

Сопоставление надежности линейных участков с учетом изменения свойств трубной стали 14ХГС длительно эксплуатируемых нефтепроводов

DOI: 10.24411/2076-6785-2019-10038

А.Н. Давыдов

архитектор IT-приложений
lexdanik@yahoo.com

ООО «СИБУР ИТ», Москва, Россия

Оценка прочностной надежности участков магистральных трубопроводов (МТ) основана на интеграции в расчетные модели показателей надежности вероятностных закономерностей для внешней нагрузки, действующей на обследуемый участок линейной части (ЛЧ) МТ, и прочностных характеристик материала труб, применявшихся на этапе строительства данного участка. Накопленный к настоящему времени опыт расчета показателей надежности позволяет сделать вывод, что данные закономерности фактически являются индивидуальными и специфическим для любого участка линейной части МТ. При этом даже в пределах одного участка индивидуальные вероятностные закономерности для параметров внешней нагрузки и предельных напряжений подвержены изменениям в течении времени эксплуатации магистрального трубопровода. В работе выполнена оценка влияния изменения статистических характеристик распределения предела текучести трубных сталей на прочностную надежность участков магистральных трубопроводов.

Материалы и методы

Теория надежности, математическая статистика, методы теории вероятности

Ключевые слова

магистральный трубопровод, линейная часть, надежность, вероятность отказа, случайная величина, вероятностные закономерности, статистические характеристики распределения

Введение

Результаты мониторинга надежности участков ЛЧ для различных периодов времени на этапе эксплуатации МТ свидетельствуют, что значения показателей надежности существенно отличаются в зависимости от периода сбора исходной информации. К такой информации относятся наиболее значимые для расчета показателей надежности параметры, которые можно разделить на две группы. К первой группе относятся параметры, определяющие случайный спектр внешней нагрузки, такие как избыточное внутреннее давление внутри трубопровода, температурный перепад вдоль исследуемого участка, перемещения оси трубопровода вследствие воздействия сил морозного пучения и т.д. [1]. Ко второй группе относятся параметры, определяющие прочностные характеристики материала труб, применявшихся на этапе строительства участков МТ. Параметры, входящие как в первую, так и во вторую группу, являются величинами случайными. Вследствие этого параметры первой группы имеют индивидуальные закономерности и пределы рассеивания для каждого участка линейной части МТ [2, 3, 4, 5], а закономерности распределения параметров второй группы отличаются в зависимости от производителя, стандартов и даты выпуска трубной продукции [6, 7, 8]. При этом в работе [2] показано, что фактические распределения параметров, определяющих случайный спектр внешней нагрузки, существенно отличаются даже в пределах одного участка для различных периодов времени на этапе эксплуатации магистральных трубопроводов. Вследствие этого возникают отличия и в результатах оценки надежности обследуемого участка для различных периодов времени на этапе эксплуатации МТ. Однако вопрос исследования изменений в вероятностных закономерностях прочностных характеристик материала трубных сталей, возникающих в связи с продолжительной эксплуатацией магистральных трубопроводов, до настоящего времени остается открытым. Вследствие этого результаты оценки надежности длительно эксплуатируемых трубопроводов могут являться не корректными и отражать не достоверный уровень надежности обследуемых участков линейной части.

Теоретическая часть

Расчет вероятности безотказной работы R (вероятности отказа Q) для участка линейной части магистрального трубопровода производится на основании решения уравнения [1, 3, 4, 9, 10]:

$$R = P(s > \sigma) = P(y > 0) \quad (1),$$

где

$$y = s - \sigma \quad (2),$$

— разность двух независимых случайных величин σ и s .

При решении задачи (1) в качестве таких величин принимаются напряжения σ , возникающие в стенке трубы на исследуемом участке под действием случайного спектра внешней нагрузки, и предельные для материала трубы напряжения s [3, 4, 6].

