

Министерство нефтяной промышленности

ВНИИСТнефть

УТВЕРЖДЕН

первым заместителем министра  
нефтяной промышленности  
В.И.Игнатьевым  
24 октября 1984 года

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА

ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ПО КРИТЕРИЮ  
НАДЕЖНОСТИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

РД 39-30-1167-84

1985

**МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ВНИИСПТнефть**

**РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ**

**МЕТОДИКА  
ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ  
КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ  
ПО КРИТЕРИЮ НАДЕЖНОСТИ  
В ЭКСПЛУАТАЦИИ  
РД 39 - 30 - 1167 - 84**

1985

Настоящая Методика разработана в соответствии с утвержденным тематическим планом ВНИИСПНефть за 1962 г. и является исходным документом при определении оптимальных параметров комплектующих изделий магистральных нефтепроводов по заданному (требуемому) уровню надежности в эксплуатации.

Методика распространяется на оптимизацию параметров комплектующих изделий по критерию надежности в эксплуатации и устанавливает основные типы задач по оптимизации параметров и методы их решения.

Настоящая Методика предназначается для проектных и научно-исследовательских организаций в отрасли нефтепроводного транспорта.

Методика разработана авторским коллективом ВНИИСПНефть - Д.С.Маслов, зав.лабораторией; М.И.Султанов, м.н.с.; Манкеева, инженер.

## РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

### МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ПО КРИТЕРИЮ НАДЕЖНОСТИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

РД 39 - 30 - 1167 - 84

вводится впервые

Приказом Министерства нефтяной промышленности № 721  
от 06.12.84 г. срок введения установлен с 1.01.85 г.  
срок действия до 1.01.90 г.

#### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая Методика устанавливает общие правила оптимизации зависимых и независимых между собой параметров комплектующих изделий магистральных нефтепроводов по критерию надежности в эксплуатации.

1.2. Параметрами комплектующего изделия называют величины, количественно характеризующие надежность (безотказность, долговечность) этого изделия. Параметрами, количественно характеризующими надежность комплектующего изделия в эксплуатации, являются физико-механические и геометрические параметры материалов и самого изделия. Показатель надежности изделия является функцией ее параметров.

1.3. Параметры, определяющие надежность комплектующих изделий в эксплуатации, выбираются для оптимизации с условием удовлетворения следующих требований:

значения параметров должны определяться с использованием на-

мерительного, регистрационного и расчетного методов в соответствии с ГОСТ 15467-79 и РД 50-149-79;

параметры должны быть однозначными, т.е. каждый из них должен характеризовать одно из физико-механических или геометрических свойств изделия;

статистические ошибки измерений при оценке параметров должны быть несмещенными и эффективными;

количественные значения параметров должны быть ограничены пределами эксплуатационных допусков.

I.4. Методика оптимизации параметров комплектующих изделий устанавливает:

тип задачи;

математическую формулировку задачи и уравнения, определяющую оптимальные величины параметров.

I.5. Решение уравнений осуществляется численными методами или путем построения экспериментальных зависимостей. Допустимое для условий эксплуатации значение параметра определяется при фиксированных значениях остальных из совокупности физико-механических и геометрических параметров изделия и при определенных нагрузках и воздействиях.

Расчет эксплуатационных допусков на геометрические параметры основного металла и сварных швов труб нефтепровода с использованием экспериментальных и расчетных зависимостей приведен в приложении I.

I.6. Методика может быть использована в случае, когда требования к надежности комплектующих изделий относительно постепенных отказов преобладают над требованиями относительно внезапных отказов. Предполагается, что требования к надежности относительно внезапных отказов определены.

1.7. Минимальные значения параметров комплектующих изделий определяются на базе заданных величин показателей, характеризующих надежность изделий. Показателями, характеризующими надежность изделий являются:

вероятность безотказной работы  $P_n(t)$  или запас надежности  $K_n$  при  $0 < P_n(t) < 1$ ;

фиксированное значение времени  $T_{\phi}$  (установленное, назначенное или предельное значение времени);

запас надежности  $K_n$  при  $P_n(t) = 1$ .

