РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СОСУДОВ И АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ В КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫХ СЕРОВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ

РД 26-02-62-98

АО ВНИИНЕФТЕМАШ

Москва 1998

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ТК 260 «Оборудование
химическое и нефтегазоперерабатывающее»
_____ В А Заваров
10.11 98

Лист утверждения.

Расчет на прочность элементов сосудов и аппаратов, работающих в коррозионно-активных сероводо-родосодержащих средах.

РД 26-02-62-98

Исполнители:

ЗАО «Петрохим инжиниринг»

Генеральный директор, к т н
_____ А Г Вихман.

Начальник отдела прочности, к. т н
_____ С Н. Зусмановская.

Старший научный сотрудник
_____ И Э Зейде.

Главный специалист по сварке
_____ Б Ф Корнеев

АООТ «ВНИИНЕФТЕМАШ»

Заместитель генерального директора
_____ В Н Ермолаев

Заведующий отделом № 30
_____ Ю С Медведев

Заведующий лабораторией
_____ А Н Бочаров

Старший научный сотрудник
_____ Б С Вольфсон

Главный конструктор
_____ Б Р Павловский

Заведующий лабораторией № 93
_____ Т В Булчинская

Ведущий инженер лаборатории № 93
_____ Н Д Джалилова

УДК

Группа Г40

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Расчет на прочность элементов сосудов и аппаратов, работающих в коррозионно-активных сероводородосодержащих средах

РД 26-02-62-98

Срок введения с 99-01-01

Настоящий руководящий документ устанавливает нормы и методы расчета на прочность сосудов и аппаратов из углеродистых и низколегированных сталей, работающих в условиях воздействия статических и повторно-статических нагрузок при температурах не выше 200 °С в коррозионно-активных сероводородосодержащих средах.

Общий принцип подхода к расчету, использованный в настоящем руководящем документе, состоит в ограничении величин растягивающих напряжений в элементах, контактирующих с коррозионно-активными сероводородосодержащими средами, в дополнение к обычному расчету по предельному состоянию, выполняемому в соответствии с действующей нормативно-технической документацией. При этом, необходимые коэффициенты запаса прочности в рабочих условиях назначаются в зависимости от группы блока или аппарата по РД 26-02-63, а влияние характера напряженно-деформированного состояния на прочность элемента при оценке условных упругих напряжений учитывается введением дополнительных коэффициентов к значениям допускаемых напряжений

Настоящий руководящий документ действителен при соблюдении требований РД 26-02-63 "Технические требования к конструированию и изготовлению блоков, сосудов и аппаратов, работающих под давлением в коррозионно-активных сероводородосодержащих средах".

ОАО "НИИхиммаш"
зарегистрировано № 107 99.04.14
Заместитель генерального директора
В.В. Раков

1. Общие требования

1.1. Допускаемые напряжения, коэффициенты запаса прочности

1 1.1 Допускаемые напряжения в рабочих условиях $[\sigma]$ при расчете по предельным нагрузкам элементов сосудов и аппаратов из углеродистых и низколегированных сталей, работающих при статических и повторно-статических нагрузках и температурах не выше 200 °С в коррозионно-активных сероводородосодержащих средах определяются по формуле

$$[\sigma] = Min\left(\frac{R_e; R_{p0,2}}{n_T}; \frac{R_m}{n_B}\right)$$

где. n_T, n_B - коэффициенты запаса прочности, определяемые в соответствии с п.1.1.2 настоящего руководящего документа.

Допускаемые напряжения для условий монтажа, гидро- и пневмоиспытаний и коэффициенты запаса устойчивости определяются по ГОСТ 14249-89.

1.1 2. Коэффициенты запаса прочности в рабочих условиях должны соответствовать таблице:

Таблица

	Коэффициенты запаса прочности	
Группа блока или аппарата	n_T	n_B
I	2	3
II	1 8	3
III, IV	1 6	2 6

1 1 3 Расчетные значения предела текучести, временного сопротивления и коэффициентов линейного расширения для сталей, широко используемых в химическом, нефтяном и газовом машиностроении принимаются в соответствии с приложениями 2,3 к ГОСТ 14249

1 1 4 Разрешается допускаемые напряжения в рабочих условиях при расчетной температуре 20 °С определять по п 1 1 1 настоящего руководящего документа, принимая гарантированные значения механических харак-

теристик в соответствии со стандартами или техническими условиями на стали с учетом толщины листового проката

1.1.5. Механические характеристики при повышенных температурах, принимаемые с учетом толщины проката и групп прочности стали, включая механические характеристики сталей, отсутствующих в приложениях 2,3 к ГОСТ 14249, разрешается определять либо по нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке, либо путем проведения испытаний представительного количества образцов, обеспечивающего гарантированные значения прочностных свойств.

1.1.6 Величины расчетных температур, рабочего, расчетного и пробного давления, расчетных усилий и моментов, а также прибавок к расчетным толщинам конструктивных элементов определяются в соответствии с ГОСТ 14249.

1.1.7. Для элементов сосудов и аппаратов, рассчитываемых не по предельным нагрузкам, например фланцевых соединений, критерии прочности, допускаемые напряжения и коэффициенты запаса должны определяться по соответствующей нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке, если только в настоящем руководящем документе не оговорены иные требования.

1.2. Расчет обечаек и днищ

1.2.1. Расчет обечаек и днищ производится по ГОСТ 14249. При этом используются величины допускаемых напряжений, определенные в соответствии с п.1.1 настоящего руководящего документа.

1.2.2. Определенные в соответствии с п.1.2.1 толщины цилиндрических обечаек в местах присоединения плоских отбортованных днищ подлежат дополнительной проверке с учетом концентрации напряжений по п.2.1 настоящего руководящего документа.

1.3 Расчет укрепления отверстий

1.3.1. Расчет укрепления отверстий в обечайках и днищах производится по ГОСТ 24755 и РД 26 260.05 с последующей проверкой условий прочности по п.3.1 настоящего руководящего документа.

1.4. Расчет фланцевых соединений

1.4.1. Расчет фланцевых соединений сосудов и аппаратов в условиях монтажа до подачи среды производится в полном соответствии с РД 26-15 независимо от группы аппаратов.

1.4.2. Коэффициенты запаса и допускаемые напряжения для шпилек (болтов) в рабочих условиях следует определять по п.п. 2.1, 2.2, 2.3 и 2.4 РД 26-15.

1.4.3. Проверка прочности приварных встык фланцев в рабочих условиях производится в соответствии с п.4 настоящего руководящего документа.

1.4.4. При выборе и расчете фланцевых соединений штуцеров и арматуры следует принимать величины допускаемых напряжений в рабочих условиях, не превышающие значений, определенных в соответствии с п.1.1 настоящего руководящего документа.

1.5. Расчет элементов теплообменных аппаратов.

1.5.1. Расчет элементов теплообменных аппаратов типа ТН и ТК производится по РД 26-14. При этом, следует использовать величины допускаемых напряжений, определенные в соответствии с п.1.1 настоящего руководящего документа, а величины допускаемых амплитуд условных упругих напряжений принимать равными $0.65[\sigma]$.

1.5.2. Расчет трубных решеток и теплообменных труб аппаратов типа ТП и TU следует производить в соответствии с РД 26-14 с дополнительной проверкой напряжений по п.5 настоящего руководящего документа.

2. Определение напряжений в цилиндрической обечайке в зоне концентрации в месте присоединения плоского отбортованного днища.

2.1. Напряжения в месте присоединения плоского отбортованного днища к цилиндрической обечайке должны отвечать условию

$$\alpha_{\partial} P \frac{D+s-c}{2(s-c)} \le 1.5[\sigma] \qquad (1)$$

Коэффициент α_∂ определяется по графику рис 1 в зависимости от величины $\frac{r_B(s-c)}{(D+s-c)^2}$, величина $[\sigma]$ определяется по п 1.1 настоящего руководящего документа.

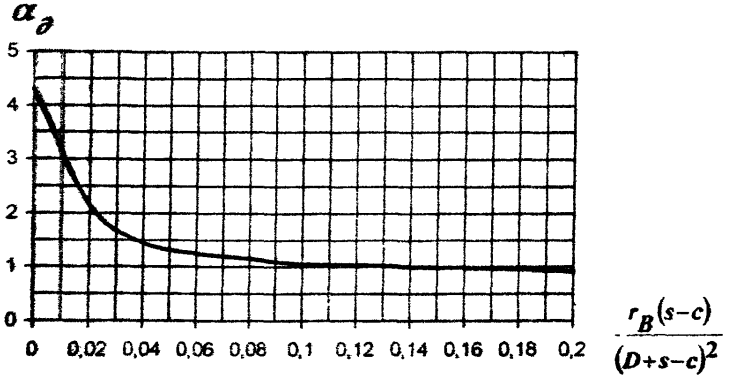

Рис. 1

3. Проверка напряжений в местах врезки штуцеров и люков.