Алгоритм расчета вероятности безотказной работы R , когда выборки значений случайных величин σ и s отнесены при статистической обработке к нормальному закону, подробно рассмотрен в работе [3]. Показано, что вероятность безотказной работы, выраженную через случайную величину y , которая распределена по нормальному закону с математическим ожиданием:

$$\bar{y} = \bar{s} - \bar{\sigma} \quad (3),$$

и средним квадратическим отклонением:

$$S_y = \sqrt{S_s^2 + S_\sigma^2} \quad (4),$$

можно определить следующим образом:

$$R = P(y > 0) = \int_0^{\infty} \frac{1}{S_y \sqrt{2 \cdot \pi}} \times \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \bar{y}}{S_y} \right)^2 \right] dy \quad (5),$$

где $\bar{\sigma}$ — математическое ожидание напряжения σ , S_σ — среднее квадратическое отклонение σ , \bar{s} — математическое ожидание допускаемого напряжения S_s , — среднее квадратическое отклонение s .

Если ввести обозначение

$$z = (y - \bar{y}) / S_y \quad (6),$$

то зависимость для расчета R имеет следующий вид:

$$R = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\frac{\bar{s} - \bar{\sigma}}{\sqrt{S_s^2 + S_\sigma^2}}}^{\infty} e^{-z^2/2} dz \quad (7),$$

где

$$z = \frac{0 - \bar{y}}{S_y} = -\frac{\bar{s} - \bar{\sigma}}{\sqrt{S_s^2 + S_\sigma^2}} \quad (8),$$

— нижний предел случайной величины z при $y = 0$.

Т.к. $z = (y - \bar{y}) / S_y$ является нормированной случайной величиной, отнесенной к нормальному закону распределения, то вероятность безотказной работы R линейного участка МТ можно найти с помощью функции Лапласа,

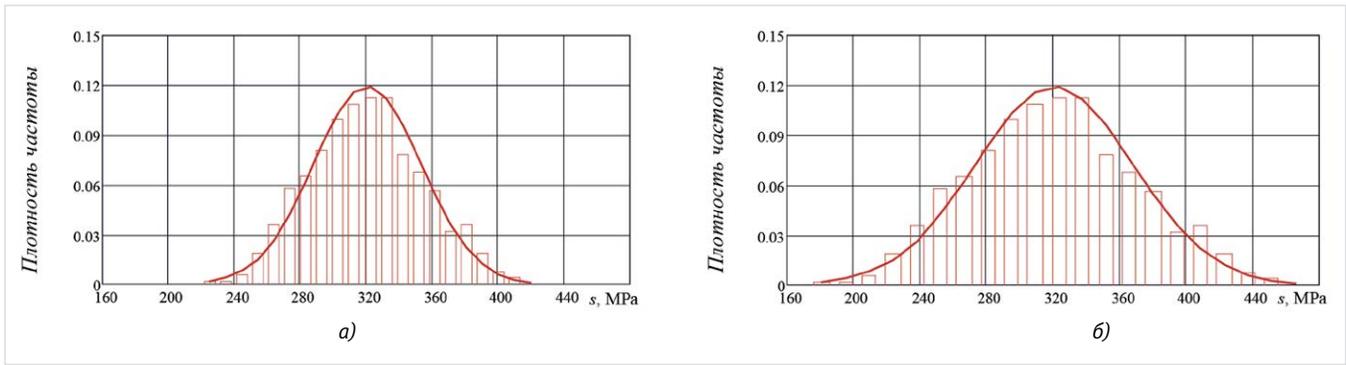


Рис. 1 — Закон распределения предела текучести трубной стали 14ХГС. а — материал трубы в исходном состоянии; б — материал трубы после длительной эксплуатации нефтепровода.

Fig. 1 — The distribution law of yield strength of pipe steel 14HGS. a — pipe material in the initial state; b — pipe material after long-term operation of the pipeline.

значения которой для различных z табулированы и широко представлены в соответствующей справочной литературе.