1.8. На базе данной методики должны проводиться расчеты по определению эксплуатационных допусков на параметры конкретных комплектующих изделий с учетом анализа статистических закономерностей отказов и физики отказов.

1.9. Термины и определения, а также условные обозначения, принятые в методике, приведены в приложениях 2 и 3.

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ЗАДАЧ

2.1. Классификация производится по характеристикам, приведенным в таблицах 1 и 2.

2.2. Примеры, поясняющие составление классификационного кода для конкретной задачи:

необходимо определить минимальное или максимальное значение независимого параметра для обеспечения требуемой вероятности безотказной работы. По таблице 1 эта задача обозначается кодом 000;

необходимо определить минимальное и максимальные значения зависимого параметра для обеспечения требуемого фиксированного значения времени эксплуатации изделия. По таблице 1 эта задача обозначается кодом III;

Параметр, для которого определяется допустимое значение	Пределы допуска на параметр	Показатель надежности	Классификационный код
0. Независимый параметр I. Зависимый параметр	0. Минимальное или максимальное значение параметра I. Минимальное и максимальное значения параметра	0. Вероятность безотказной работы (запас надежности при $0 < P(t) < 1$ ) I. Фиксированное значение времени $T_{\varphi}$ 2. Запас надежности при $P_H(t) = 1$	

Таблица основных типов задач по оптимизации параметров

Номер задачи	Код	Критерий оптимальности	Ограничения	Заданные величины и функции	Искомые параметры
1.	000	—	$P_H = P\{y_j(t) < a_j\}$ или $P_H = P\{y_j(t) > a_j\}$ при $0 < t \leq T_\varphi$	$P_{H,зад}, T_\varphi, y_j(t)$ , где $j=1,2,\dots,m$	$a_j$
2.	010	$\min \sum_{\mu=1}^n \beta_\mu(a_{j,min}, a_{j,max})$	$P_H = P\{a_{j,min} < y_j(t) < a_{j,max}\}$ при $0 < t \leq T_\varphi$	$P_{H,зад}, T_\varphi, y_j(t)$	$a_{j,min},$ $a_{j,max}$
3.	001	—	$y_j(t) < a_j$ или $y_j(t) > a_j$	$T_\varphi = f(P_{H,зад})$ или $T_\varphi = f(K_{H,зад}); y_j(t)$	$a_j$
4.	011	$\min \sum_{\mu=1}^n \beta_\mu(a_{j,min}, a_{j,max})$	$a_{j,min} < y_j(t) < a_{j,max}$	$T_\varphi = f(P_{H,зад})$ или $T_\varphi = f(K_{H,зад}); y_j(t)$	$a_{j,min},$ $a_{j,max}$
5.	002	—	$K_H = K\{y_j(t) < a_j\}$ или $K_H = K\{y_j(t) > a_j\}$ при $0 < t \leq T_\varphi$	$K_{H,зад}, T_\varphi, y_j(t)$	$a_j$

