МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ
·ВНИИСТ·

РУКОВОДСТВО

ПО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

Р 283-77

МОСКВА-1977

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ
ВНИИСТ

РУКОВОДСТВО

ПО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

Р 283-77

УДК 621.643.002.2(204.1) : 620.197.5

В Руководстве изложен принцип подхода к решению вопросов электрохимической защиты магистральных трубопроводов на подводных переходах. Приведен расчет влияния подводного перехода на параметры катодной защиты; расчет дополнительной протекторной защиты с использованием спирального протектора.

В Руководстве даны номограммы для определения коэффициентов влияния подводных переходов магистральных трубопроводов на катодную защиту при заданных граничных условиях изменения параметров подводных переходов и электрохимической защиты. Содержатся необходимые мероприятия по технике безопасности при электрометрических работах на подводных переходах.

Руководство составлено канд.техн.наук В.В.Притулой при участии ст. инж. Р.В.Кудиновой и инж. М.Л. Долганова.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1977

ВНИИСТ	Руководство по электрохимической защите магистральных трубопроводов на подводных переходах	Р 283-77

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Руководство распространяется на подводные переходы магистральных трубопроводов через реки и пресноводные водоемы, имеющие катодную защиту и не подверженные влиянию блуждающих токов.

I.2. Влияние подводного перехода (обычно) вызывает ускоренное затухание наложенного потенциала вдоль плеча защитной зоны, что приводит к сокращению ее протяженности (рис.1,а).

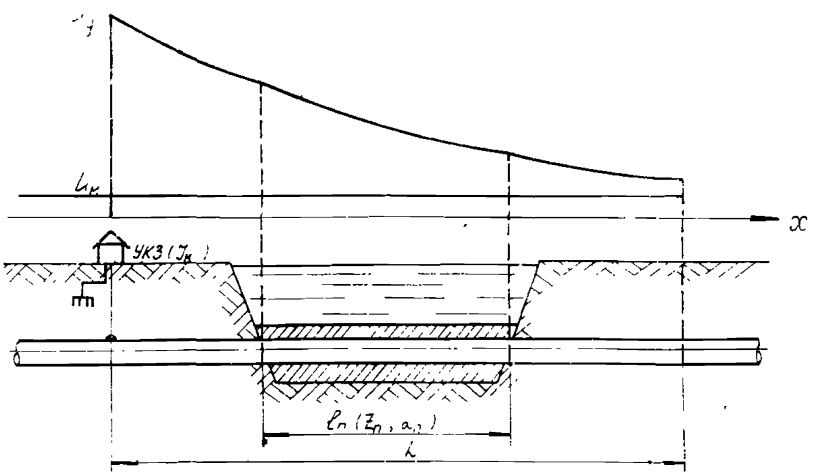


Рис.I. Возможное изменение наложенных потенциалов вдоль плеча зоны защиты трубопровода с подводным переходом

Внесено ВНИИСТом	Утверждено ВНИИСТом I августа 1977 г.	Разработано впервые

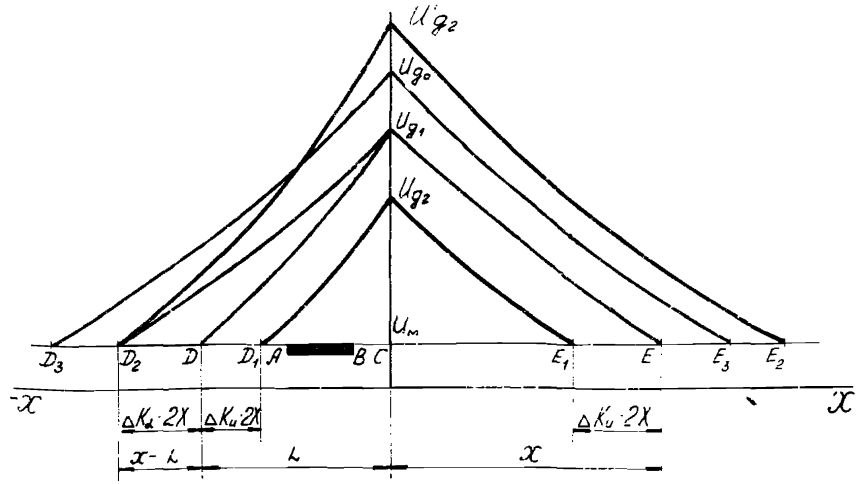


Рис.2. Возможное влияние параметров $\alpha_п$ и $Z_п$ подводного перехода на изменение длины зоны защиты установки катодной защиты (УКЗ):

АВ – подводный переход; D_1CE_1 – реальная зона защиты катодной станции с подводным переходом; D_2CE – зона защиты при условии отсутствия подводного перехода; D_2D – уменьшение защитной зоны в результате влияния параметра $\alpha_п$; D_1D, E_1E – уменьшение защитной зоны в результате влияния параметра $Z_п$; D_2CE_2 – зона защиты катодной станции при условии сохранения плеча защиты на подводном переходе протяженностью D_2C; D_3CE_3 – зона защиты катодной станции, эквивалентная зоне D_2CE_2 при условии отсутствия подводного перехода; U_{g_2} – потенциал в точке дренажа УКЗ на участке с подводным переходом при защитном токе $J = J_к$; U_{g_1} – потенциал в точке дренажа при отсутствии подводного перехода для $J = J_к$; U_{g_2} – потенциал в точке дренажа на участке с подводным переходом для защитного тока $J > J_к$

I.3. При катодной защите подводных переходов магистральных трубопроводов установки катодной защиты следует располагать непосредственно у перехода.

I.4. В качестве дополнительных мер защиты на подводных переходах можно устанавливать протекторы. Целесообразность их установки следует определять на основании технико-экономического расчета, учитывающего влияние перехода на параметры катодной защиты.

I.5. В дополнительных протекторных установках могут быть использованы литые, протяженные и спиральные протекторы.

2. РАСЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА НА ПАРАМЕТРЫ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

2.I. Влияние подводного перехода на параметры катодной защиты магистрального трубопровода следует рассчитывать с учетом прогнозирования изменения сопротивления изоляционного покрытия в период эксплуатации.

2.2. Исходными данными для расчета влияния подводного перехода на параметры катодной защиты магистрального трубопровода служат следующие параметры:

$\ell_п$ - длина подводного перехода, км;

L - длина плеча защитной зоны с подводным переходом, км;

X - длина плеча защитной зоны без подводного перехода, км;

R_{12} - среднее переходное сопротивление трубопровода на подземных участках, Ом·м;

$$R_{12}=\sqrt[m]{\prod_{i=1}^{i=m}\frac{\ell_{12}\,x_i^2}{\ell_п^2\,\frac{U_0}{U_{x_i}}}} \qquad \text{или} \qquad R_{12}=R_{T_н}\,e^{-0{,}125t};$$

U_{x_i} - измеренные значения наложенных потенциалов на подземных участках трубопровода, В;

$R_{T_н}$ - начальное переходное сопротивление трубопровода (в соответствии с ГОСТ 9.015-74), Ом·м;

x - координаты точек измерения наложенных потенциалов, м;

m - количество измерений;

t - срок службы трубопровода, лет;

$R_п$ - среднее переходное сопротивление трубопровода на подводном переходе, Ом·м ;

$$R_п = \frac{U_д^2 \, R_{12} \, \ell_п}{L\,(J_к \, z_{12} - U_д)^2 - U_д^2\,(L - \ell_п)}$$

или

$$R_п = \sum_{1}^{i=n} z_{пi}^{-1} \left[\sum_{1}^{i=n} \left(z_{пi} \, R_{пi} \right)^{-\frac{1}{2}} \right]^{-2} ;$$

z_{12} - продольное сопротивление трубопровода на подземных участках, Ом/м;

$z_п$ - среднее продольное сопротивление трубопровода на участке подводного перехода, Ом/м ;

$$z_п = \left(\sum_{1}^{i=n} z_{пi}^{-1} \right)^{-1} ;$$

при одинаковых электрических параметрах всех ниток подводного перехода можно считать:

$$R_п = \frac{R_{пi}}{n} ; \qquad z_п = \frac{z_{пi}}{n} ;$$

$J_к$ - защитный ток установки катодной защиты у подводного перехода, А;

$U_д$ - наложенный потенциал в точке дренажа установки катодной защиты у подводного перехода, В;

$U_м$ - минимальный защитный потенциал в конце плеч защитной зоны, наложенный одной установкой катодной защиты, В;

$U_{д0}$ - возможный наложенный потенциал в точке дренажа установки катодной защиты при условии отсутствия подводного перехода, В ;

$$U_{д0} = \frac{1}{2} J_к \, z_{12} ;$$

z_{12} - входное сопротивление плеча защитной зоны без подводного перехода, Ом ;

$$z_{12} = \sqrt{z_{12} \, R_{12}} ;$$

$z_э$ - эквивалентное входное сопротивление плеча защитной зоны с подводным переходом, Ом ;

$$z_э = \frac{4 z_{12} \, z_п}{3 z_п + z_{12}} ;$$

$z_п$ – входное сопротивление подводного перехода, Ом;

$$z_п = \sqrt{z_п \, R_п} \; ;$$

α_{12} – коэффициент распространения тока вдоль подземных участков трубопровода, 1/м

$$\alpha_{12} = \sqrt{\frac{z_{12}}{R_{12}}} \; ;$$

$\alpha_э$ – эквивалентный коэффициент распространения тока вдоль плеча защитной зоны с подводным переходом, 1/м

$$\alpha_э = \frac{z_э}{R_э} = \frac{K_п(\alpha_п \sqrt{R_{12}} - \sqrt{z_{12}}) + \sqrt{z_{12}}}{\sqrt{R_{12}}} \; ,$$