3.1. Расчетное напряжение в месте врезки штуцера или люка в цилиндрическую обечайку должно отвечать условию:

$$K \cdot p \frac{D_p + s - c}{2(s-c)} \le 1.5[\sigma]\chi_1 \qquad (2)$$

3.2. Расчетное напряжение в месте врезки штуцера или люка в эллиптическое или полусферическое днище должно отвечать условию:

$$K_\Delta \cdot p \frac{D_p + (s-c)}{4(s-c)} \le 1.5[\sigma]\chi_1 \qquad (3)$$

Коэффициенты K, K_{Δ} определяются по графикам рис. 2 - 13 в зависимости от отношений $\frac{d_p}{D_p}$, $\frac{s-c}{D}$ и $\frac{s_1-c_s}{s-c}$. Величины D_p, d_p и χ_1 определяются по ГОСТ 24755, а величина $[\sigma]$ - по п.1.1 настоящего руководящего документа.

При $\frac{d_p}{D_p} < 0.05$ величины K_{Δ} следует принимать как для отношения $\frac{d_p}{D_p} = 0.05$ для соответствующих значений $\frac{s-c}{D}$ и $\frac{s_1-c_s}{s-c}$.

3.3. В случае использования накладного кольца шириной не менее $\sqrt{D_p(s-c)}$ допускается в формулах (2) и (3), а также при определении коэффициентов K, K_{Δ} по графикам на рис. 2 - 13 вместо $(s-c)$ подставлять $(s+s_2-c)$.

3.4. При использовании наклонных и тангенциальных штуцеров, а также узлов врезки иных конструкций, отличающихся от рассматриваемых в п.п. 3.1-3.3, допускается производить определение расчетных растягивающих напряжений на внутренних поверхностях узлов врезок численными методами с использованием ЭВМ, с последующей оценкой полученных результатов в соответствии с п.п. 3.1, 3.2 настоящего руководящего документа.

4. Условие прочности приварного встык фланца в рабочих условиях.

4.1 Условие прочности в сечении S_1:

$$\sigma_{s1} = Max\left\{\begin{array}{l}\sqrt{(\sigma_{11}+\Delta\sigma_{11})^2+(\sigma_{13}+\Delta\sigma_{13})^2-(\sigma_{11}+\Delta\sigma_{11})(\sigma_{13}+\Delta\sigma_{13})} \\ \sqrt{(\sigma_{12}+\Delta\sigma_{12})^2+(\sigma_{14}+\Delta\sigma_{14})^2-(\sigma_{12}+\Delta\sigma_{14})(\sigma_{12}+\Delta\sigma_{14})}\end{array}\right\} \leq$$