2



Номер задачи	Код	Критерий оптимальности	Ограничения	Заданные величины и функции	Искомые величины
6.	100	—	$P_H = P\{y_j[x_i(t)] < b_j\} \text{ или}$ $P_H = P\{y_j[x_i(t)] > b_j\}$ при $x_i(t) < C_i$ , или $x_i(t) > C_i$ , $0 \leq t \leq T_{\text{ф}}$	$P_{H \text{ зад}}, T_{\text{ф}}, y_j[x_i(t)],$ где $i=1, 2, \dots, n$ , $j=1, 2, \dots, m$	$b_j$
7.	110	$\min \sum_{\mu=1}^r z_{\mu}(b_{j \text{ min}}, b_{j \text{ max}})$	$P_H = \{b_{j \text{ min}} < y_j[x_i(t)] <$ $< b_{j \text{ max}}\} \text{ при } x_i(t) < C_i,$ или $x_i(t) > C_i$ , $0 \leq t \leq T_{\text{ф}}$	$P_{H \text{ зад}}, T_{\text{ф}}, y_j[x_i(t)]$	$b_{j \text{ min}},$ $b_{j \text{ max}}$
8.	101	—	$y_j[x_i(t)] < b_j \text{ или}$ $y_j[x_i(t)] > b_j \text{ при}$ $x_i(t) < C_i \text{ или } x_i(t) > C_i$	$T_{\text{ф}} = f(P_H \text{ зад}) \text{ или}$ $T_{\text{ф}} = f(K_H \text{ зад}),$ $y_j[x_i(t)]$	$b_j$
9.	111	$\min \sum_{\mu=1}^r z_{\mu}(b_{j \text{ min}}, b_{j \text{ max}})$	$b_{j \text{ min}} < y_j[x_i(t)] < b_{j \text{ max}}$ при $x_i(t) < C_i$ или $x_i(t) > C_i$	$T_{\text{ф}} = f(P_H \text{ зад}) \text{ или}$ $T_{\text{ф}} = f(K_H \text{ зад}),$ $y_j[x_i(t)]$	$b_{j \text{ min}}$ $b_{j \text{ max}}$
10.	102	—	$K_H = K\{y_j[x_i(t)] < b_j\} \text{ или}$ $K_H = K\{y_j[x_i(t)] > b_j\} \text{ при}$ $x_i(t) < C_i \text{ или } x_i(t) > C_i,$ $0 \leq t \leq T_{\text{ф}}$	$K_H \text{ зад}, T_{\text{ф}}, y_j[x_i(t)]$	$b_j$

Необходимо определить минимальное или максимальное значение независимого параметра для обеспечения требуемого значения коэффициента запаса надежности. По таблице I эта задача обозначается кодом 002.

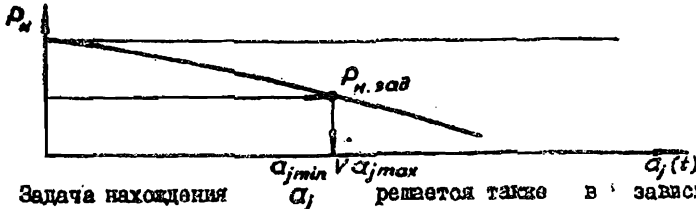
### 3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

#### 3.1. Задачи типа 000.

Решается уравнение

$$P_N [a_j = a_{jmin} \vee a_{jmax}] = P_{N.зад}. \quad (1)$$

относительно  $a_j$  численным методом или путем построения экспериментальной зависимости  $P_N [a_{jmin} \vee a_{jmax}]$ , приведенной в качестве примера на чертеже



Задача нахождения  $a_j$  решается также в зависимости от коэффициента запаса надежности  $K_N(a_j)$  при  $0 < P_N(t) < 1$ :

$$P_N(a_j) = P_N [K_N(a_j)], \quad (2)$$

$$K_N(a_j) = K_{N.зад}. \quad (3)$$

## 3.2. Задачи типа ОГО.

Решается уравнение

$$\rho_n(a_{jmin}, a_{jmax}) = \rho_{n,зав}. \quad (4)$$

относительно  $a_{jmin}$  и  $a_{jmax}$ . В качестве дополнительного условия вводится критерий оптимальности

$$\min \sum_{\mu=1}^r 3_{\mu}(a_{jmin}, a_{jmax}).$$

Поиск оптимального решения задачи представляет многошаговый процесс и может быть осуществлен с помощью динамического программирования.