Пример расчета

Для оценки влияния на показатели надежности статистических характеристик распределения предела текучести материала труб в исходном состоянии и после длительной эксплуатации трубопровода, обратимся к результатам, представленным в работе [11]. Авторами приведены результаты исследований механических испытаний образцов, вырезанных из труб различного сортамента в исходном состоянии и после длительной эксплуатации магистральных нефтепроводов (МН). В результате статистического анализа экспериментальных данных обосновано, что распределения таких механических характеристик, как предел прочности σ_n и предел текучести σ_T трубной стали 14ХГС могут быть отнесены к нормальному закону. Установлено, что дисперсия предела прочности материала труб σ_n из стали 14ХГС после длительной эксплуатации нефтепровода $S_{\sigma_n}^2 = 2498$ возрастает в $\sim 3,8$ раза по отношению к значению данной характеристики $S_{\sigma_n}^2 = 655,57$ для предела прочности рассматриваемой трубной стали труб в исходном состоянии. Вследствие этого происходит практически двукратный рост среднеквадратического отклонения S_{σ_n} предела прочности σ_n материала трубы [11]. Для предела текучести σ_T значение дисперсии после длительной эксплуатации составляет $S_{\sigma_T}^2 = 2270$, что в $\sim 2,15$ раза выше, чем дисперсия предела текучести для стали 14ХГС в исходном состоянии [11], значение которой $S_{\sigma_T}^2 = 1058$.

Представленные статистические характеристики предела текучести трубной стали 14ХГС примем в качестве исходных данных для закона распределения предельных напряжений в примере расчета вероятности отказа Q линейных участков с учетом влияния продолжительности эксплуатации нефтепровода. Графическая иллюстрация закона распределения предела текучести σ_T материала трубы в исходном состоянии представлена на рис. 1 а), а для материала трубы после длительной эксплуатации МН — на рис. 1 б).

Расчет показателей надежности выполним по двум вариантам для двух различных участков магистрального нефтепровода на территории Восточной Сибири, расположенных на ЛЧ после нефтеперекачивающих станций (НПС) «Тайшет» и «Сокур». В первом

варианте рассчитаем вероятность отказа для каждого участка ЛЧ исходя из условия, что распределение предельных напряжений (предела текучести σ_T) соответствует материалу трубы в исходном состоянии, а во втором — материалу трубы после длительной эксплуатации нефтепровода. При расчетах примем для линейных участков следующие исходные данные:

- условный диаметр трубы $D_y = 500$ мм;
- толщина стенки $\delta = 8$ мм;
- коэффициент условий работы трубопровода $m_n = 0,9$;
- коэффициент надежности по назначению $k_n = 0,9$.

Закон распределения напряжений σ , возникающих в стенке трубы вследствие избыточного внутреннего давления p и положительного температурного перепада T , восстановим на основании известных [1, 12] зависимостей $\sigma = \sigma(p, T, D_n, \delta)$ и статистической обработки [3, 4, 11] выборки значений $p_j, j = \overline{1, n}$ и $T_i, i = \overline{1, m}$, полученных в результате мониторинга для каждого из исследуемых участков [2]. В качестве примера на рис. 2 и 3 приведены графики изменения фактических значений параметров p и T на одном из исследуемых участков за период, соответствующий

календарному году эксплуатации МН.

Установленные в результате обработки данных о параметрах внешней нагрузки p и T числовые характеристики нормального закона распределения напряжений σ , возникающих в стенке трубы на участке ЛЧ после НПС «Тайшет», имеют следующие значения: среднее значение $\sigma = 238,036$ МПа; дисперсия $S_{\sigma}^2 = 49,658$ и среднеквадратическое отклонение $S_{\sigma} = 7,05$. Аналогичные характеристики для закона распределения напряжений, возникающих в стенке трубы на участке ЛЧ НПС «Сокур» имеют значения: среднее значение $\sigma = 223,762$ МПа; дисперсия $S_{\sigma}^2 = 15,164$ и среднеквадратическое отклонение $S_{\sigma} = 3,894$. Таким образом статистические распределения напряжений σ отличаются и являются индивидуальными для каждого из рассматриваемых в примере участков.

Необходимо отметить, что характеристики закона распределения напряжений σ , определенные на основании статистической обработки выборки значений $p_j, j = \overline{1, n}$ и $T_i, i = \overline{1, m}$, сбор которых осуществлялся в другой период времени эксплуатации рассматриваемых участков, будут отличаться от значений, полученных в настоящем примере. Также следует отметить, что подчинение