$$\leq [\sigma] \qquad (4)$$

Коэффициент K

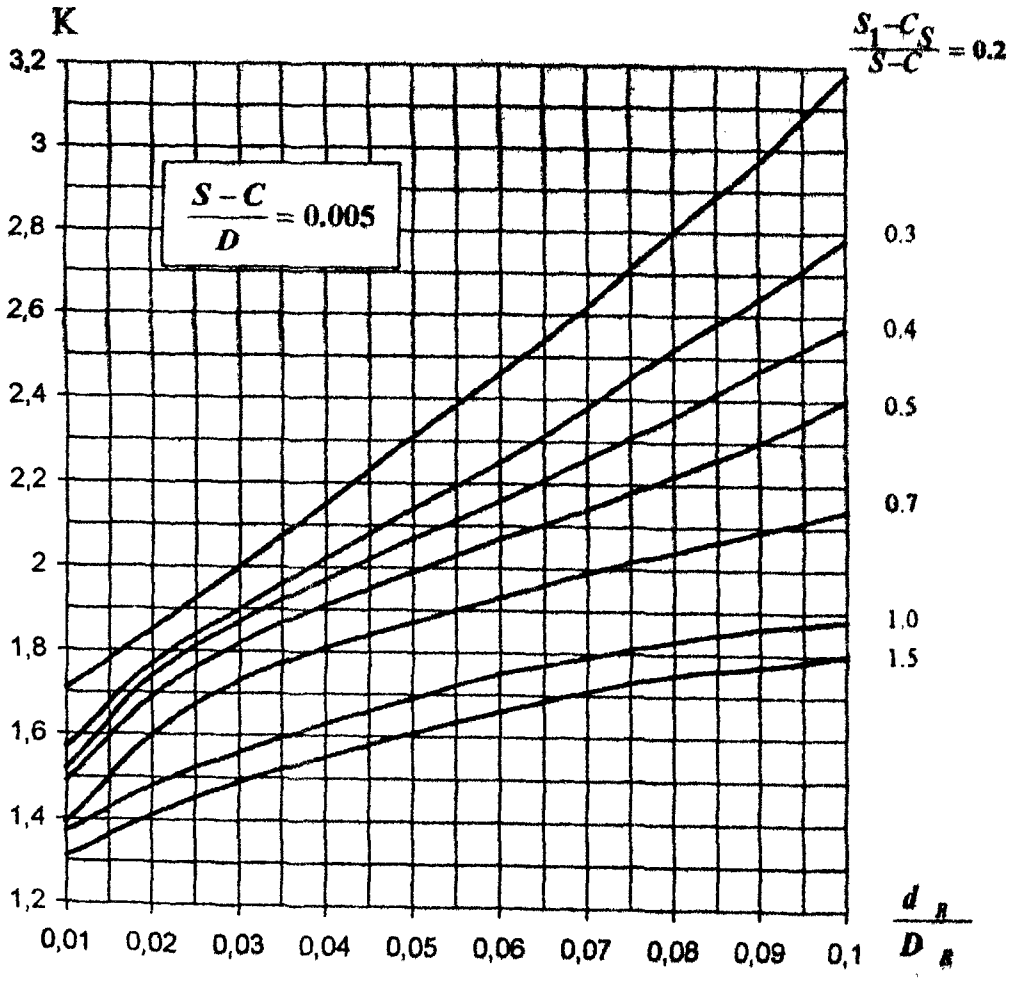

Рис. 2

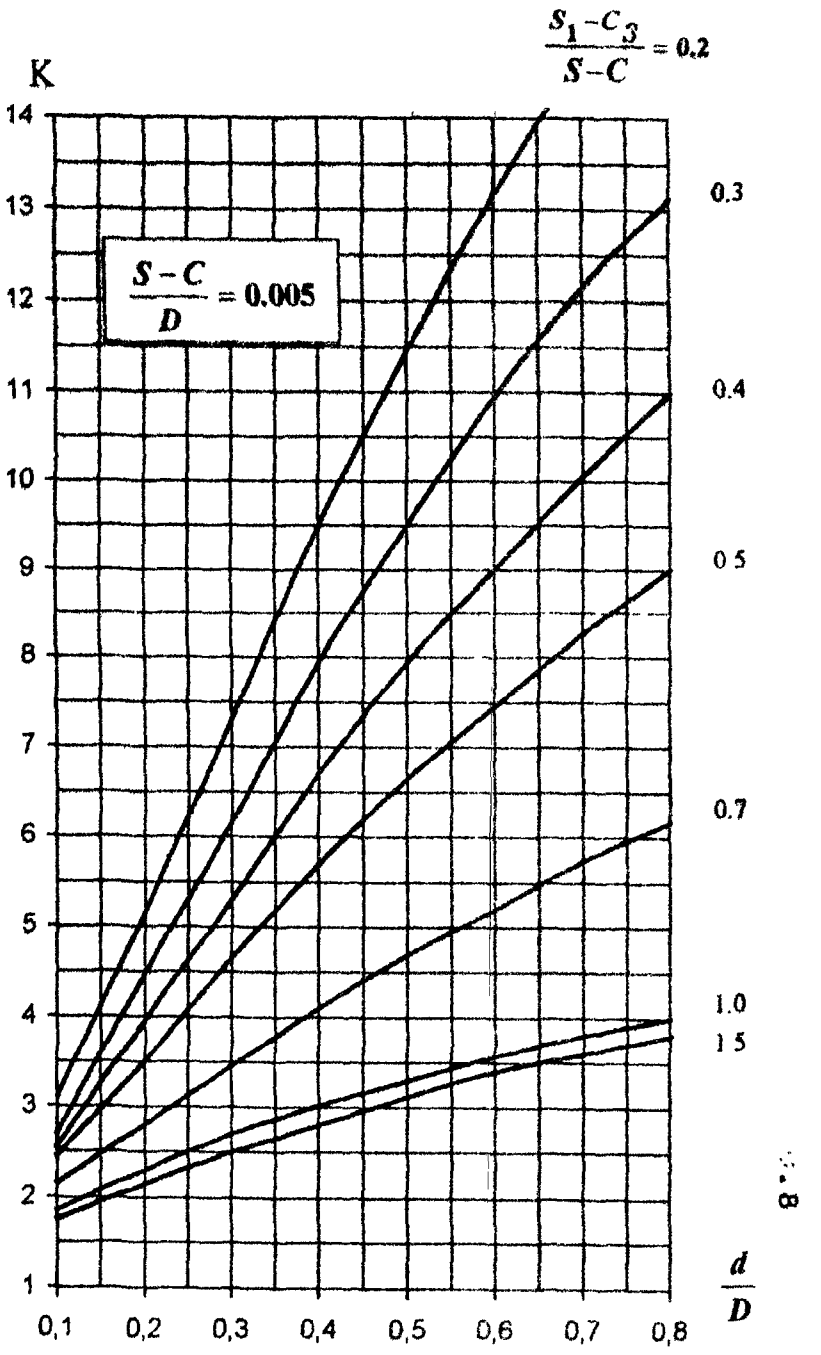

Рис. 3

Коэффициент К

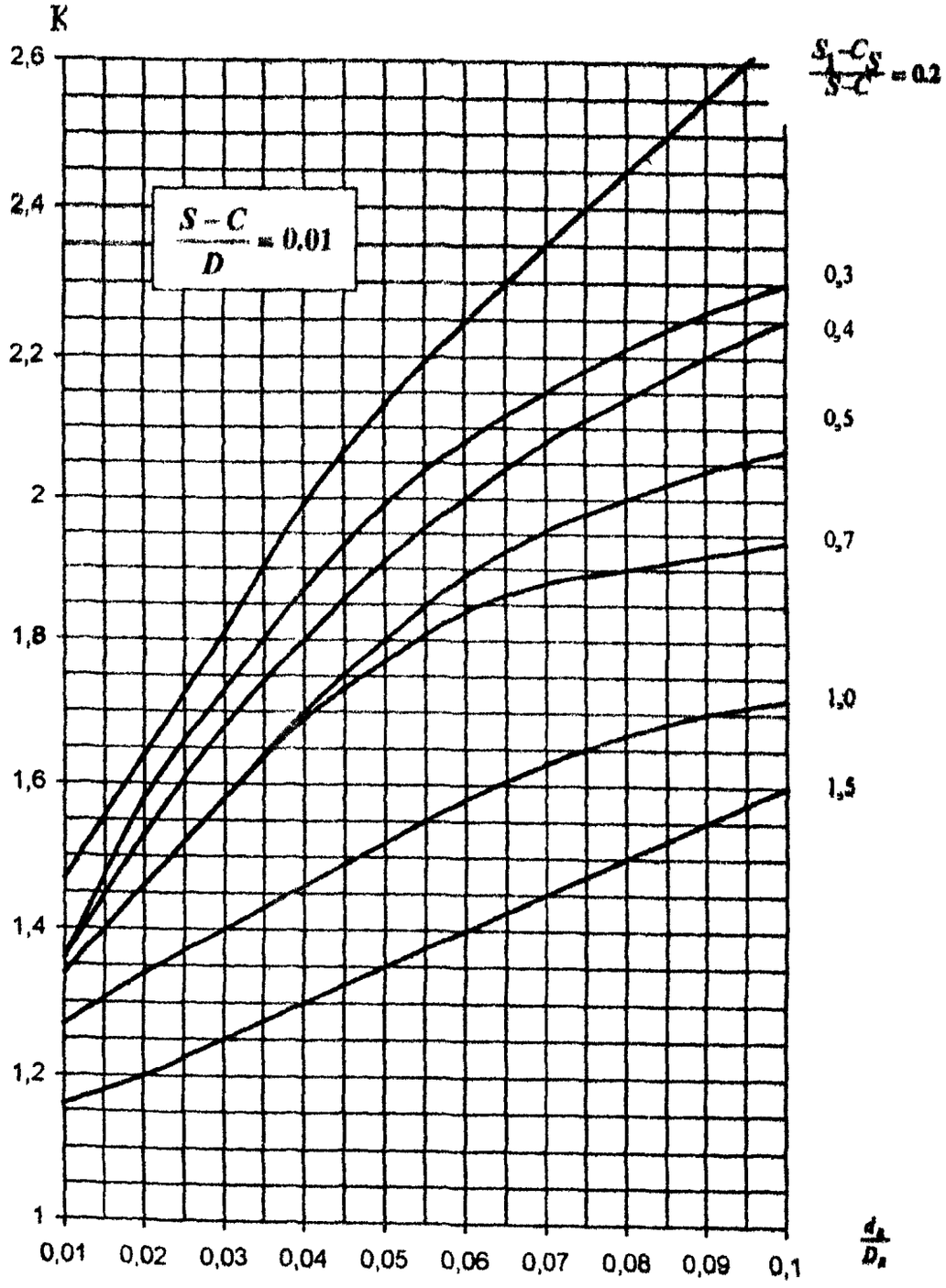

Рис. 4

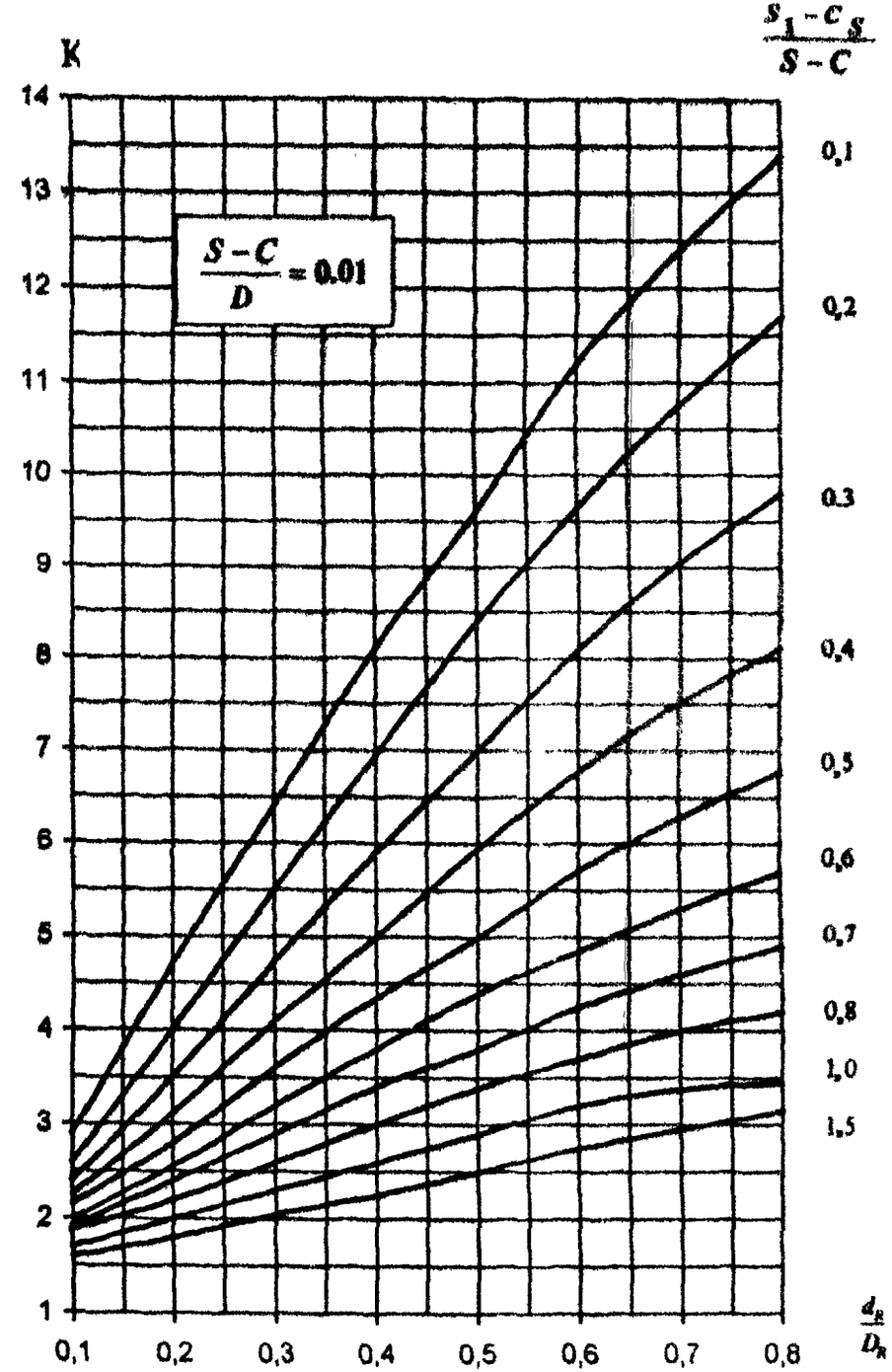

Рис. 5

Коэффициент K

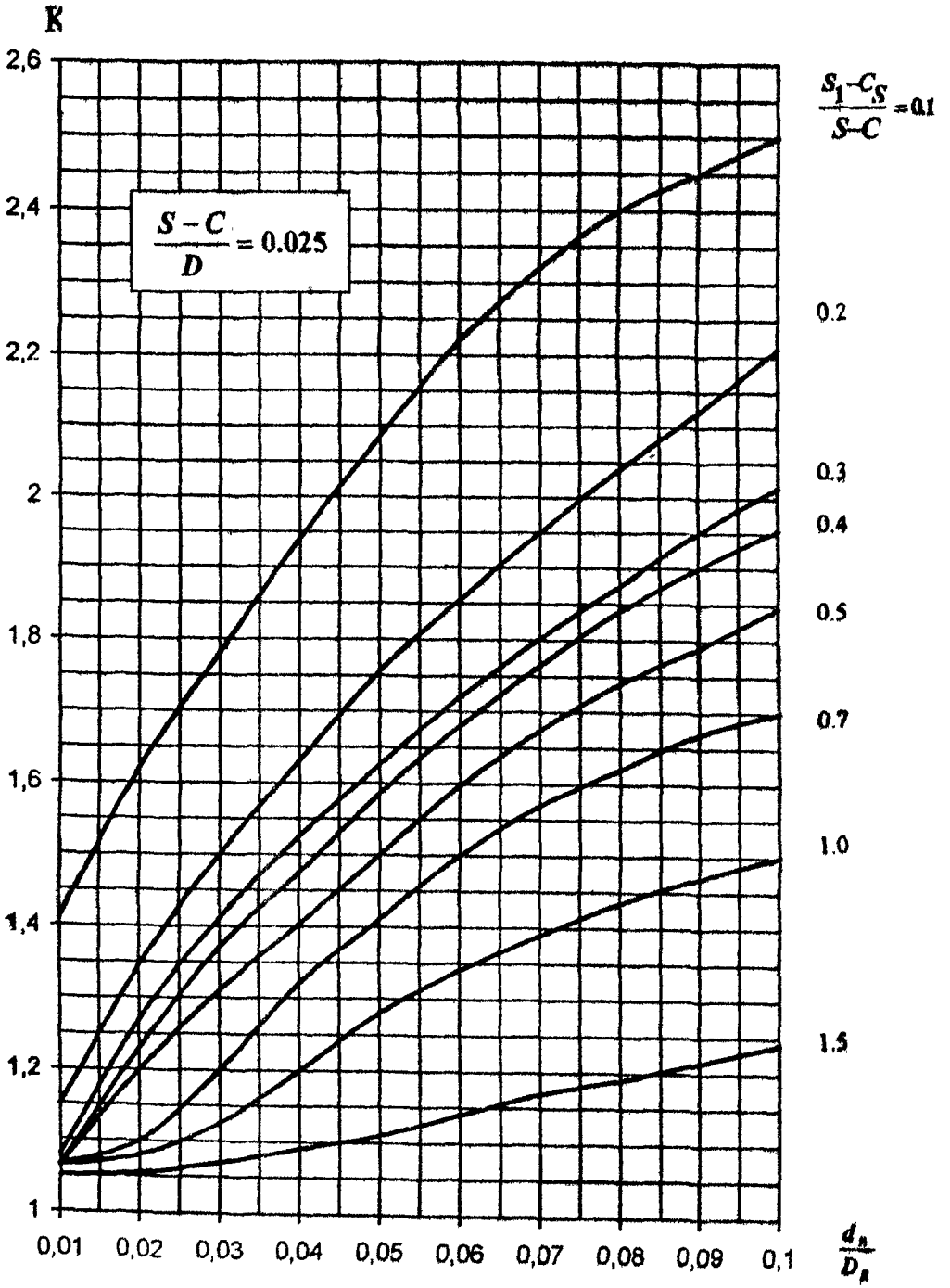

Рис. 6

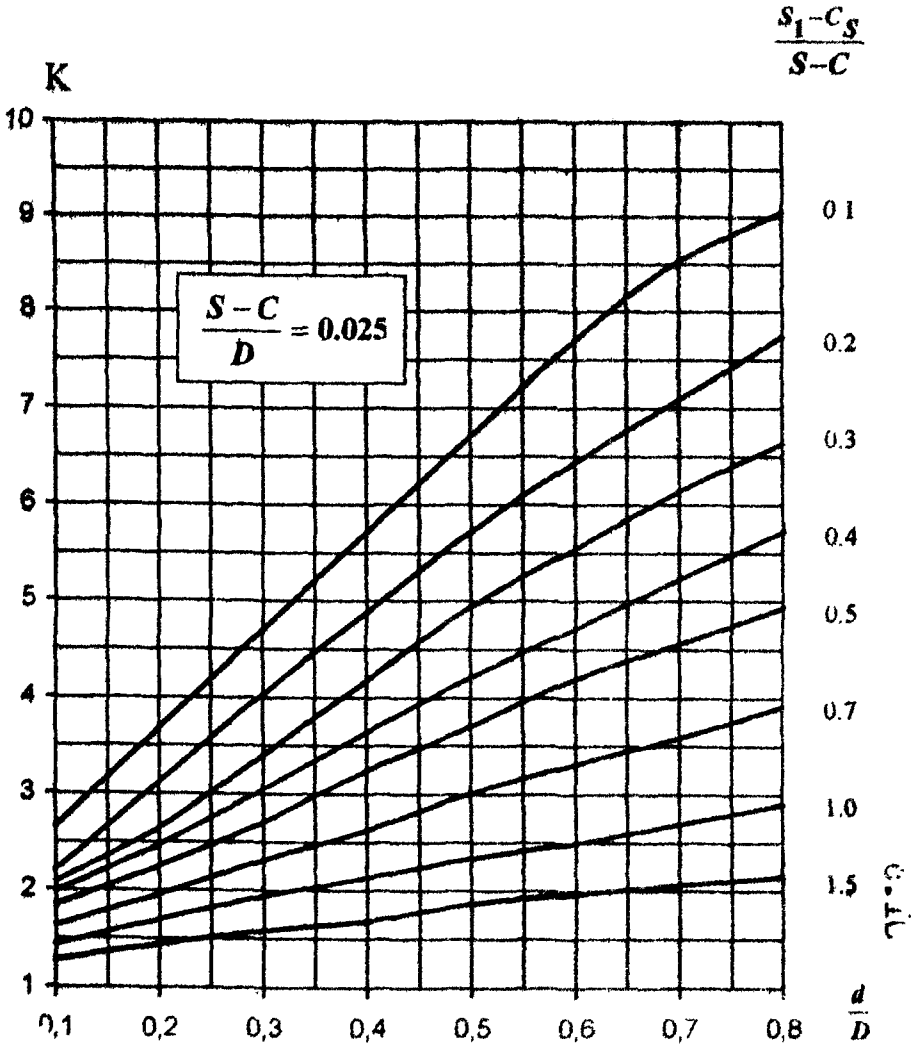

Рис. 7

Коэффициент K

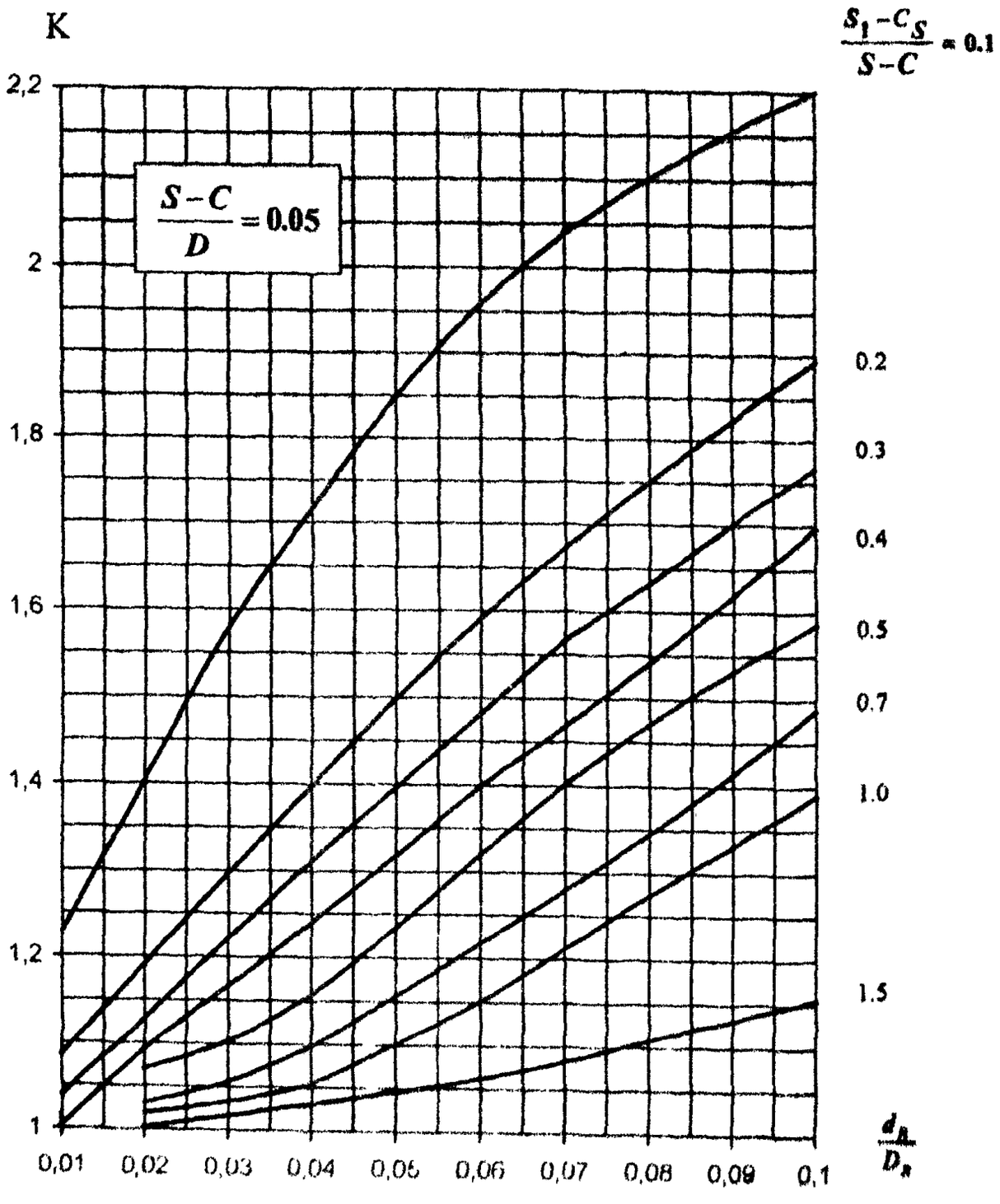

Рис. 8

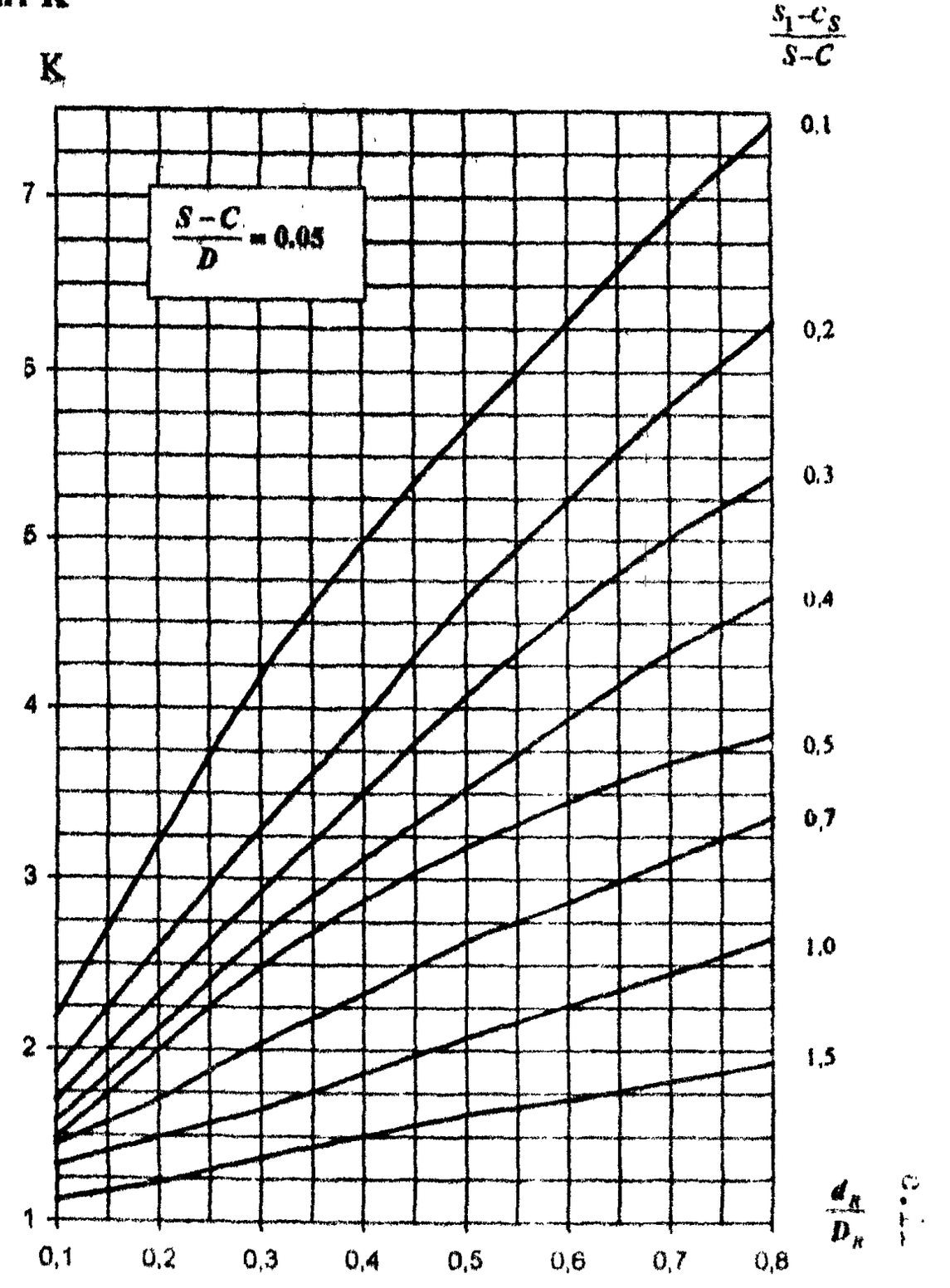

Рис. 9

Коэффициент $K_д$

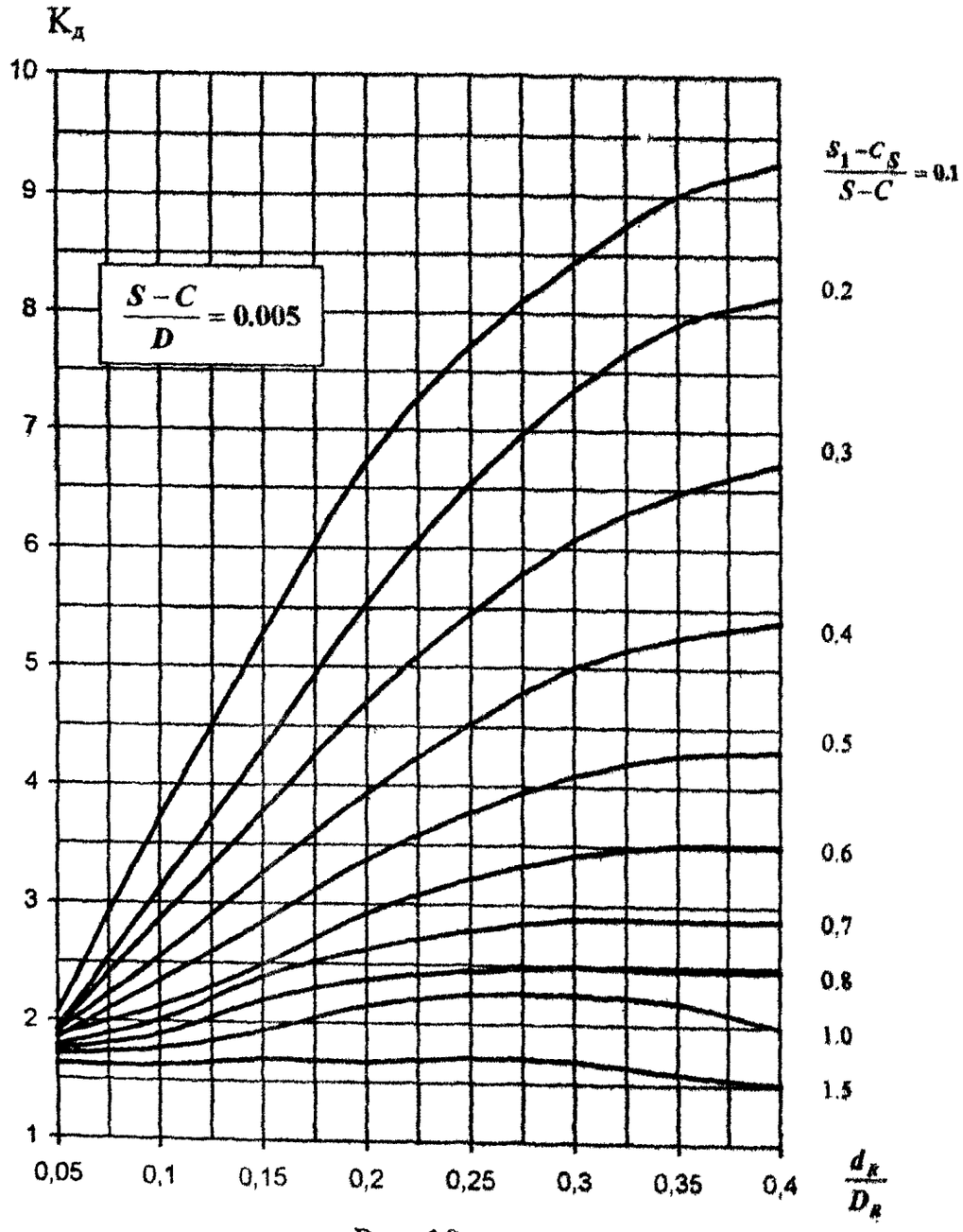

Рис. 10

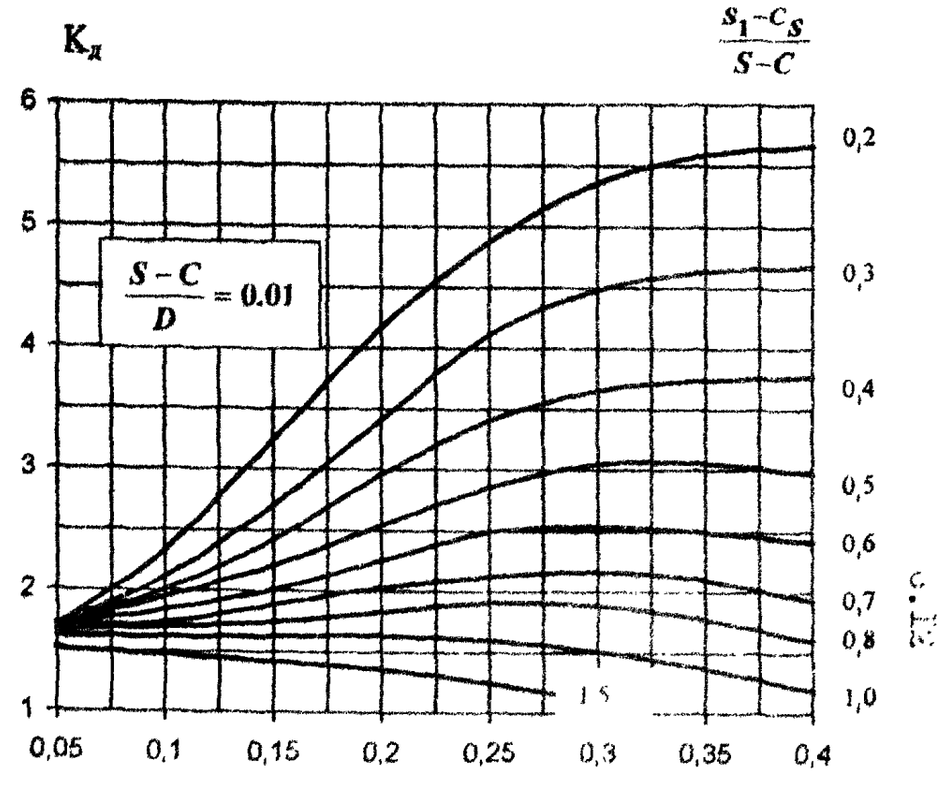

Рис. 11

Коэффициент $K_д$

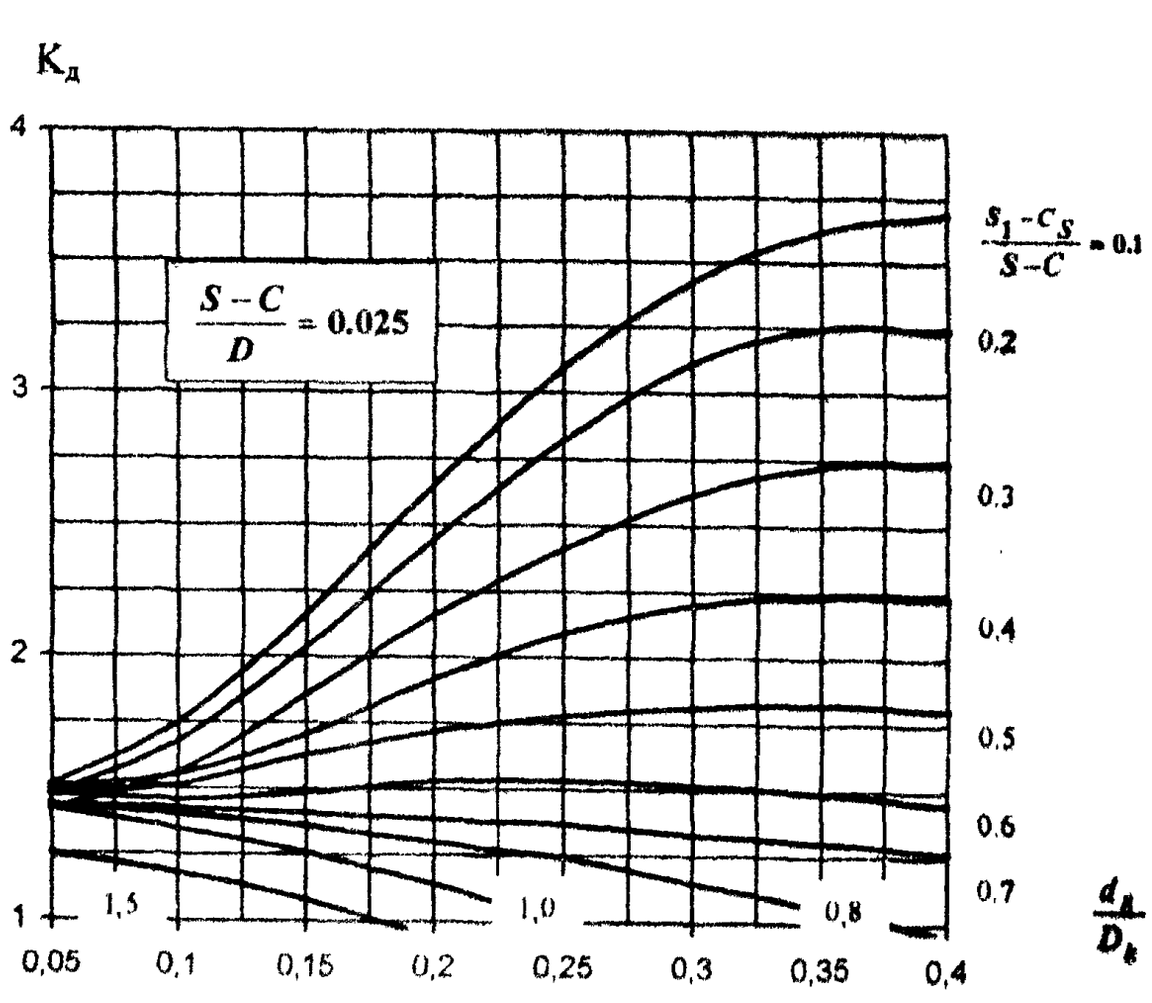

Рис. 12

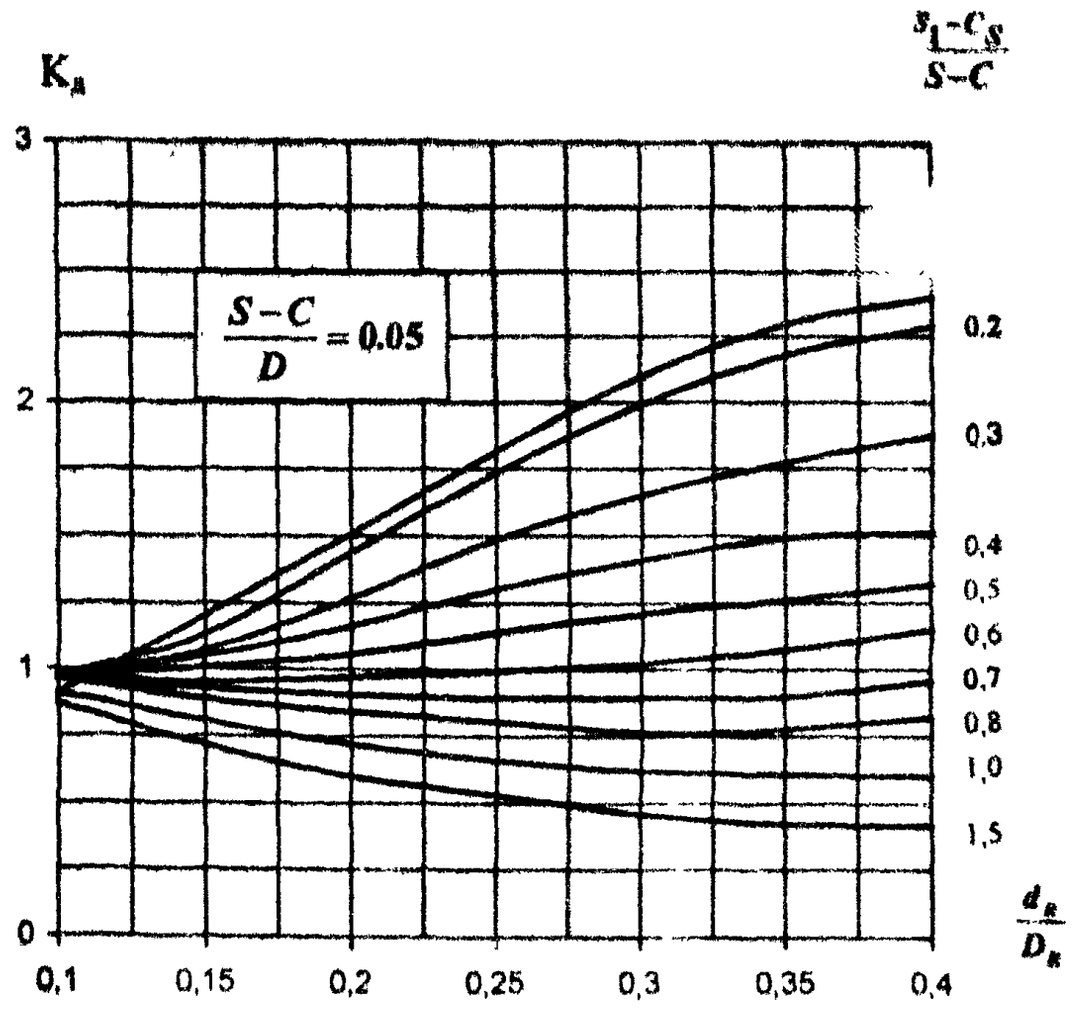