Приближенное решение задачи осуществляется методом равного отклонения от центра распределения и заключается в следующем. Допуская нормальное распределение значения параметра, имеем следующее соотношение (вероятность того, что параметр  $a_j$  будет лежать в допустимых границах):

$$P(a_{jmin} < a_j < a_{jmax}) = \Phi\left(\frac{a_{jmax} - \bar{a}_j}{\sigma_{a_j}}\right) - \Phi\left(\frac{\bar{a}_j - a_{jmin}}{\sigma_{a_j}}\right), \quad (5)$$

$$\text{где } \Phi(a_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a_j} e^{-\frac{w^2}{2}} dw. \quad (6)$$

Когда участок ( $a_{jmin}$  и  $a_{jmax}$ ) расположен симметрично центру рассеивания  $\bar{a}_j$ , то

$$a_{jmin} = \bar{a}_j - u_r \cdot \sigma_{a_j}, \quad (7)$$

$$a_{jmax} = \bar{a}_j + u_r \cdot \sigma_{a_j}. \quad (8)$$

## II

### 3.3. Задачи ООI, ОII.

Задачи типов ООI, ОII решаются аналогично задачам типов ООO, ОIО соответственно, но вместо вероятности безотказной работы  $P_N(t)$  в условиях задачи задается фиксированное значение времени  $T_\varphi$ .

Для задачи типа ООI в зависимости от знака скорости  $V$  изменяется значение параметра и при условии, что разброс скоростей незначительный

$$a_j = a_{jmin} = a_j(t=0) - \bar{v}_{a_j} \cdot T_\varphi \quad (\text{при } v_{a_j} < 0), \quad (9)$$

или

$$a_j = a_{jmax} = a_j(t=0) + \bar{v}_{a_j} \cdot T_\varphi \quad (\text{при } v_{a_j} > 0). \quad (10)$$

Для задачи типа ОII соответственно

$$\left. \begin{aligned} a_{jmin} &= a_j(t=0) - \bar{v}_{a_j} \cdot T_\varphi \\ a_{jmax} &= a_{j\varphi} \end{aligned} \right\} (\text{при } v_{a_j} < 0); \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} a_{jmax} &= a_j(t=0) + \bar{v}_{a_j} \cdot T_\varphi \\ a_{jmin} &= a_{j\varphi} \end{aligned} \right\} (\text{при } v_{a_j} > 0). \quad (12)$$

## 3.4. Задачи типа 002.

Задача типа 002 решается аналогично задаче 000, но вместо вероятности безотказной работы  $P_N(t)$  в условии задачи задается коэффициент запаса надежности  $K_{н.зад.}$  при  $P_N(t) = 1$ .

## 3.5. Задачи типа 100.

Решается уравнение

$$P_N(\theta_j) = P_{н.зад.} \quad \text{или} \quad (13)$$

$$K_{н.зад.} = K_{н.зад.} \quad (\text{при } 0 < P(t) < 1). \quad (14)$$

аналогично задаче типа 000 с учетом зависимостей отклонений определяющего параметра  $\theta_j$  от отклонений (приращений) зависимых параметров  $C_1, C_2, \dots, C_i, \dots, C_n$ .

Величина отклонения определяющего параметра в зависимости от отклонения зависимых параметров определяется

$$\Delta \bar{\theta}_j = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \theta_j}{\partial C_i} \right) \Delta \bar{C}_i. \quad (15)$$

Среднеквадратическое отклонение определяющего параметра

$$\sigma_{\theta_j} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \theta_j}{\partial C_i} \right)^2 \cdot \sigma_{C_i}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \left( \frac{\partial \theta_j}{\partial C_i} \right) \left( \frac{\partial \theta_j}{\partial C_k} \right) \cdot \sigma_{C_i} \cdot \sigma_{C_k} \cdot r_{ik}}. \quad (16)$$

При условии независимости между собой параметров

$$\sigma_{\theta_j} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \theta_j}{\partial C_i} \right)^2 \cdot \sigma_{C_i}^2}. \quad (17)$$

Необходимые значения вероятностных характеристик зависимых параметров от определяющего параметра (приращение среднего значения  $\Delta \bar{C}_i$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{C_i}$ ) находятся путем статистической обработки данных, получаемых в результате экспериментальных исследований.