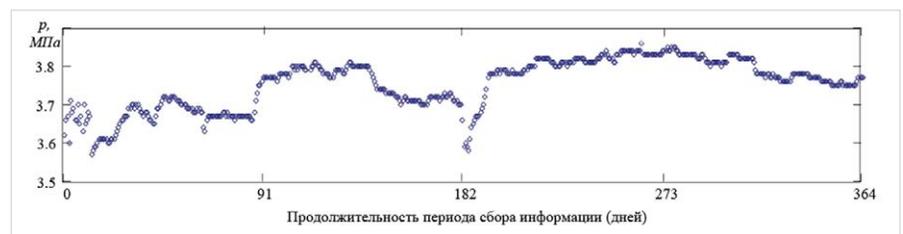


Рис. 2 — График изменения значений избыточного внутреннего давления p на линейном участке МН

Fig. 2 — Graph of changes in the values of excess internal pressure p in the linear section of the main oil pipeline

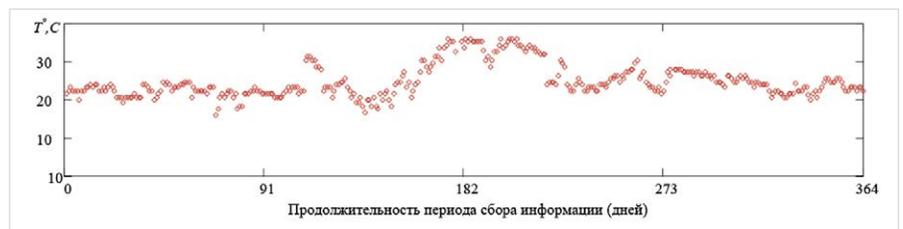


Рис. 3 — График изменения значений температуры T на линейном участке МН

Fig. 3 — Graph of temperature T on the linear section of the main oil pipeline

распределений случайных величин σ и s нормальному закону требует соответствующего обоснования и в большинстве случаев при обработке фактических данных о параметрах внешней нагрузки и предельных напряжениях является исключением [3, 4, 5].

Графическая иллюстрация закона распределения напряжений σ в стенке трубы на исследуемых в примере участках линейной части МН, представлена на рис. 4.

При известных численных характеристиках параметров закона распределения

напряжений σ , возникающих в стенке трубы, и предельных для материала трубы напряжений s , выполним на основании зависимостей (5) или (7) расчет значений вероятности отказа Q для рассматриваемых в примере участков МН. Для первого варианта расчета, согласно которому закономерности для предела текучести соответствуют материалу трубы на участке ЛЧ НПС «Тайшет» в исходном состоянии, в результате вычислений получено значение вероятности отказа $Q_1^1 = 1,31 \times 10^{-2}$. Значение

вероятности отказа для этого же участка при расчете по второму варианту, который соответствует изменившимся в результате длительной эксплуатации характеристикам закона распределения предельных напряжений, составило $Q_2^2 = 6,02 \times 10^{-2}$. Расчет вероятности отказа, выполненный по первому варианту для второго участка, расположенного на ЛЧ НПС «Сокур», определил значение $Q_2^1 = 1,85 \times 10^{-3}$. Для второго варианта расчета, который соответствует продолжительной эксплуатации МН и изменившимся