$\alpha_п$ – коэффициент распространения тока вдоль подводного перехода, 1/м

$$\alpha_п = \sqrt{\frac{z_п}{R_п}} \; ;$$

$R_э$ – эквивалентное среднее переходное сопротивление трубопровода на переходное сопротивление трубопровода, Ом·м;

$$R_э = \varphi \, R_{12} \; ;$$

φ – коэффициент длины подводного перехода

$$\varphi = \frac{4\sqrt{K_z}}{\sqrt{K_z}\left[K_п(3K_z - 1) + 1\right] + \sqrt{K_z}\left[K_п(3 - K_z) - 3\right]} \; ,$$

$K_п$ – коэффициент продольного сопротивления подводного перехода

$$K_п = \frac{\ell_п}{L} \; ;$$

K_z – коэффициент переходного сопротивления подводного перехода;

$$K_z = \frac{z_п}{z_{12}} \; ,$$

K_R – коэффициент неоднородности изоляционного покрытия

$$K_R = \frac{R_{12}}{R_n}.$$

2.3. При оценке влияния подводного перехода на параметры катодной защиты магистрального трубопровода необходимо учитывать следующие показатели:

K_J – коэффициент расхода тока;

$$K_J = \frac{U_q}{U_{q0}} = \frac{2Z_э}{Z_э + Z_{12}} = \frac{2\sqrt{q[K_n(K_г - 1) + 1]}}{\sqrt{q[K_n(K_г - 1) + 1]} + 1};$$

$K_З$ – коэффициент неравномерности защитных потенциалов;

$$K_З = \frac{U_q}{U_м};$$

K'_α – коэффициент затухания тока;

$$K'_\alpha = \frac{L}{\chi} = \frac{\alpha_{12}}{\alpha_э} = \frac{1}{K_n(\sqrt{K_г K_R} - 1) + 1}.$$

2.4. Оценку влияния подводного перехода на параметры катодной защиты магистрального трубопровода следует проводить на основании определения изменения длины защитной зоны установки катодной защиты ΔK_L и изменения расхода защитного тока $\Delta K_э$.

2.5. Изменение длины защитной зоны установки катодной защиты у подводного перехода можно определить по формуле

$$\Delta K_L = \Delta K_\alpha + \Delta K_U,$$

где ΔK_α – изменение длины защитной зоны в результате влияния эквивалентного коэффициента распространения тока, %;

ΔK_U – изменение длины защитной зоны в результате влияния наложенного потенциала в точке дренажа, %.

2.6. Изменение длины защитной зоны установки катодной защиты в результате влияния эквивалентного коэффициента распространения тока можно определять по формуле

$$\Delta K_{\alpha} = \frac{50 K_{n} (1 - \sqrt{K_{z} K_{R}})}{K_{n} (\sqrt{K_{z} K_{R}} - 1) + 1}.$$

2.7. Изменение длины защитной зоны установки катодной защиты в результате влияния наложенного потенциала в точке дренажа можно определять по формуле

$$\Delta K_{u} = \left\{ \frac{\ell_{u} K_{3}}{\ell_{n} \frac{K_{3}}{K_{y}}} - \frac{\ell_{n} \sqrt{K_{3}}}{\left\{ 1 + \left[K_{n} (K_{z} K_{R} - 1) \right]^{-1} \right\} \ell_{n} \frac{K_{3}}{K_{y}}} \right\} \cdot 100 .$$

2.8. Изменение расхода защитного тока (в процентах) установки катодной защиты у подводного перехода можно определять по формуле

$$\Delta K_{3} \left(K_{y}^{\frac{2}{1+K_{\alpha}'}} K_{3}^{\frac{1-K_{\alpha}'}{1+K_{\alpha}'}} - 1 \right) \cdot 100$$

2.9. В диапазонах изменения:

K_{n} = 0,01 ÷ 1,0;
K_{z} = 0,5 ÷ 3,0;
K_{R} = 0,5 ÷ 10,0;
K_{3} = 2 ÷ 10,0;
n = 1 ÷ 3.

Величины ΔK_{α}, ΔK_{u}, ΔK_{y} и ΔK_{y} можно определять по номограммам на рис.3-39, где n – число ниток трубопровода на подводном переходе; ΔK_{y} – показатель изменения расхода тока