В случае односторонних ограничений, т.е. при

$$b_j = b_{j \min} = \bar{b}_j + \Delta \bar{b}_j - u_{\tau} \cdot \sigma b_j \quad (18)$$

или

$$b_j = b_{j \max} = \bar{b}_j + \Delta \bar{b}_j + u_{\tau} \cdot \sigma b_j. \quad (19)$$

### 3.6. Задачи типа IIО.

Задача нахождения  $b_{j \min}$  и  $b_{j \max}$  решается методами, изложенными для задач типа CIО и IOO.

Приближенно задача решается методом равного отклонения от центра распределения, использованным при решении задач типа CIО.

Когда участок ( $b_{j \min}$ ,  $b_{j \max}$ ) расположен симметрично около центра рассеивания  $\bar{b}_j$ , то

$$b_{j \min} = \bar{b}_j + \Delta \bar{b}_j - u_{\tau} \cdot \sigma b_j, \quad (20)$$

$$b_{j \max} = \bar{b}_j + \Delta \bar{b}_j + u_{\tau} \cdot \sigma b_j. \quad (21)$$

### 3.7. Задачи типов IOI, III.

Задачи типов IOI, III решаются аналогично задачам типа IOO, IIО соответственно, но вместо вероятности безотказной работы  $P_H(t)$  или  $K_H$  в условиях задач задается фиксированное значение времени  $T_{\varphi}$ .

Для задач типа IOI, в зависимости от знака скорости изменения значения параметра, искомая величина определяется по формуле

$$b_j = b_{j \min} = b_j(t=0) + \Delta \bar{b}_j - \bar{v}_{b_j} T_{\varphi} \quad (\text{при } v_{b_j} < 0) \quad (22)$$

или

$$b_j = b_{j \max} = b_j(t=0) + \Delta \bar{b}_j + \bar{v}_{b_j} T_{\varphi} \quad (\text{при } v_{b_j} \geq 0). \quad (23)$$

Для задач типа III соответственно

$$\left. \begin{aligned} \delta_{jmin} &= \delta_j(t=0) + \Delta\bar{\delta}_j - \bar{V}_{\delta_j} \cdot T_{\varphi} \\ \delta_{jmax} &= \delta_{j\varphi} \end{aligned} \right\} \text{(при } v_{\delta_j} < 0), \quad (24)$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_{jmax} &= \delta_j(t=0) + \Delta\bar{\delta}_j + \bar{V}_{\delta_j} \cdot T_{\varphi} \\ \delta_{jmin} &= \delta_{j\varphi} \end{aligned} \right\} \text{(при } v_{\delta_j} \geq 0). \quad (25)$$

### 3.8. Задачи типа IO2.

Задача типа IO2 решается аналогично задаче IOO, но вместо вероятности безотказной работы  $P_N(t)$  в условии задачи задается коэффициент запаса надежности  $K_{н.з.п.д}$  при  $P_N(t) = 1$ .

## Приложение I

## Расчет эксплуатационных допусков на геометрические параметры локальных зон металла и сварных швов труб

Надежность (безотказность) труб в реальных условиях эксплуатации определяется уровнем концентрации деформации в локальных зонах металла труб, а следовательно, геометрическими размерами дефектов и различного рода повреждений.

Для случая малоциклового нагружения, когда в зоне концентратора напряжений реализуется схема жесткого нагружения, величина теоретического коэффициента концентрации напряжений в локальных зонах металла и сварных швов определяется по соотношению Нейбера:

$$\alpha_{\sigma}^2 = K_E \cdot K_{\sigma}. \quad (26)$$

В свою очередь  $\alpha_{\sigma}$  есть функция параметров, характеризующих зону концентрации напряжений

$$\alpha_{\sigma} = f(C_1, C_2, \dots, C_n). \quad (27)$$

где  $K_{\sigma}$  — коэффициент концентрации напряжений;

$K_E$  — коэффициент концентрации деформации;

$C_1, C_2, \dots, C_n$  — отдельные геометрические параметры, характеризующие локальные зоны металла и сварных швов труб.