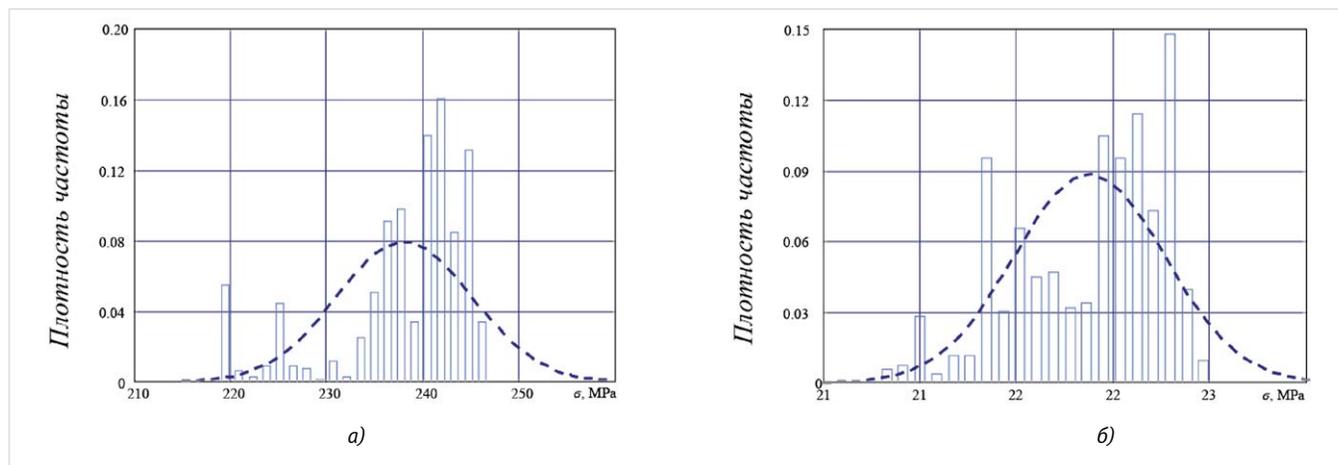


Рис. 4 — Закон распределения напряжений в стенке трубы. а) — участок ЛЧ после НПС «Тайшетская»; б) — участок ЛЧ после НПС «Сокур»

Fig. 4 — The law of stress distribution in the pipe wall. а) — section of the linear part after the; Taishetskaya oil pumping station; б) — section of the linear part after the Sokur oil pumping station

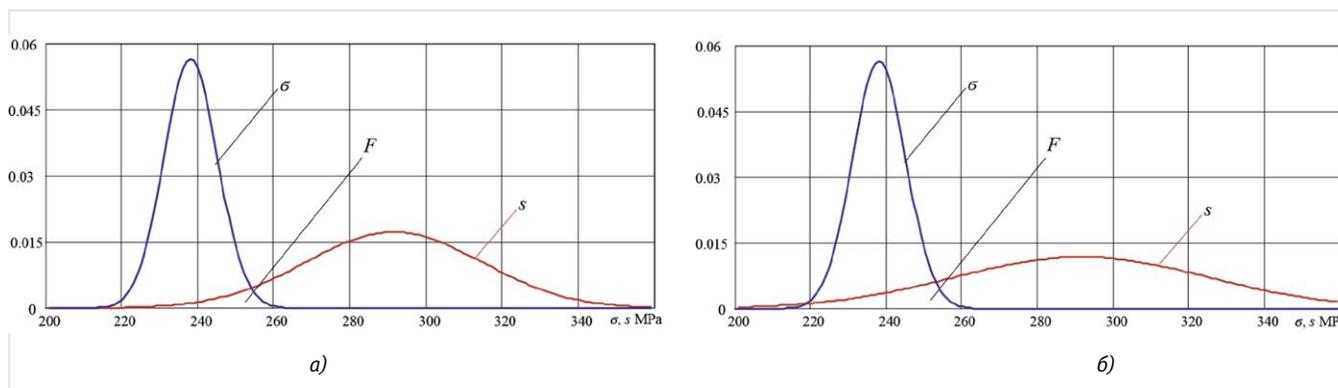


Рис. 5 — Графическая иллюстрация к определению вероятности отказа участка МН (НПС «Тайшет», МН Омск—Иркутск). а) — материал трубы в исходном состоянии; б) — труба после длительной эксплуатации

Fig. 5 — Graphic illustration to the determination of the probability of failure of the main oil pipeline section (Taishet pump station, Omsk—Irkutsk main oil pipeline). а) — pipe material in the initial state; б) — pipe after prolonged use