$$\Delta K_{y} = 1 - K_{y}$$

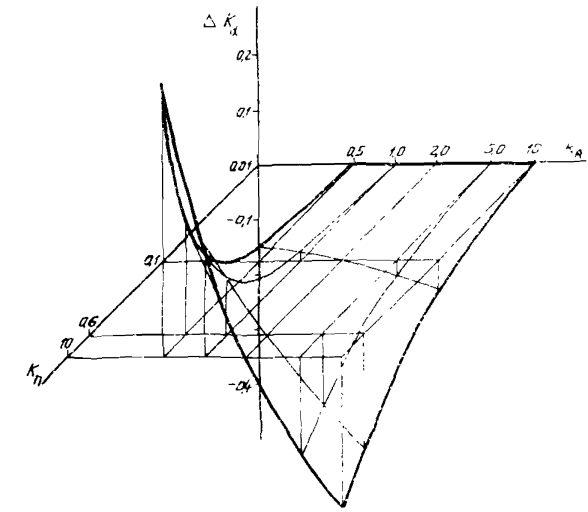


Рис.3. Номограмма для определения коэффициента ΔK_α при $K_г = 0,5$

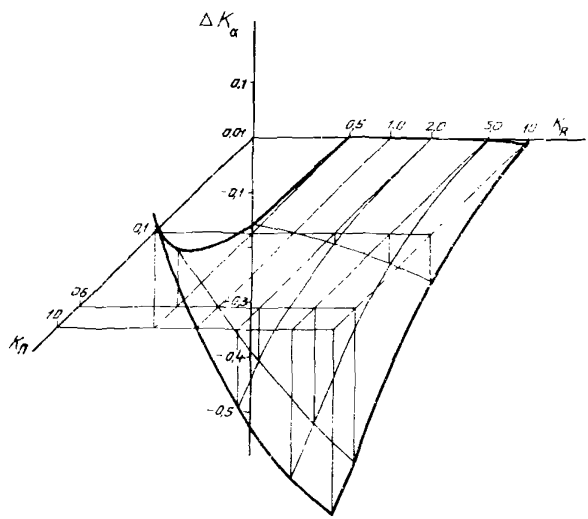


Рис.4. Номограмма для определения коэффициента ΔK_α при $K_г = 1$

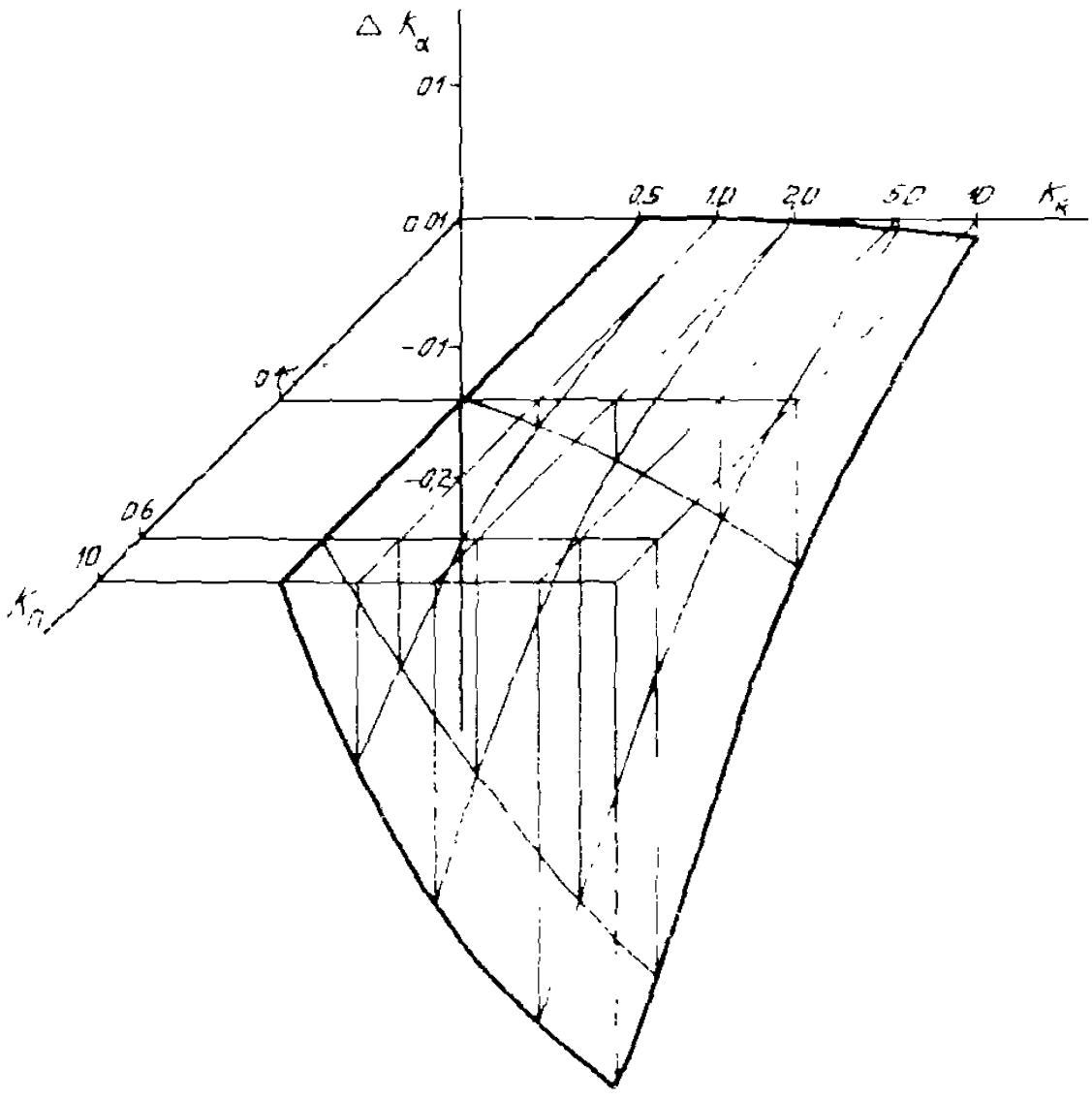


Рис. 3. Номограмма для определения коэффициента ΔK_x при K_2 = 4

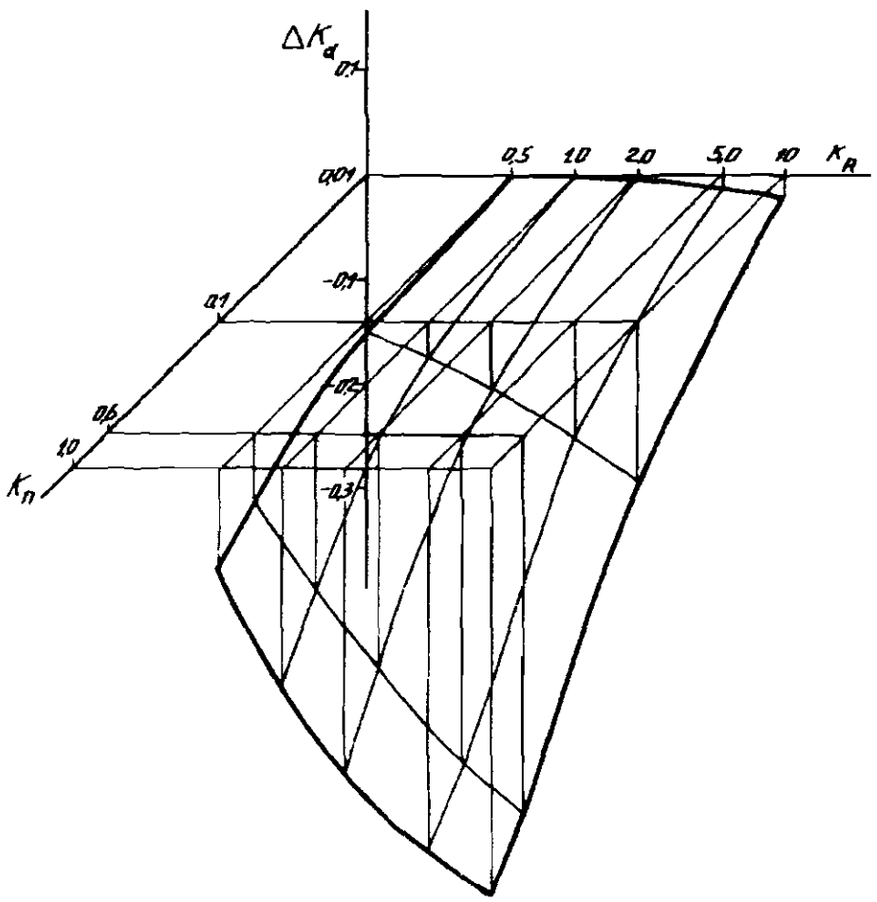


Рис.6. Номограмма для определения коэффициента ΔK_α при $K_г$ = 1

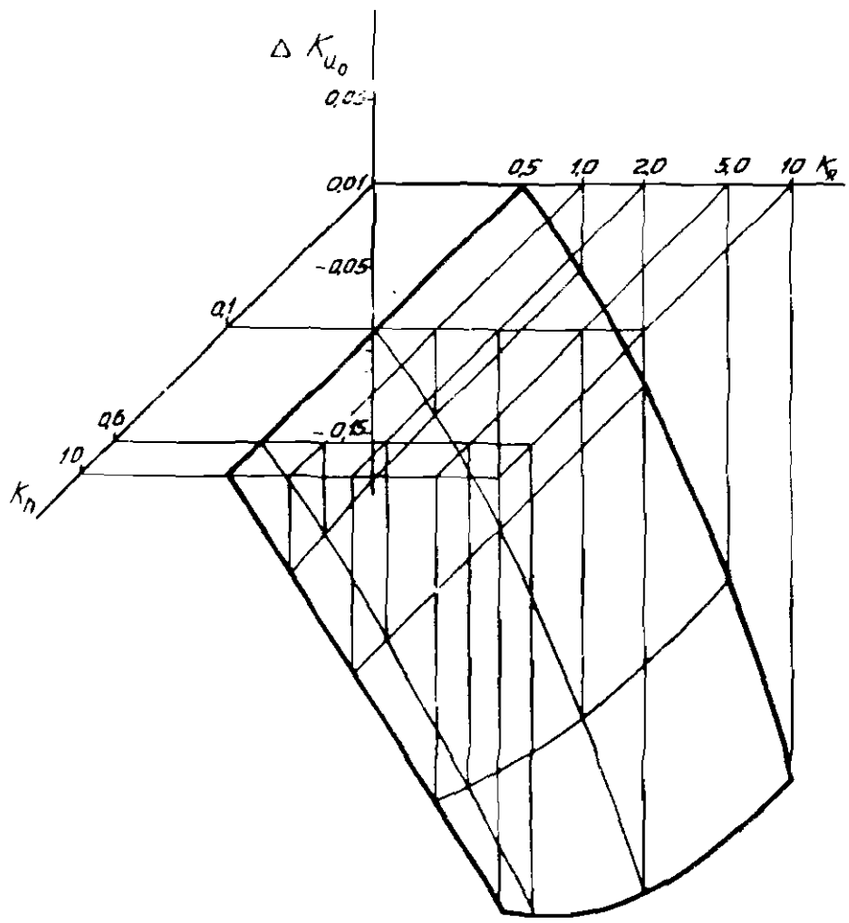


Рис.7. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_г = 0,5$ и $n = 1$

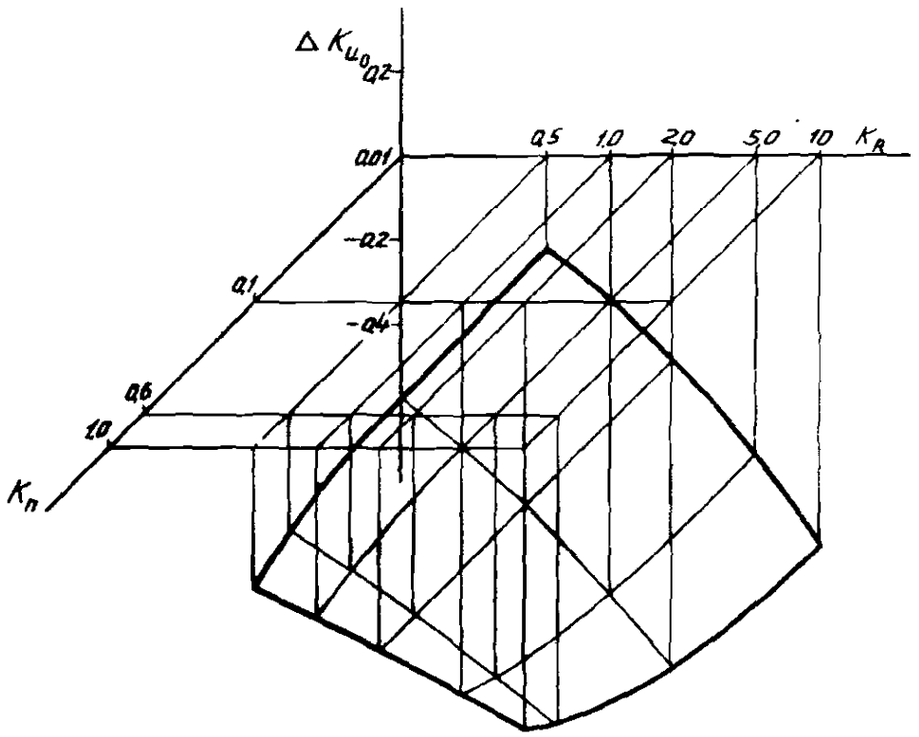


Рис.8. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u0} при K_γ = 0,5 и n = 2