Связь между средним значением теоретического коэффициента концентрации напряжений и коэффициентом запаса по деформации или вероятностью безотказной работы за заданное число циклов



нагружения определяется на основе уравнения Коффина - Мэнсона

$$\bar{\alpha}_\sigma = f(\bar{C}_1, \bar{C}_2, \dots, \bar{C}_n) = \left[ \frac{N_{\text{доп}}^{-m} \cdot \bar{\chi} \cdot K_\sigma}{K_N \cdot \bar{\epsilon}_{\text{раб}}} - \bar{\epsilon}_{\text{раб}}^2 (K_N^2 A_\sigma^2 + K_N^2 A_{K_\sigma}^2 + A_{\epsilon_{\text{раб}}}^2) \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (28)$$

где  $N_{\text{доп}}$  - допустимое (предельное) число циклов нагружения внутренним давлением нефтепровода;

$m$  - коэффициент, учитывающий влияние различных внешних условий;

$\bar{\chi}$  - среднее значение коэффициента, характеризующего пластические свойства материала труб;

$\bar{\epsilon}_{\text{раб}}$  - среднее значение рабочих деформаций в материале и сварных швах труб;

$A_c, A_{K_\sigma}, A_{\epsilon_{\text{раб}}}$  - коэффициенты изменчивости, соответствующие характеристикам  $c, K_\sigma, \epsilon_{\text{раб}}$ ;

$K_N = \frac{\bar{\epsilon}_{\text{доп}}}{\bar{\epsilon}_{\text{раб}}}$  - коэффициент запаса по деформации, равный отношению среднего значения допустимой (предельной) деформации в локальной зоне металла или сварного шва  $\bar{\epsilon}_{\text{доп}}$  к  $\epsilon_{\text{раб}}$ .

Для случая нормального закона распределения  $\epsilon_{\text{доп}}$  и  $\epsilon_{\text{раб}}$  устанавливается связь между  $K_N$  и  $P(N_{\text{доп}})$  в виде

$$\Phi[u_T(K_N)] = P_N(N_{\text{доп}}) - \frac{1}{2}, \quad (29)$$

где  $\Phi[u_T(K_N)]$  - нормированная функция Лапласа;

$u_T$  - табулированное значение функции в зависимости от величины  $K_N$  или  $P_N(N_{\text{доп}})$ .

В данном случае среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{\alpha_{\sigma}}$  вычисляется с учетом некоррелированности параметров, входящих в (28), по следующей зависимости:

$$\sigma_{\alpha_{\sigma}}^2 = \frac{N_{\text{дол}}^{-m} \cdot \bar{K}_{\sigma}}{K_N \cdot \bar{\epsilon}_{\text{раб}}} \cdot \sigma_{\bar{K}}^2 + \frac{N_{\text{дол}}^{-m} \cdot \bar{X}}{K_N \cdot \bar{\epsilon}_{\text{раб}}} \cdot \sigma_{\bar{X}}^2 + \frac{N_{\text{дол}}^{-m} \cdot \bar{K}_{\sigma}}{K_N \cdot \bar{\epsilon}_{\text{раб}}} \cdot \sigma_{\bar{\epsilon}}^2 \cdot \sigma_{\bar{\epsilon}_{\text{раб}}}^2 \quad (30)$$

Второй член формулы (30) исключается из расчета из-за незначительного влияния на  $\alpha_{\sigma}$ .