Рис. 13

4 2 Условие прочности в сечении S_0:

$$\sigma_{s1} = Max\left\{\frac{\sqrt{\left(\sigma_{21}+\Delta\sigma_{21}\right)^2+\left(\sigma_{23}+\Delta\sigma_{23}\right)^2-\left(\sigma_{21}+\Delta\sigma_{21}\right)\left(\sigma_{23}+\Delta\sigma_{23}\right)}}{\sqrt{\left(\sigma_{22}+\Delta\sigma_{22}\right)^2+\left(\sigma_{24}+\Delta\sigma_{24}\right)^2-\left(\sigma_{22}+\Delta\sigma_{24}\right)\left(\sigma_{22}+\Delta\sigma_{24}\right)}}\right\} \leq$$

$$\leq 1.5[\sigma] \qquad (5)$$

Величины $\Delta\sigma_{11},\Delta\sigma_{12},\Delta\sigma_{13},\Delta\sigma_{14},\Delta\sigma_{21},\Delta\sigma_{22},\Delta\sigma_{23},\Delta\sigma_{24}$ и $\sigma_{11},\sigma_{12},\sigma_{13},\sigma_{14},\sigma_{21},\sigma_{22},\sigma_{23},\sigma_{24}$ определяются по РД 26-15, а величина $[\sigma]$ - по п.1.1 настоящего руководящего документа.

5. Проверка элементов теплообменных аппаратов типа ТП и TU по напряжениям.

5.1. Проверка прочности трубной решетки теплообменников типа ТП и TU производится по формуле:

$$\sigma_p = \frac{6M_{max}}{\varphi_p\left(s_p - c\right)^2} \leq 1.3[\sigma] \qquad (6)$$

Величина максимального изгибающего момента в перфорированной зоне решетки M_{max} для теплообменников типа ТП определяется по п. 5.2, для теплообменников типа TU - по п.5.3, а величина допускаемого напряжения $[\sigma]$ - по п.1.1 настоящего руководящего документа. Величины φ_p, s_p, c определяются по РД 26-14.