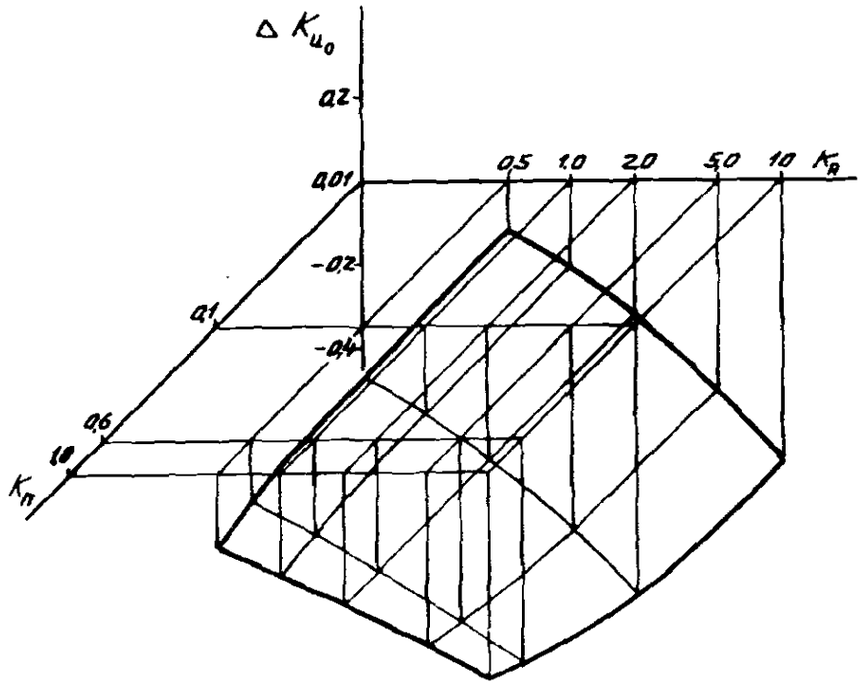


Рис.9. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u0}

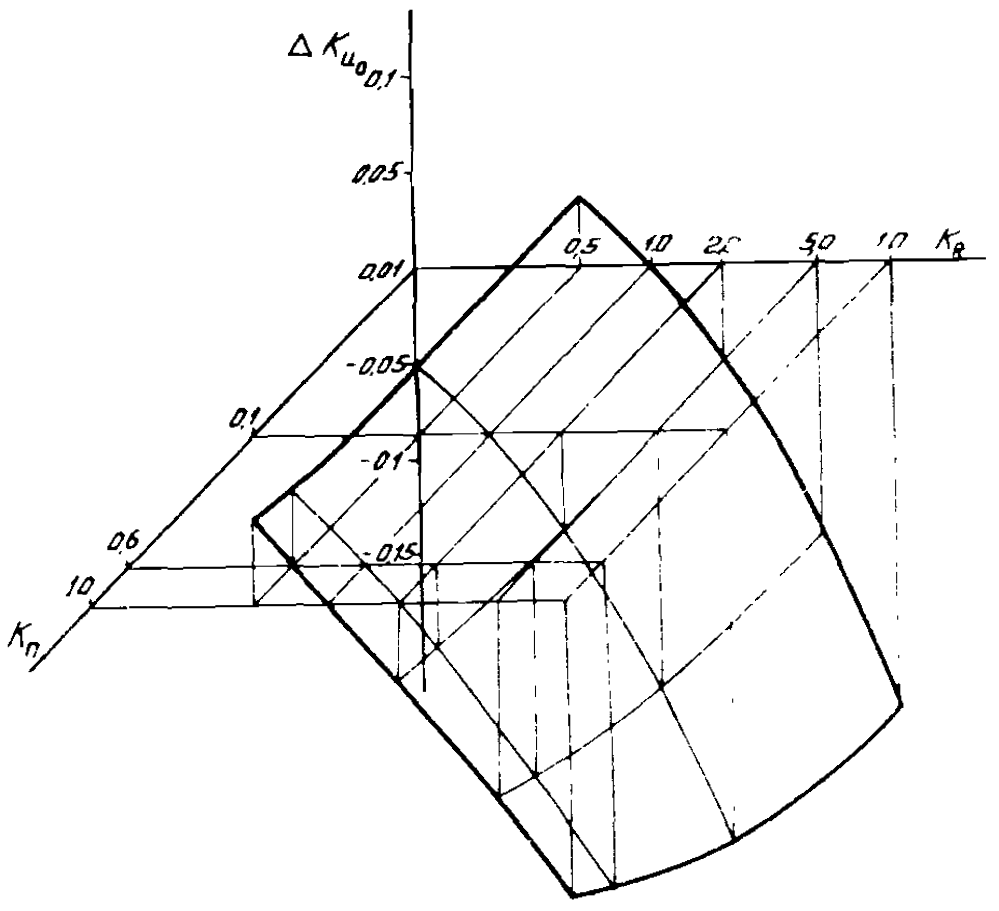


Рис.10. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_г = 1{,}0$ и $n = 1$