Минимальное допустимое значение  $\alpha_{\sigma \text{ min}}$  определяется по методу равных аргументов по формуле

$$\alpha_{\sigma \text{ min}} = \bar{\alpha}_{\sigma} - u_T \cdot \sigma_{\alpha_{\sigma}} \quad (31)$$

Зависимости (28) - (31) позволяют провести количественный расчет эксплуатационных допусков на геометрические параметры локальных зон металла и оварных швов труб, предварительно установив экспериментально-функциональную зависимость (27).

Проведенные нами экспериментальные работы позволили установить зависимость радиуса закругления в зоне сопряжения усиления продольного шва с основным металлом  $\rho$  от  $\alpha_{\sigma}$  при фиксированных значениях других геометрических параметров оварного шва труб.

$$\rho = \frac{4,26 \cdot S + 0,818u + 0,0716d - 0,725 - \alpha_{\sigma}}{3,756} \quad (32)$$

где  $S$  - смещение кромок по высоте в сварном соединении;

$u$  - степень овализации (угловатости) сечения трубы;

$d$  - полуширина шва сварного соединения.

Предполагается, что угол перехода от шва к основному металлу больше прямого.

В качестве примера проведем расчет допустимого значения радиуса закругления в зоне сопряжения усиления шва с основным металлом.

Требуется выбрать такое минимальное допустимое значение радиуса  $\rho$  при фиксированных значениях других геометрических параметров сварного шва и самой трубы, чтобы обеспечить безотказную работу труб при  $N_{\text{дол}} = 12000$  циклов,  $K_{н.шв.} = 1,16$  ( $P_{н.}(N_{\text{дол}}) = 0,9986$ ,  $u_7 = 3$ ). Эта задача относится к типу 002.

Принимаем следующие исходные данные:

величину рабочей деформации определяем, исходя из величины кольцевых напряжений в упругой области  $\bar{\epsilon}_{раб} = 0,0011$ ;

Средние значения коэффициентов соответственно равны

$$\bar{\chi} = 0,505; \quad \bar{K}_{\sigma} = 1,5; \quad m = 0,52 = const;$$

значения коэффициентов изменчивости характеристик  $\chi$ ,  $K_{\sigma}$ ,  $\epsilon_{раб}$  соответственно равны  $A_{\chi} = 0,0326$ ;

$$A_{K_{\sigma}} = 0,062; \quad A_{\epsilon_{раб}} = 0,059;$$

Принимаются следующие фиксированные значения геометрических параметров сварного шва и самой трубы, оказывающих влияние на допустимое значение радиуса закругления:  $S = 0,5$  мм;  $u = 1\%$ ;

$$\alpha = 12 \text{ мм.}$$

На основании зависимостей (28), (31) и принятых исходных данных получены следующие искомые результаты  $\bar{\alpha}_{\sigma} = 2,1$  и

$$\alpha_{\sigma \min} = 1,7.$$

Минимальное допустимое значение радиуса закругления в зоне сопряжения усиления шва с основным металлом, согласно (32) при

$$\alpha_{\sigma \min}, \text{ равно } \rho_{\min} = 0,35 \text{ мм.}$$

## Приложение 2

## Термины и определения, используемые в методике

№ п/п	Т е р м и н	О п р е д е л е н и е
1	2	3
1.	Надежность	По ГОСТ 27.002-83.
2.	Безотказность	По ГОСТ 27.002-83.
3.	Долговечность	По ГОСТ 27.002-83.
4.	Отказ	По ГОСТ 27.002-83.
5.	Внезапный отказ	Отказ, возникший в результате скачкообразного изменения значений одного или нескольких параметров комплектующего изделия.
6.	Постепенный отказ	Отказ, возникший в результате постепенного изменения значения одного или нескольких параметров комплектующего изделия.
7.	Вероятность безотказной работы	По ГОСТ 27.002-83.
8.	Запас надежности	Отношение допустимого (предельного) среднего значения величины, характеризующей конкретный физико-химический процесс за определенный промежуток времени к рабочей (экстремальной) величине, определенной для условий эксплуатации.
9.	Допуск	Разность между максимальным и минимальным допустимыми значениями параметра.
10.	Эксплуатационный допуск	Разность между максимальным и минимальным допустимыми в эксплуатации значениями параметра.