5.2. Величина максимального изгибающего момента в перфорированной зоне решетки M_{max} для теплообменников типа ТП определяется по п. 2.2.4.1 РД26-14. При этом, величина перерезывающей силы Q_a, распределенной по периметру перфорированной части трубной решетки, определяется по формуле:

$$Q_a = \frac{a_1}{2}\left(p_T - p_M\right), \qquad (7)$$

а величина распределенного по периметру перфорированной части трубной решетки изгибающего момента M_a - по формуле:

$$M_a = \frac{K_1 - \dfrac{\Phi_2}{2\psi_o\omega^3}}{10K_2 + \dfrac{\Phi_3}{\psi_o\omega^2}}\left(p_T - p_M\right)a_1^2, \qquad (8)$$

где: коэффициенты K_1 и K_2 определяются по графику рис. 14 настоящего руководящего документа в зависимости от значения $m_n = \frac{a}{a_1}$, а величины $a, a_1, p_T, p_M, \psi_o, \omega, \Phi_2, \Phi_3$ - по п. 2 РД 26-14.

5.3. Величина максимального изгибающего момента в перфорированной зоне решетки M_{max} для теплообменников типа TU определяется по формуле:

$$M_{max} = \max\left\{\left|M_a\right|; \left|M_o\right|\right\} \qquad (9)$$

Здесь:

$$M_a = \frac{K_1 - \dfrac{0.1\varphi_2}{\psi_o}}{10K_2 + \dfrac{0.8\varphi_3}{\psi_o}}\left(p_T - p_M\right)a_1^2, \qquad (10)$$

$$M_o = \varphi_1 M_a + 0.2\varphi_4\left(p_T - p_M\right)a_1^2. \qquad (11)$$

Коэффициенты $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ определяются по графику рис 15 настоящего руководящего документа в зависимости от значения ω_1:

Коэффициенты K_1, K_2, φ_1, φ_2, φ_3, φ_4

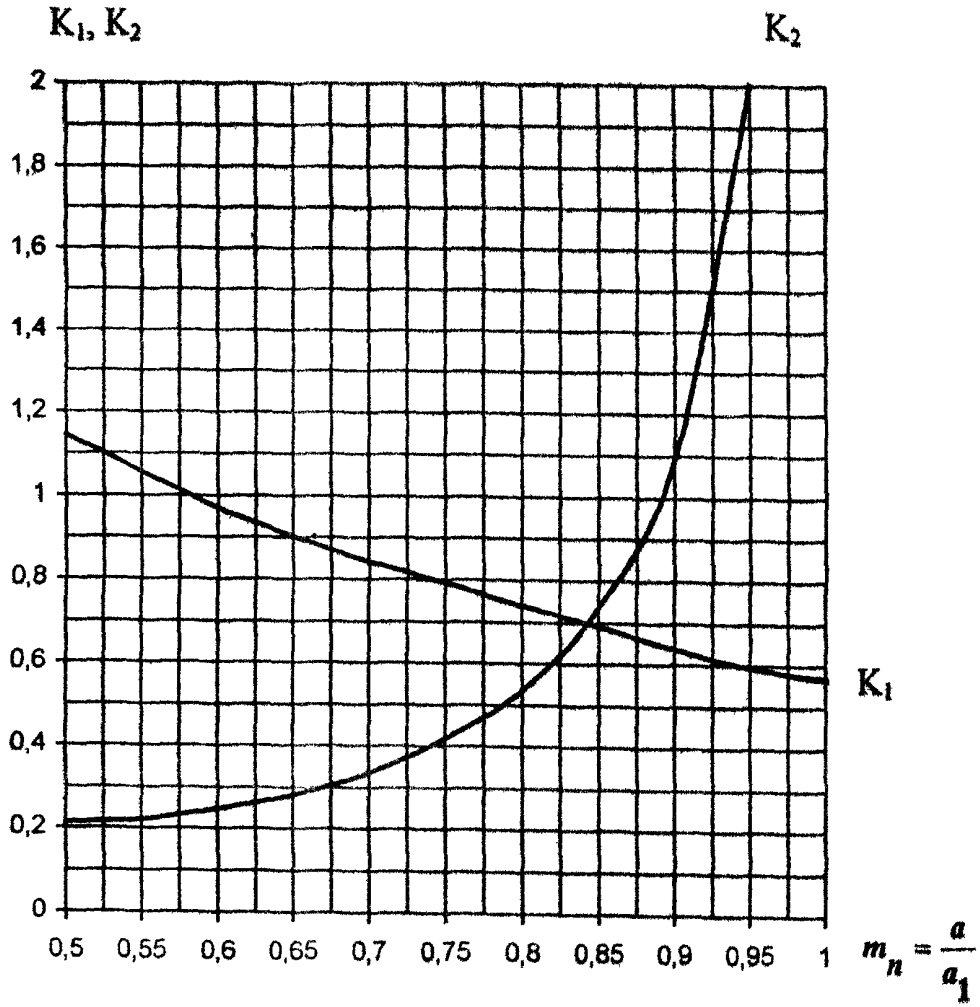

Рис. 14

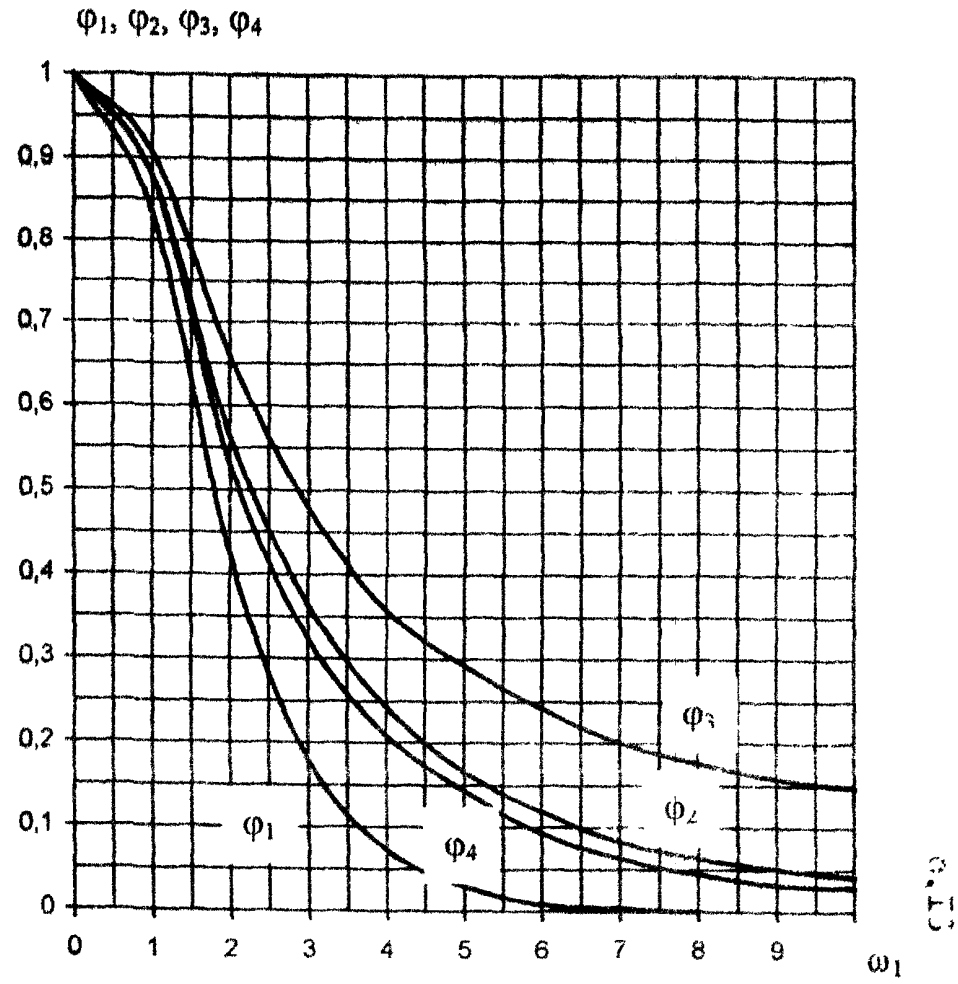

Рис. 15

- для аппаратов с перегородками по межтрубному пространству:

$$\omega_1 = 5.6\sqrt{\frac{J_T i}{\psi_o l_{1R} s_p^3}}, \qquad (12)$$

- для аппаратов без перегородок по межтрубному пространству:

$$\omega_1 = 0. \qquad (13)$$

Величины $a_1, p_T, p_M, \psi_o, l_{1R}, J_T, i, s_p$ - по п. 2 РД 26-14.

5.4. Проверка прочности теплообменных труб теплообменников типа ТП и TU производится по п.п 2.2.7.1 и 2.2.7.2 РД 26-14. При этом, следует использовать величины допускаемых напряжений, определенные в соответствии с п.1.1 настоящего руководящего документа, а величины допускаемых амплитуд условных упругих напряжений принимать равными $0.65[\sigma]$.

Расчетные величины осевой силы и изгибающего момента в трубе N_T и M_T для теплообменников типа ТП определяется по п.5 5, а для теплообменников типа TU - по п 5.6 настоящего руководящего документа.

5.5. Расчетные величины осевой силы и изгибающего момента в трубе N_T и M_T для теплообменников типа ТП определяются по п.2.2.3.3 РД 26-14. При этом, используются значения величин распределенных по периметру перфорированной части трубной решетки перерезывающей силы Q_a и изгибающего момента M_a, определенные в соответствии с п. 5.2 настоящего руководящего документа.

5.6. Расчетные величины осевой силы и изгибающего момента в трубе N_T и M_T для теплообменников типа TU определяются по формулам:

$$N_T = \frac{\pi d_T^2}{4}\left(p_T - p_M\right), \qquad (14)$$

$$M_T = \frac{\pi a_1^2 \omega_1^2}{13}\left[\varphi_3 M_a + \frac{\varphi_2}{8}\left(p_T - p_M\right)a_1^2\right]. \qquad (15)$$

Здесь: величины a_1, d_T, p_T, p_M определяются в соответствии с п. 2 РД 26-14, а $M_a, \omega_1, \varphi_2, \varphi_3$ - в соответствии с п. 5.3 настоящего руководящего документа.

Приложение 1 (обязательное)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Наименование	Обозначение
Расстояние от оси теплообменного аппарата до оси наиболее удаленной трубы, мм	a_1
Расчетная прибавка к толщине стенки, мм	c
Внутренний диаметр обечайки, мм	D
Расчетный диаметр укрепляемого элемента, мм	D_p
Расчетный диаметр штуцера, мм	d_p
Наружный диаметр трубы, мм	d_T
Количество труб в пучке	i
Момент инерции сечения трубы, мм^4	J_T
Коэффициенты	K, K_Δ, K_1, K_2
Расстояние от решетки до первой перегородки, мм	l_{1R}
Расчетные распределенные изгибающие моменты в сечениях решетки, Н мм / мм	M_a, M_o, M_{max}
Изгибающий момент, действующий на трубу, Н мм	M_T
Осевая сила, действующая на трубу, Н	N_T
Коэффициент запаса по отношению к временному сопротивлению	n_B
Коэффициент запаса по отношению к пределу текучести	n_T
Расчетное давление, МПа	p
Расчетное давление в межтрубном пространстве, МПа	p_M
Расчетное давление в трубном пространстве, МПа	p_T
Минимальное значение предела текучести при расчетной температуре, МПа	R_e
Минимальное значение условного предела текучести при расчетной температуре (напряжение, при котором остаточное удлинение составляет 0,2 %), МПа	$R_{p0,2}$
Минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) при расчетной температуре, МПа	R_m
Радиус выточки, мм	r_B
Толщина стенки обечайки или днища, мм	s

Приложение 1 (обязательное)

Наименование	Обозначение
Толщина втулки фланца в месте приварки к обечайке, мм	s_o
Толщина втулки фланца в месте приварки к тарелке, мм	s_1
Толщина накладного кольца, мм	s_2
Толщина трубной решетки, мм	s_p
Безразмерные коэффициенты	Φ_2, Φ_3
Коэффициент прочности трубной решетки	φ_p
Коэффициенты	$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \chi_1, \psi_o, \omega, \omega_1$
Расчетное напряжение в трубной решетке, МПа	σ_p
Расчетные напряжения в сечениях фланца при затяжке и их приращения в рабочих условиях, МПа	$\sigma_y, \Delta\sigma_y$
Приведенные расчетные напряжения в сечениях фланца, МПа	σ_{so}, σ_{s1}
Допускаемое напряжение, МПа	$[\sigma]$

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН

Всероссийским научно-исследовательским и проектно- конструкторским институтом нефтяного машиностроения (АОот ВНИИнефтемаш)

2. ИСПОЛНИТЕЛИ

Б.С. Вольфсон (руководитель темы), В.Н. Ермолаев, Ю.С. Медведев, А.Н. Бочаров, Б.Р. Павловский, Т.В. Булчинская, Н.Д. Джалилова, А.Г. Вихман, С.И. Зусмановская, И.Е. Зейде

3. ВВЕДЕН ВЗАМЕН РД 26-02-62-88

4. УТВЕРЖДЕН ТК 260 "Оборудование химическое и нефтегазоперерабатывающее"

5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления
ГОСТ 14249-89	1.1.1, 1.1.3, 1.1.5, 1.1.6, 1.2.1
ГОСТ 24755-89	1.3.1, 3.2
РД 26-14-88	1.5.1, 1.5.2, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6
РД 26-15-88	1.4.1, 1.4.2, 4.2
РД 26.260.05-92	1.3.1
РД 26-02-63-98	Введение

gost.e-ecolog.ru