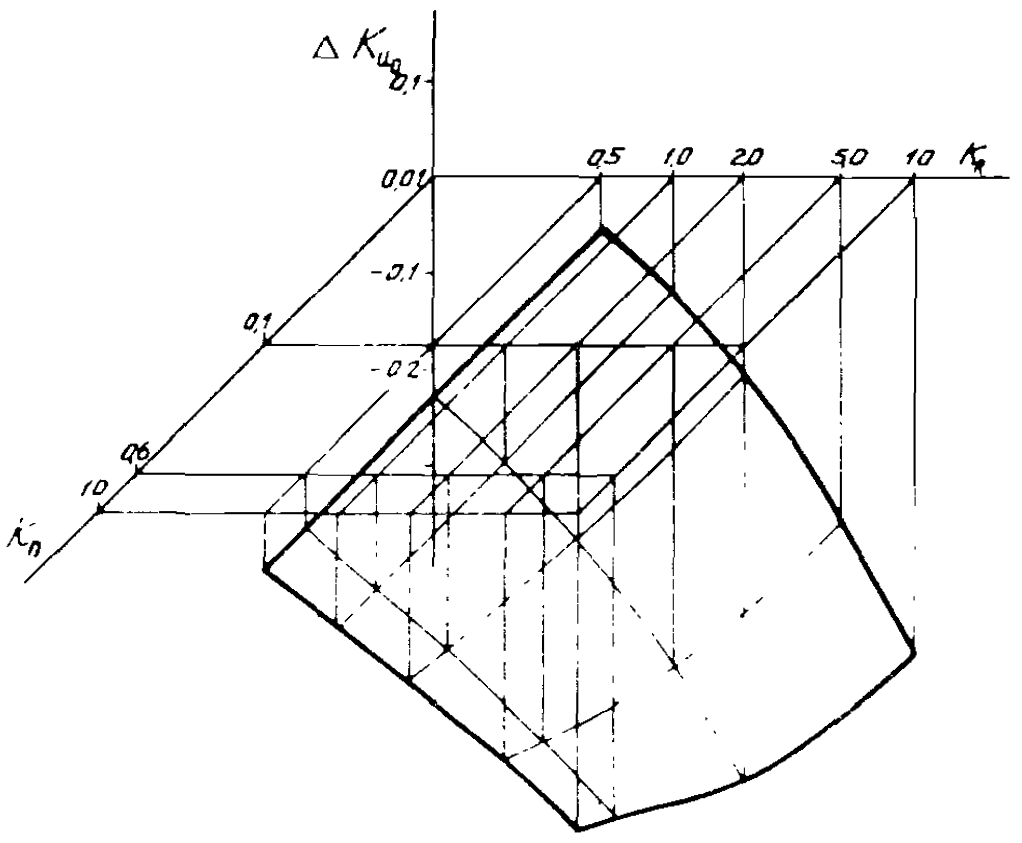


Рис.11. Номограмма для определения коэффициента K_{u_0} при $K_г = 1$ и $n = 2$

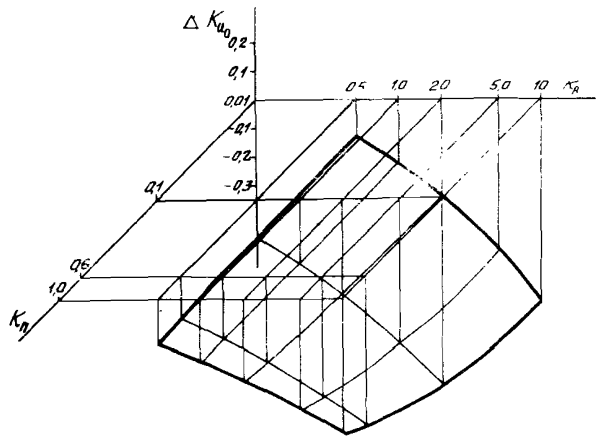


Рис.I2. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_\eta = I$ и $n = 3$

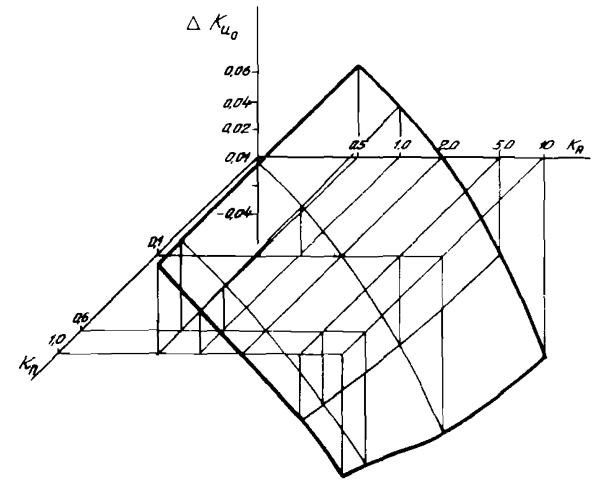


Рис.I3. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_\eta = 2$ и $n = I$

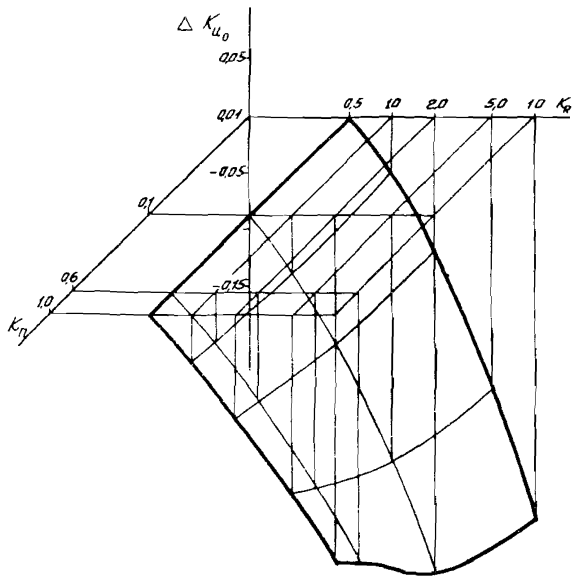


Рис.I4. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_\eta = 2$ и $n = 2$

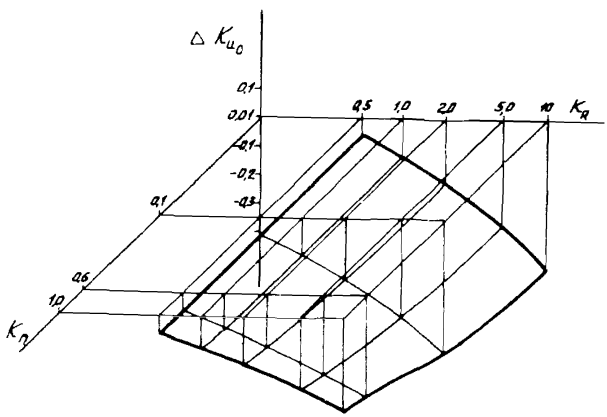


Рис.I5. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_\eta = 2$ и $n = 3$

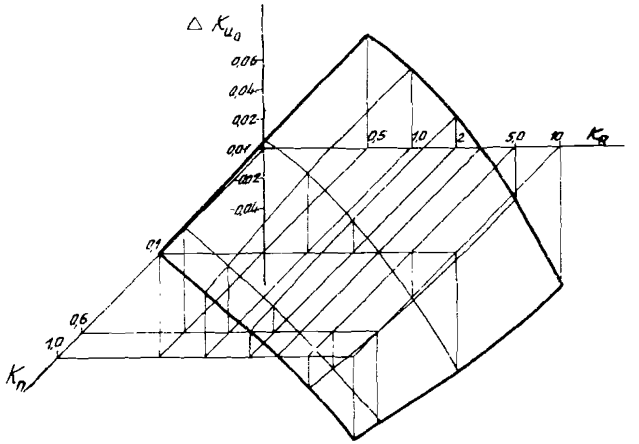


Рис.16. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_q = 3$ и $n = 1$

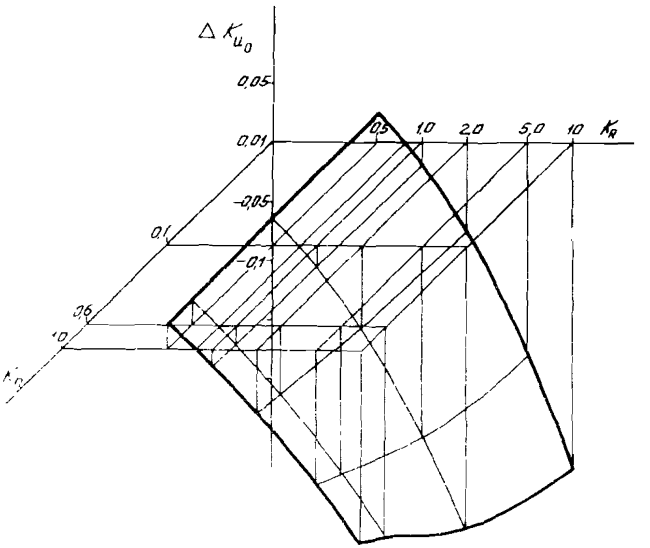


Рис.17. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_q = 3$ и $n = 2$

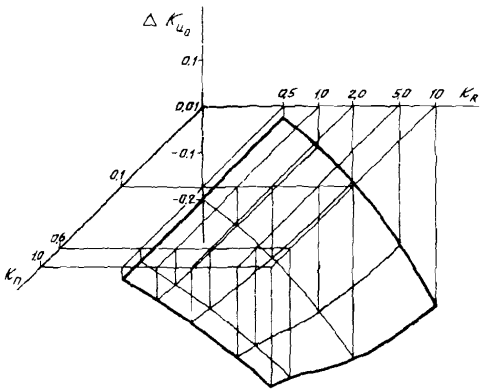


Рис.18. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_\gamma = 3$ и $n = 3$

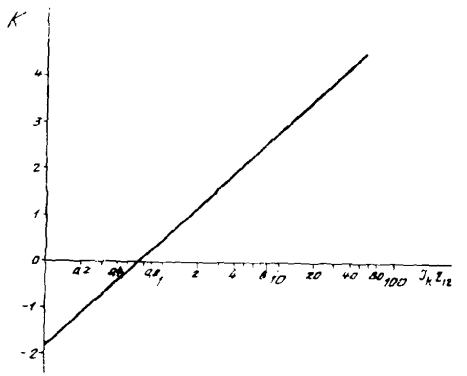


Рис.19. Определение расчетного коэффициента K по величине $J_k t_{12}$

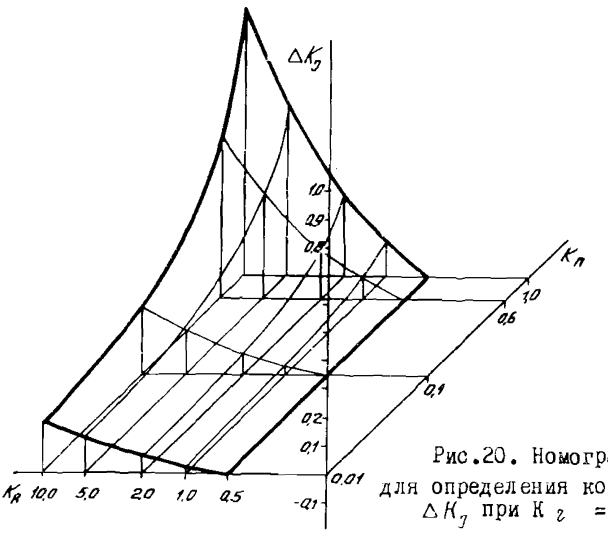


Рис.20. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3 при $K_г = 0,5$

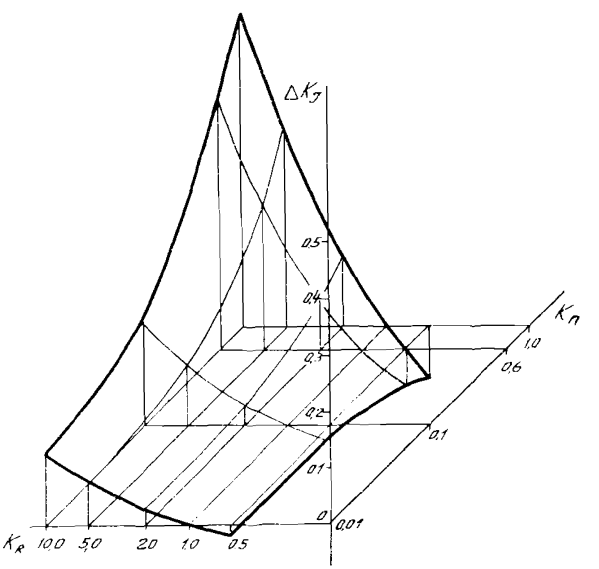


Рис.21. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3 при $K_г = 1$

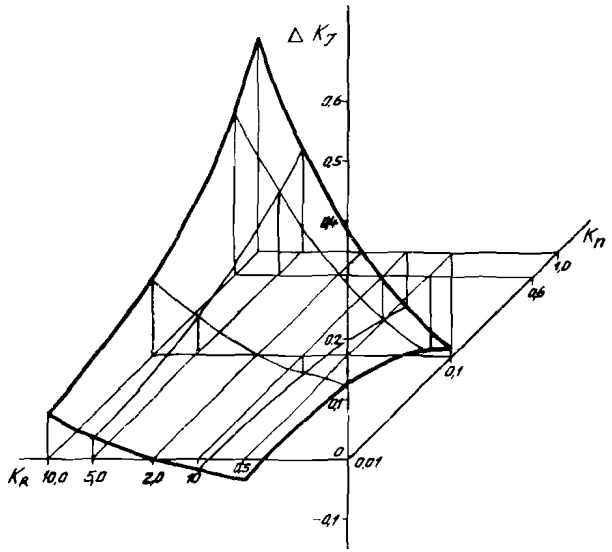


Рис.22. Номограмма для определения коэффициента ΔK_J при $K_2 = 2$

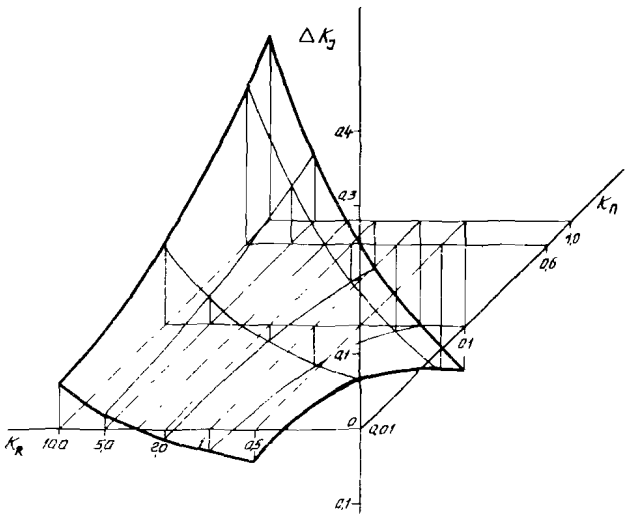


Рис.23. Номограмма для определения коэффициента ΔK_J при $K_2 = 5$

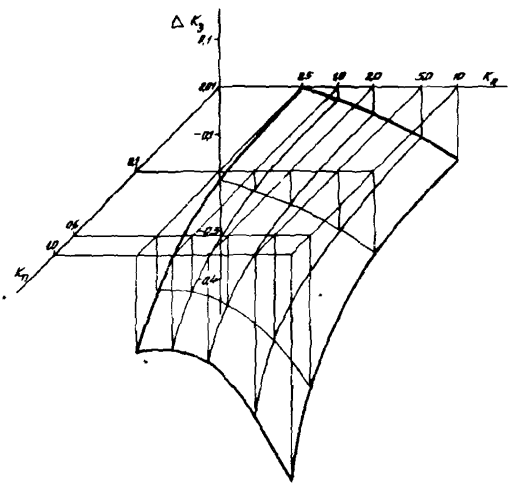


Рис.24. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3 при $K_3 = 2$ и $K_2 = 0,5$