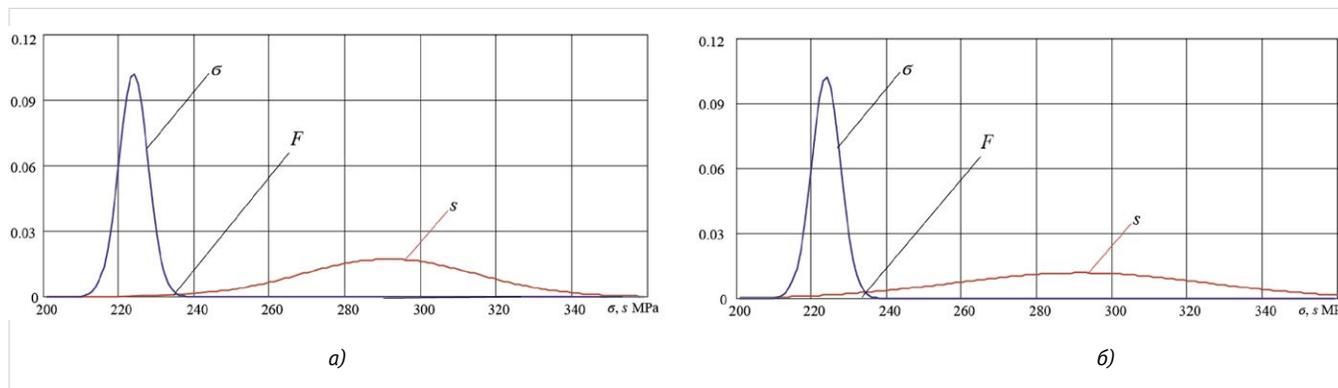


Рис. 6 — Графическая иллюстрация к определению вероятности отказа участка МН (НПС «Сокур», МН Омск—Иркутск); а) — материал трубы в исходном состоянии; б) — труба после длительной эксплуатации

Fig. 6 — Graphic illustration to the determination of the probability of failure of the main oil pipeline section (Sokur pump station, Omsk—Irkutsk main oil pipeline); а) — pipe material in the initial state; б) — pipe after prolonged use

статистическим характеристикам распределения предельных напряжений, величины вероятности отказа этого же участка ЛЧ составила $Q_2 = 2,29 \times 10^{-2}$.

Графическая иллюстрация к выполненным расчетам представлена на рис. 5 и 6, где область пересечения закономерностей распределения напряжений σ и s (обозначена символом F), соответствует значению вероятности отказа Q для каждого участка и варианта расчета [1, 3, 4, 7].

Итоги

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что изменения в закономерностях распределения предела текучести трубной стали 14ХГС, возникающие после длительной эксплуатации МН, в первом случае ~ в пять раз, а во втором — на порядок (~ в 10 раз) увеличивают вероятность отказа Q в пределах исследуемых участков. Следовательно, такие изменения необходимо классифицировать как деградационные для прочностных показателей трубной стали 14ХГС и учитывать данный факт при решении задач оценки прочностной надежности участков МН, на этапе строительства или ремонта которых применялась аналогичная трубная продукция.

Выводы

Изменение статистических характеристик распределения предела текучести трубной стали 14ХГС после длительной эксплуатации нефтепровода оказывает значимое влияние на прочностную надежность линейных участков.

2. Детерминированные методы не позволяют учесть при оценке прочности линейных участков деградационные изменения в закономерностях распределения предела текучести стали 14ХГС, возникающие по мере увеличения срока эксплуатации нефтепровода. 3. Полученные результаты по оценке влияния продолжительности эксплуатации нефтепровода на надежность линейных участков свидетельствуют о необходимости исследования вероятностных закономерностей прочностных характеристик для других марок трубных сталей.

Литература

1. Харионовский В.В. Надежность и ресурс конструкций газопроводов. М.: Недра, 2000. 467 с.
2. Голофаст С.Л. Мониторинг уровня надежности линейных участков в различные периоды эксплуатации магистрального газопровода // Безопасность труда в промышленности. 2019. №6. С. 42–47.
3. Филатов А.А., Голофаст С.Л. Проблемы оценки прочностной надежности газопроводов // Газовая промышленность. 2015. №7. С. 45–48.
4. Голофаст С.Л. Проблемы оценки надежности линейной части магистральных трубопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2018. - №4 (736) – С.36–42. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-4-36-40.
5. Филатов А.А., Георге М.С. Влияние условий эксплуатации газопровода на показатели его прочностной надежности // Наука и техника в газовой промышленности. 2013. №2. С. 75–82.

