаточного ресурса несколькими способами, выбирается минимально рассчитанный остаточный ресурс.

Литература

1. *Лыглаев А.В., Большаков А.М., Иванов А.Р.* Оценка предельного состояния металлоконструкций, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера // Заводская лаборатория, апрель №7, 2009. – С.44-47.

2. *Иванов А.Р., Большаков А.М.* Способ оценки потери пластичности по изменению микротвердости конструкционной стали // Патент на изобретение № 2382351 от 22.02.2010г.

3. *Иванов А.Р.* Разработка методики оценки остаточного ресурса трубопроводов и резервуаров, работающих в условиях Крайнего Севера. Автореферат дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Новосибирск, 2011. – 18 с.

4. *Ivanov A.R., Bolshakov A.M., Lyglaev A.V.* Estimation of ultimate state of metal structures exploited in the environment of the extreme north // *Inorganic materials*, Volume 46, №14, 2010. – P. 1564-1566, DOI: 10.1134/S0020168510140177.

References

1. *Lyglaev A.V., Ivanov A.R., Bolshakov A.M.* Ocenka predel'nogo sostojanija metallokonstrukcij,

jekspluatirujushhihsja v uslovijah Krajnego Severa [For the ultimate state of metal structures operating in the Far North] // *Plant Laboratory*, April №7, 2009. – P.44-47.

2. *Ivanov A.R., Bolshakov A.M.* Spособ ocenki poteri plastichnosti po izmeneniju mikrotverdosti konstrukcionnoj stali [A method of estimating the loss of plasticity by measuring the microhardness of structural steel] // The patent for the invention № 2382351 from 22.02.2010.

3. *Ivanov A.R.* Razrabotka metodiki ocenki ostatochnogo resursa truboprovodov i rezervuarov, rabotajushhih v uslovijah Krajnego Severa [Development of methodology for assessing the residual life of pipelines and tanks operating in the Far North] // Thesis abstract to PhD degree. – Novosibirsk, 2011 –18 p.

4. *Ivanov A.R., Bolshakov A.M., Lyglaev A.V.* Estimation of ultimate state of metal structures exploited in the environment of the extreme north // *Inorganic materials*, Volume 46, №14, 2010. – P. 1564-1566, DOI: 10.1134/S0020168510140177.

Статья поступила в редакцию 6 октября 2014 г.

Большаков Александр Михайлович – доктор технических наук, ФГБУН Институт физико-технических проблем Севера имени В.П. Ларионова СО РАН, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом №50 «Механика и безопасность конструкций», г. Якутск, Россия. E-mail: a.m.bolshakov@iptpn.ysn.ru

Иванов Александр Русланович – кандидат технических наук, ФГБУН Институт физико-технических проблем Севера имени В.П. Ларионова СО РАН, старший научный сотрудник отдела №50 «Механика и безопасность конструкций», г. Якутск, Россия. E-mail: spartak01@mail.ru

Bolshakov Aleksandr Mihajlovich – Professor, Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia. E-mail: a.m.bolshakov@iptpn.ysn.ru

Ivanov Aleksandr Ruslanovich – PhD, Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia. E-mail: spartak01@mail.ru