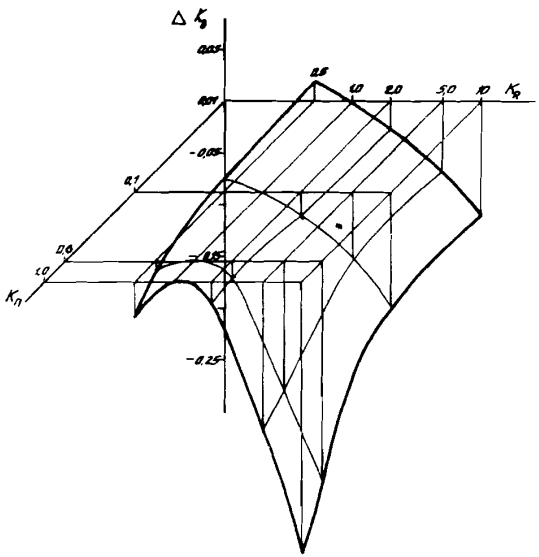


Рис.25. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_з = 2$ и $K_г = 1$

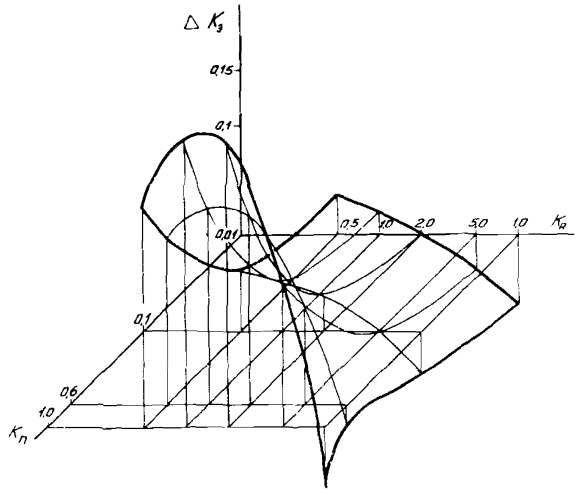


Рис.26. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_з = 2$ и $K_г = 2$

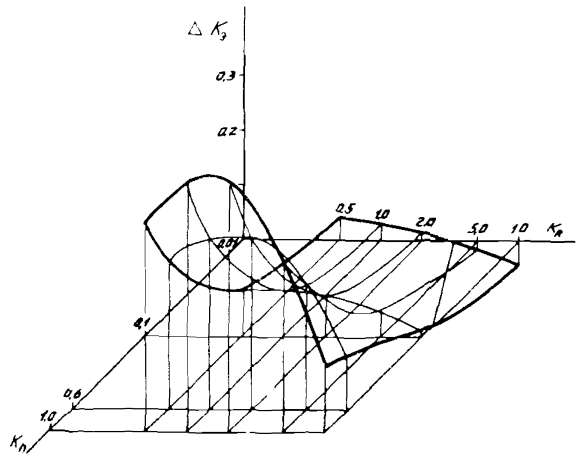


Рис.27. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_з = 2$ и $K_г = 3$

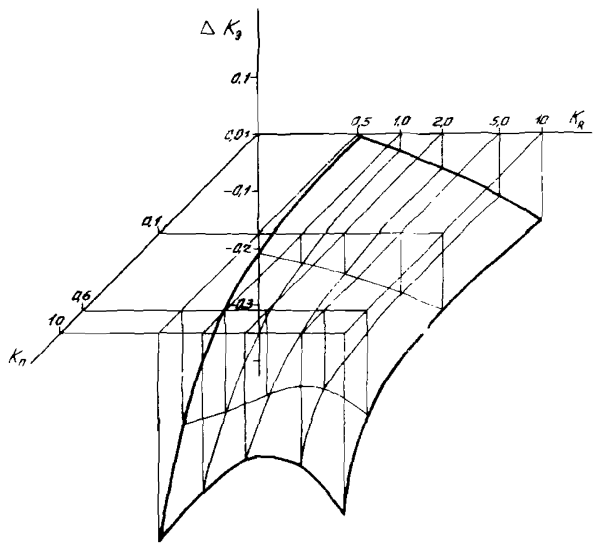


Рис.28. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3 при $K_3 = 4$ и $K_2 = 0,5$

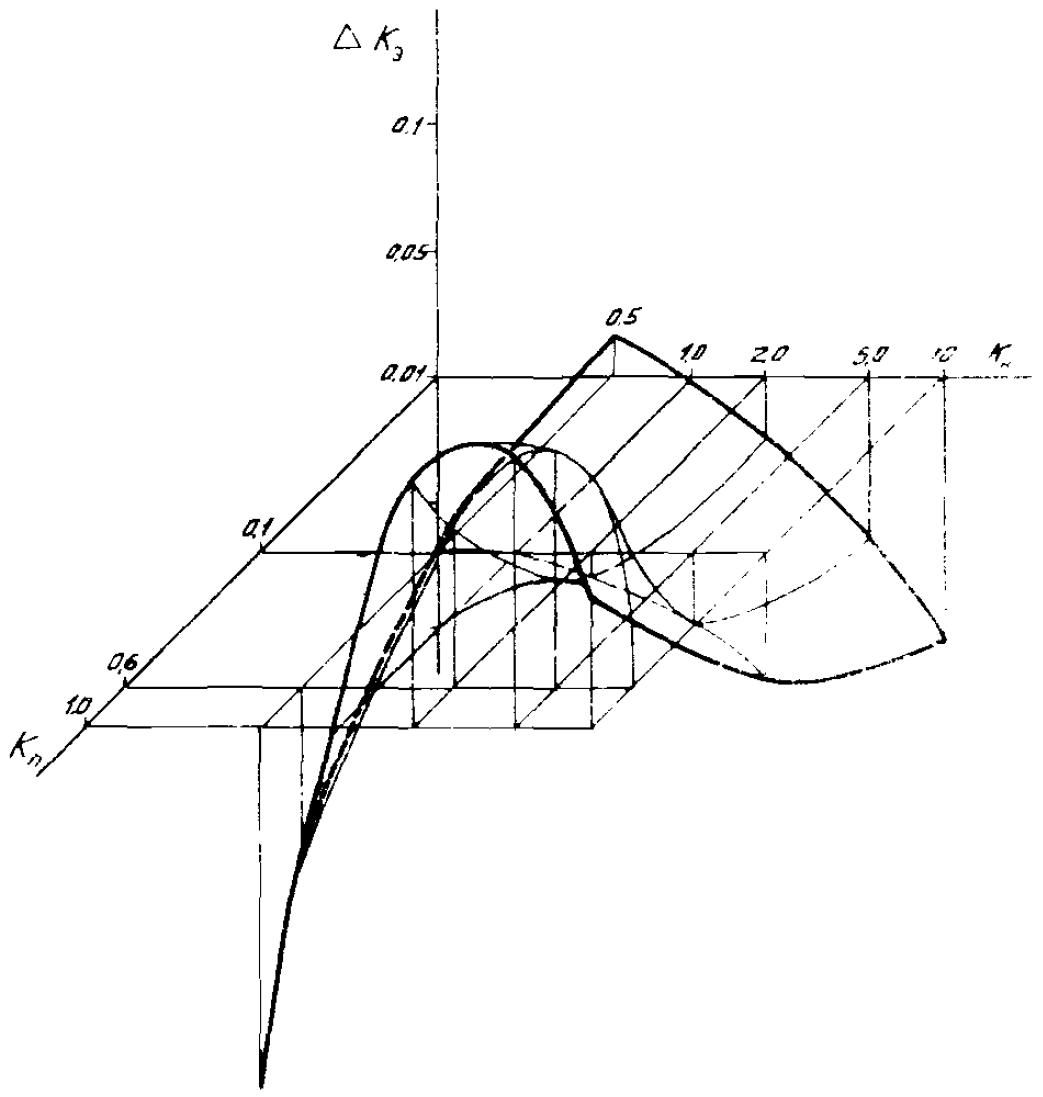


Рис.29. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3 при $K_3 = 4$ и $K_2 = I$