## Приложение 3

Условные обозначения, принятые в методике

Условные обозначения	Наименование условного обозначения
1	2
$y_j$	$j$ - й независимый параметр.
$\alpha_{j \min}, \alpha_{j \max}$	Минимальное и максимальное граничные значения параметра $y_j$ , определяющие эксплуатационный допуск.
$x_i$	$i$ - й зависимый параметр.
$\beta_{j \min}, \beta_{j \max}$	Минимальное и максимальное граничные значения параметра $y_j [x_i]$ , определяющие эксплуатационный допуск.
$Z_{\mu}(\alpha_{j \min}, \alpha_{j \max})$	Критерий оптимальности, выражающий зависимость между стоимостью и допустимым значением параметра $y_j$ .
$Z_{\mu}(\beta_{j \min}, \beta_{j \max})$	Критерий оптимальности, выражающий зависимость между стоимостью и допустимым значением параметра.
$P_{н.зад.}$	Заданная (требуемая) величина вероятности безотказной работы.
$K_{н.зад.}$	Заданная (требуемая) величина коэффициента запаса надежности.
$T_{ф.}$	Фиксированное значение времени.
$\alpha_{jф.}$	Фиксированное нижнее или верхнее значение параметра $\alpha_j$ .
$\beta_{jф.}$	Фиксированное нижнее или верхнее значение параметра $\beta_j$ .
$\bar{v}_{\beta_j}$	Среднее значение скорости изменения параметра $\beta_j$ во времени.
$\bar{v}_{\alpha_j}$	Среднее значение скорости изменения параметра $\alpha_j$ во времени.

## Продолжение приложения 3

		1	2
$u_{T_1}$ , $u_{T_2}$ , $u_{T_3}$		Коэффициенты, принимающие различные значения в зависимости от величины заданного уровня надежности $\rho_{н.зад.}$ или $K_{н.зад.}$ .	
$\Delta \bar{C}_i$		Изменение среднего значения зависимого параметра $C_i$ вследствие технологических отклонений, старения, усталости и других физико-химических закономерностей.	
$\sigma_{a_j}$		Среднеквадратическое отклонение параметра $a_j$ .	
$\sigma_{b_j}$		Среднеквадратическое отклонение параметра $b_j$ .	
$\sigma_{C_i}$ , $\sigma_{C_k}$		Среднеквадратические отклонения параметров $C_i$ и $C_k$ .	
$r_{ik}$		Коэффициент корреляции между параметрами $C_i$ и $C_k$ .	
$r$		Количество составляющих затрат эксплуатации.	
$n$		Число зависимых параметров.	

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения	<u>3</u>
2. Классификация основных типов задач	<u>5</u>
3. Методы решения	<u>9</u>
Приложение 1. Расчет эксплуатационных допусков на геометрические параметры локальных зон металла и сварных швов труб	<u>15</u>
Приложение 2. Термины и определения, используемые в методике	<u>19</u>
Приложение 3. Условные обозначения, принятые в методике	<u>20</u>

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ  
МЕТОДИКА  
ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ КВЕТТЕПРОВОДОВ ПО КРИТЕРИЮ  
НАДЕЖНОСТИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

РД 39-30-1167-84

Издание ВНИСИГнефти  
450055, г.Уфа, пр.Октября, 144/3

Редактор Батурина Л.В.

Технический редактор Кучерова Л.А.

---

Подписано к печати 18.01.85г. ПОЗІ29

Форма 60x90/16. Уч.-изд.л. 1,2. Тираж 107 экз.

Заказ 30

---

Готапринт ВНИСИГнефти