6. Филатов А.А., Новоселов В.В. Влияние прочностных свойств материала трубы на вероятностные характеристики коэффициента запаса прочности в условиях эксплуатации газопровода // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2014. №4. С. 80–85.
7. Голофаст С.Л. Влияние статистического разброса предела текучести трубной стали марки 17Г1С на прочностную надежность магистральных газопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2019. №2. С. 42–47.
8. Голофаст С.Л. Влияние фактических закономерностей распределения предела текучести стали 17Г1С на коэффициент запаса прочности участков магистрального газопровода // Экспозиция Нефть Газ. 2019. №3. С.58–64.
9. Bertche B., Lechner G. Zuverlässigkeit im Fahrzeug-und Maschinenbau. Springer, 2004.
10. O'Connor P.D.T., Kleyner A. Practical reliability engineering. 5th ed. John Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom, 2012.
11. Сызранцев В.Н., Голофаст С.Л., Лысяный К.К., Невелев Я.П. Исследование механических характеристик трубных сталей 17Г1С, 14ХГС после длительной эксплуатации нефтепроводов // Нефтяное хозяйство. 2008. №3. С. 98–100.
12. Бирилло И.Н., Яковлев А.Я., Теплинский Ю.А., Быков И.Ю., Воронин В.Н. Оценка прочностного ресурса газопроводных труб с коррозионными повреждениями. М: Изд. ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. 168 с.

Comparison of linear sections reliability for the changes in the properties of pipeline steel 14HGS long maintained pipelines

Authors

Alexey N. Davydov — IT-application architector; lexdanik@yahoo.com

«SIBUR IT» Ltd., Moscow, Russian Federation

Abstract

Assessment of the strength reliability of main pipelines sections is based on the integration into the calculation models of reliability indicators of probability patterns for the external load acting on the examined section of the main pipelines linear part, and the strength characteristics of the pipe material used at the construction stage of this section. The experience accumulated to date in calculating reliability indicators allows us to conclude that these patterns are actually individual and specific for any part of the main pipeline linear part. Moreover, even within the same section, individual probabilistic patterns for the parameters of the external load and ultimate stresses are changed during the life of the main pipeline. The paper assesses the impact of changes in the statistical characteristics of the distribution of the yield strength of pipe steels on the strength reliability of sections of main pipelines.

Materials and methods

Reliability Theory, Mathematical Statistics, Probability Theory

Keywords

main pipeline, linear part, reliability, probability of failure, random variable, probabilistic laws, statistical characteristics of distribution

Results

An analysis of the results allows us to conclude that changes in the patterns of distribution of the yield strength of 14KhGS pipe steel that occur after long-term operation of the main oil pipelines, in the first case, by five times, and in the second, by an order (~ 10 times) increase the probability of failure Q within examined areas. Therefore, such changes must be classified as degrading for the strength characteristics of 14KhGS pipe steel and this fact should be taken into account when solving the problems of assessing the

strength reliability of sections of main oil pipelines, at the stage of construction or repair of which similar pipe products were used.

Conclusions

Changing the statistical characteristics of the distribution of the yield strength of pipe steel 14KhGS after long-term operation of the pipeline has a significant impact on the strength reliability of linear sections. 2. Deterministic methods do not allow to take into account, when assessing the strength of linear sections, degradation changes in the patterns of yield strength distribution of 14KhGS steel that occur as the pipeline service life increase. 3. The results obtained by assessing the impact of the duration of the operation of the pipeline on the reliability of linear sections indicate the need to study the probabilistic laws of strength characteristics for other grades of pipe steels.