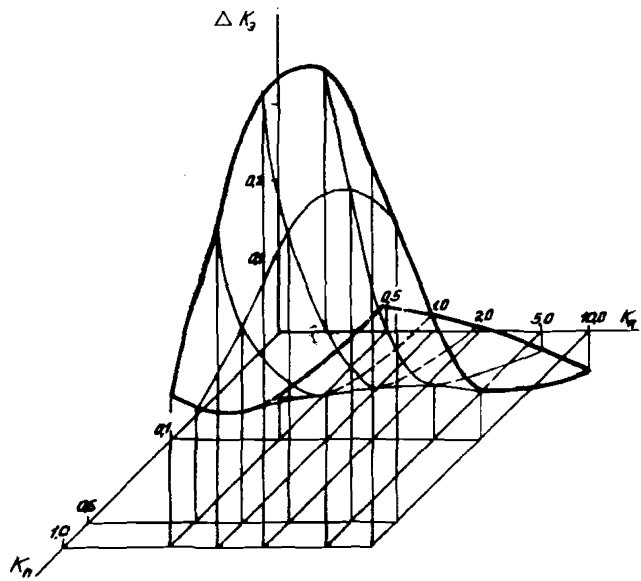


Рис.30. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_з = 4$ и $K_г = 2$

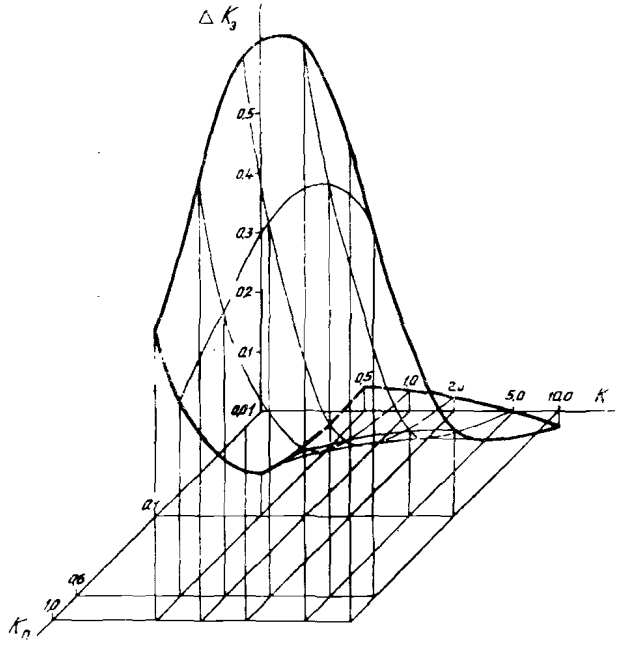
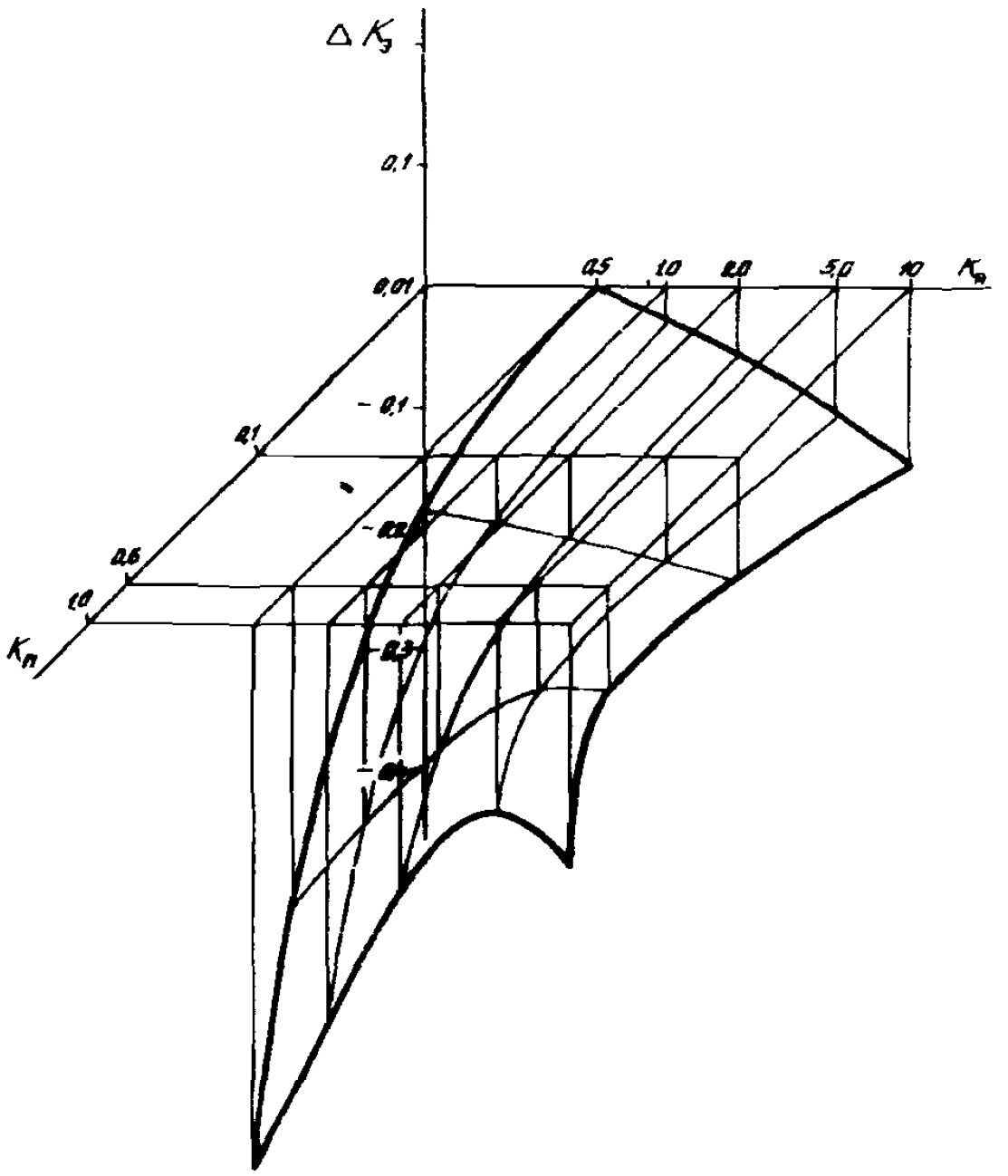