References

1. Kharionovskiy V.V. *Nadezhnost' i resurs konstruksiy gazoprovodov* [Reliability and service life of gas pipeline structures]. Moscow: Nedra, 2000, 467 p.
2. Golofast S.L. *Monitoring urovnya nadezhnosti lineynykh uchastkov v razlichnye periody ekspluatatsii magistral'nogo gazoprovoda* [Monitoring the level of reliability of linear sections at different periods of operation of the main gas pipeline]. Occupational Safety in Industry, 2019, issue 6, pp. 42–47.
3. Filatov A.A., Golofast S.L. *Problemy otsenki prochnostnoy nadezhnosti gazoprovodov* [Problems of assessment of gas pipelines strength reliability]. Gas Industry, 2015, issue 7, pp. 45–48.
4. Golofast S.L. *Problemy otsenki nadezhnosti lineynoy chasti magistral'nykh truboprovodov* [Problems of Reliability Assessment for Linear Part of Trunk Pipelines]. Occupational Safety in Industry, 2018, issue 4, pp. 36–42. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-4-36-40.
5. Filatov A.A., George M.S. *Vliyanie usloviy ekspluatatsii gazoprovoda na pokazateli ego prochnostnoy nadezhnosti* [Effect of the operating conditions of the gas pipeline on the indices of its strength reliability]. Science and Technology in the Gas Industry, 2013, issue 2, pp. 75–82.
6. Filatov A.A., Novoselov V.V. *Vliyanie prochnostnykh svoystv materiala trub na veroyatnostnye kharakteristiki koeffitsienta zapasa prochnosti v usloviyakh ekspluatatsii gazoprovoda* [Effect of the strength properties of the pipe material on the probabilistic characteristics of the strength factor in the operating conditions of gas pipeline]. News of higher educational institutions. Oil and gas, 2014, issue 4, pp. 80–85.
7. Golofast S.L. *Vliyanie statisticheskogo razbroa predela tekuchesti trubnoy stali marki 17G1S na prochnostnyu nadezhnost' magistral'nykh gazoprovodov* [Effect of Statistical Stragglings of the Yield Strength of 17G1S Pipe Steel Grade on Strength Reliability of the Main Gas Pipelines]. Occupational Safety in Industry, 2019, issue 2, pp. 42–47.
8. Golofast S.L. *Vliyanie fakticheskikh zakonomernostey raspredeleniya predela tekuchesti stali 17G1S na koeffitsient zapasa prochnosti uchastkov magistral'nogo gazoprovoda* [The effect of the actual patterns of distribution of the yield strength of steel 17G1S on the safety factor of main gas pipeline sections]. Exposition Oil Gas, 2019, issue 3, pp. 58–64.
9. Bertche B., Lechner G. *Zuverlässigkeit im Fahrzeug-und Maschinenbau*. Springer, 2004.
10. O'Connor P.D.T., Kleyner A. *Practical reliability engineering*. 5th ed. John Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom, 2012.
11. Syzrantsev V.N., Golofast S.L., Lysyanyy K.K., Nevelev Ya.P. *Issledovanie mekhanicheskikh kharakteristik trubnykh staley 17GS, 17G1S, 14KhGS posle dlitel'noy ekspluatatsii nefteprovodov* [Study of the mechanical characteristics of pipe steels 17GS, 17G1S, 14HGS after oil pipelines long-term operation]. Oil facilities, 2008, issue 3, pp. 98–100.
12. Birillo I.N., Yakovlev A.Ya., Teplinskiy Yu.A., Bykov I.Yu., Voronin. V.N. *Otsenka prochnostnogo resursa gazoprovodnykh trub s korrozionnymi povrezhdeniyami* [Assessment of the durability of gas pipes with corrosion damage]. Moscow: TsentrLitNefteGaz, 2008, 168 p.

XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



Нефтедобыча. Нефтепереработка. Химия.

ВСЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОТРАСЛИ

22–24 ОКТЯБРЯ 2019

• САМАРА •

УЧАСТНИКИ ВЫСТАВКИ:

АО «САМАРАНЕФТЕГАЗ»
АО «КУЙБЫШЕВСКИЙ НПЗ»
АО «НОВОКУЙБЫШЕВСКИЙ НПЗ»
АО «СЫЗРАНСКИЙ НПЗ»
АО «НОВОКУЙБЫШЕВСКАЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»
ООО «НОВОКУЙБЫШЕВСКИЙ ЗАВОД МАСЕЛ И ПРИСАДОК»
АО «САМАРАНЕФТЕПРОДУКТ»
ФИЛИАЛ ООО «РН-АЭРО» в г. САМАРА

АО «ОТРАДНЕНСКИЙ НПЗ»
АО «НЕФТЕГОРСКИЙ НПЗ»
ООО «САМАРАНИПНЕФТЬ»
ТПП «РИТЭК-САМАРА-НАФТА»
(ПАО «ЛУКОЙЛ»)
АО «ТРАНСНЕФТЬ-ПРИВОЛГА»
АО «ГИПРОВОСТОКНЕФТЬ»
ПАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ»

 **ЭКСПО-ВОЛГА**
организатор выставок с 1986 г.

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



СОЮЗ
НЕФТЕГАЗОПРОМЫШЛЕННИКОВ
РОССИИ

ул. Мичурина, 23а
тел.: (846) 207-11-45

www.expo-volga.ru