Рис.3I. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_з = 4$ и $K_г = 3$



Номограмма для определения коэффициента ΔK_3 при $K_3 = 3$ и $K_2 = 0,5$

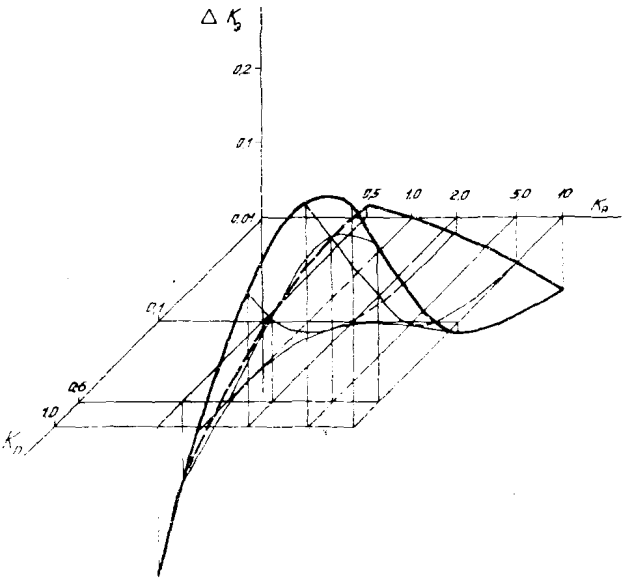


Рис.33. Номограмма для определения коэффициента ΔK_2 при $K_3 = 6$ и $K_2 = 1$

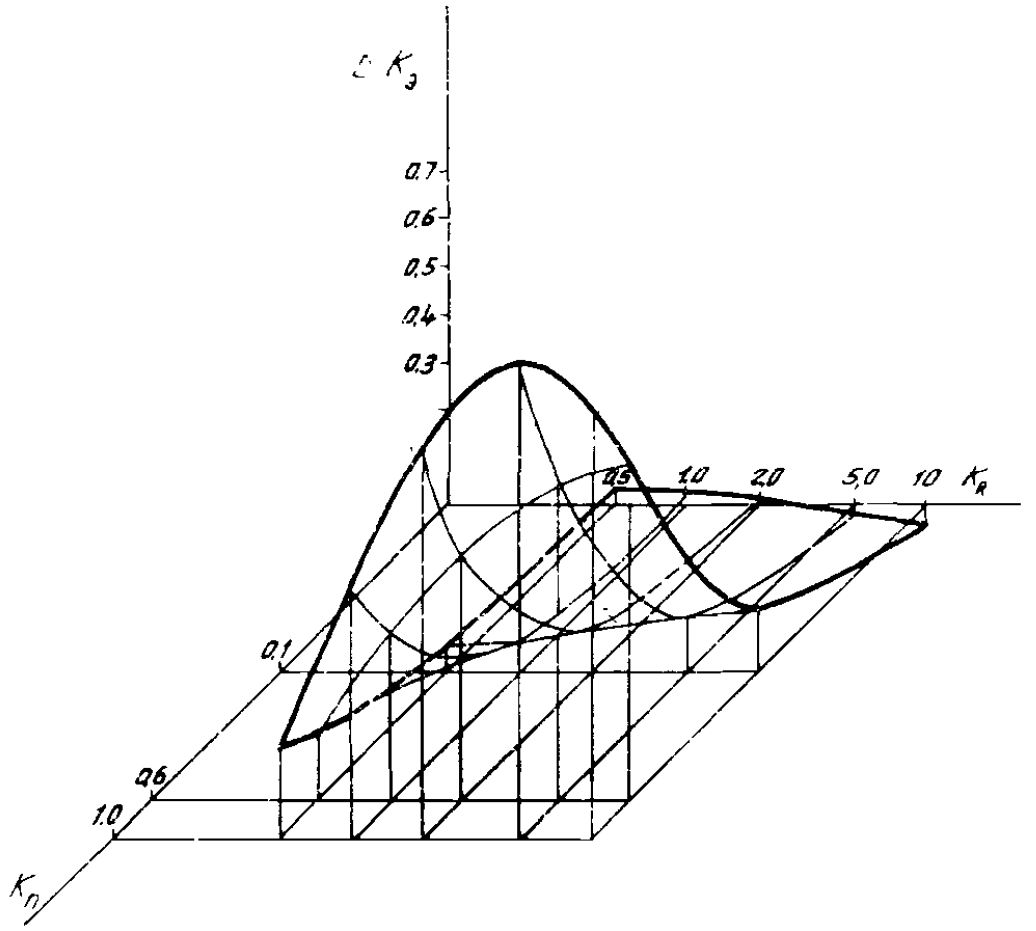


Рис.54. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_э = 6$ и $K_г = 2$

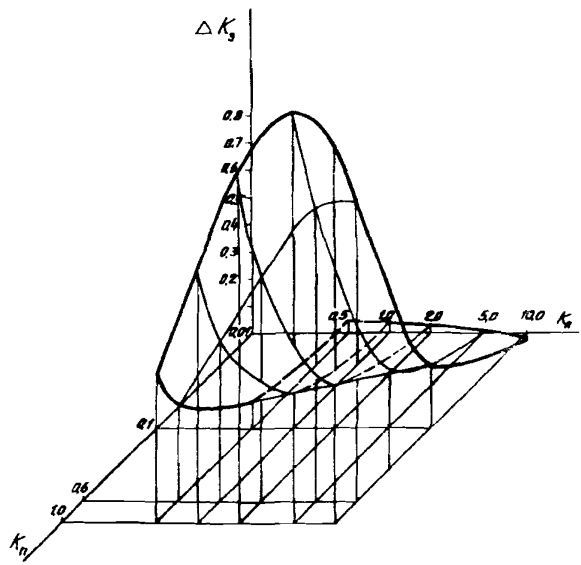


Рис.35. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_э = 6$ и $K_г = 3$

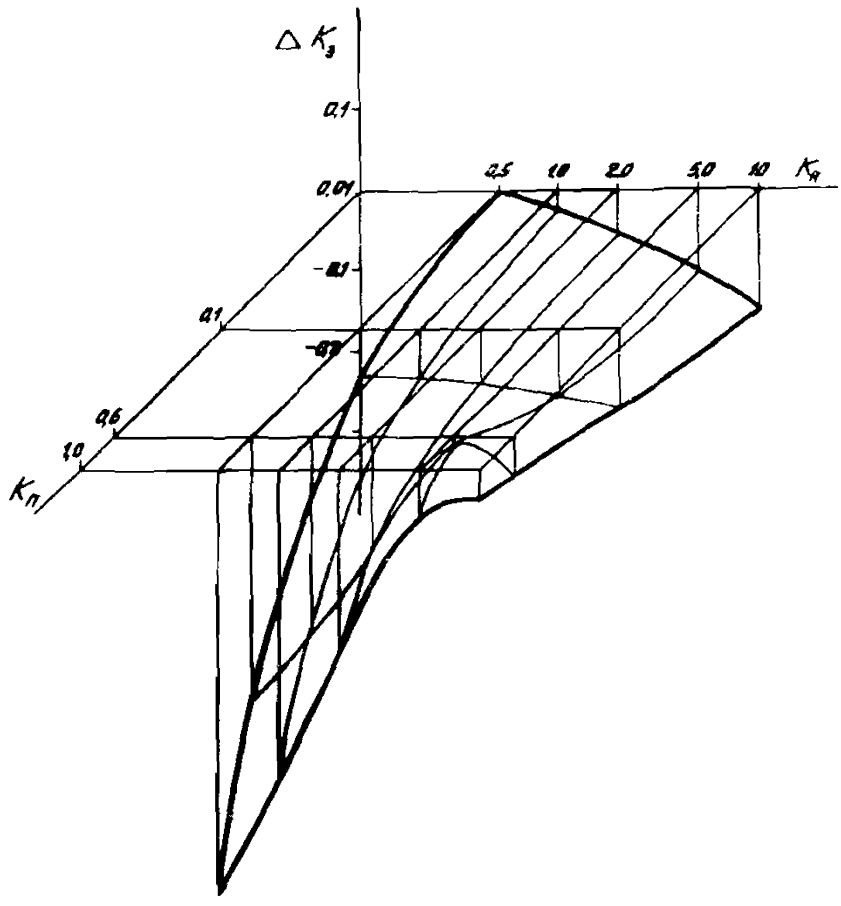


Рис. 36. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_э = 10$ и $K_г = 0,5$

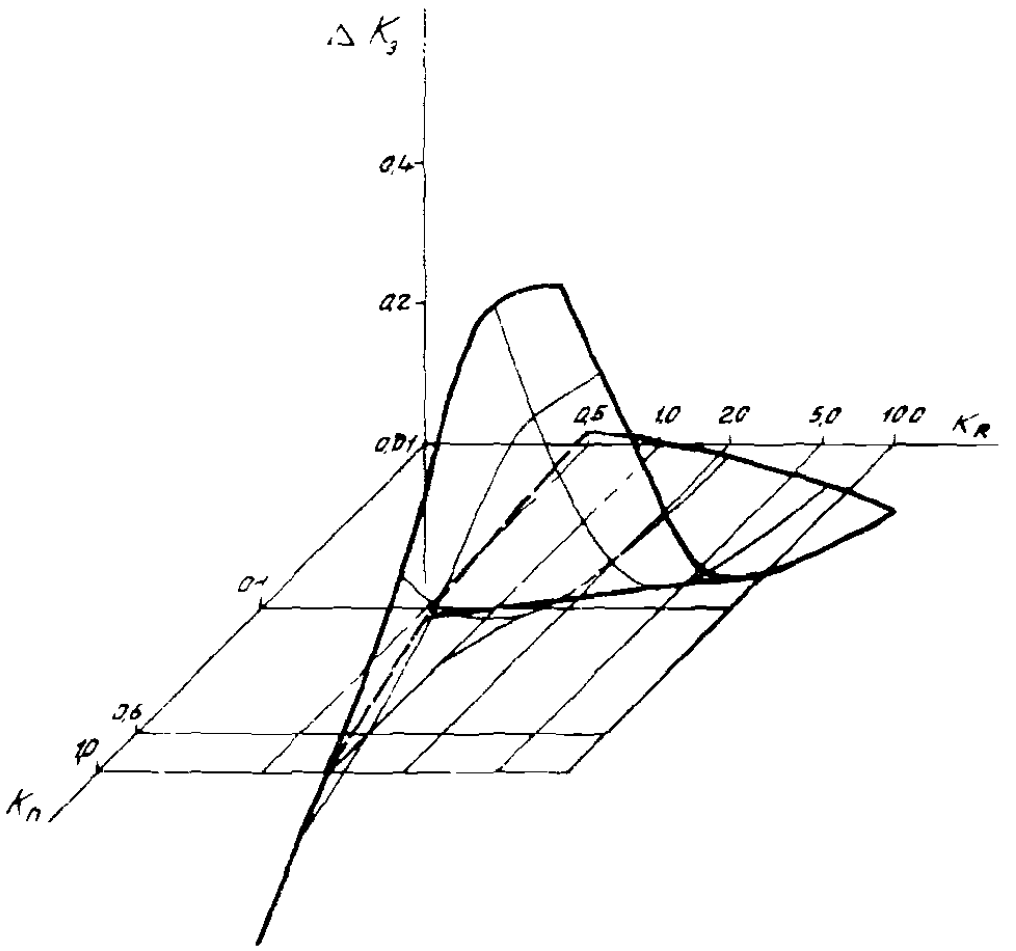


Рис.37. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_э$ = 10 и $K_с$ = 1

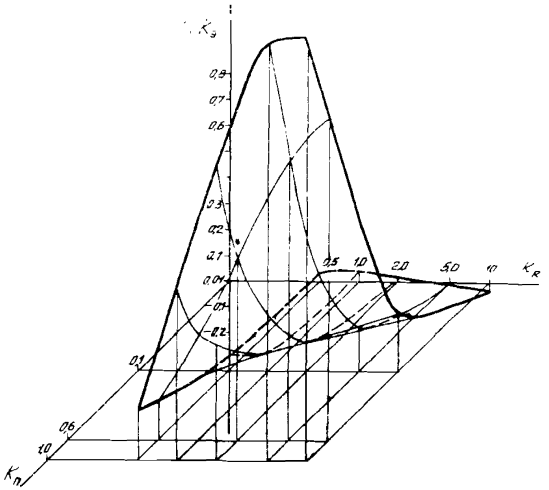


Рис.38. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_з$ = 10 и $K_г$ = 2

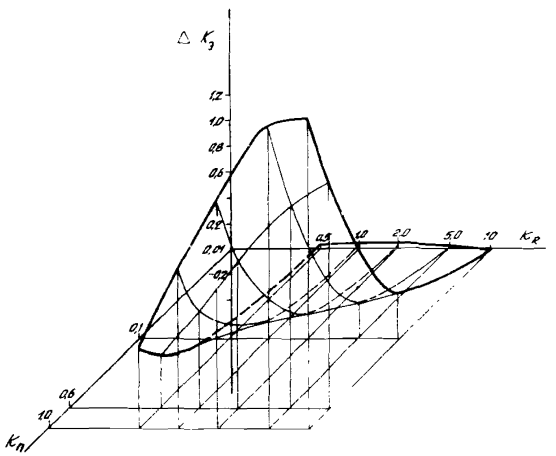


Рис.39. Номограмма для определения коэффициента $\Delta K_э$ при $K_з$ = 10 и $K_г$ = 3

2.10. Изменение длины защитной зоны установки катодной защиты в результате влияния наложенного потенциала в точке дренажа по данным номограмм следует определять по формуле

$$\Delta K_{u} = \frac{\Delta K_{u_0}}{K},$$

где ΔK_{u} - приведенное значение изменения длины защитной зоны, %;

K - расчетный коэффициент для определения действительного значения коэффициента ΔK_{u}:

$$K = \ell n\ 1{,}66\ J_{k} z_{12}.$$

3. РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ

3.1. Расчет дополнительной протекторной защиты следует проводить по общепринятым для каждого типа протекторов методикам.

3.2. При использовании спиральных протекторов выбор шага спирали a и угла навивки спирали по отношению к вертикальной оси поперечного сечения трубы β следует выбирать, исходя из требуемой величины защитного тока протектора и необходимой для этого величины сопротивления растеканию протектора R_{p}

3.3. Сопротивление растеканию спирального протектора можно определять по формуле

$$R_{p} = R_{k} + R_{0} e^{-\beta a},$$

где R_{k} - предельное значение сопротивления растеканию спирального протектора при бесконечном увеличении шага спирали, Ом;

$$R_{k} = \frac{0{,}73\rho}{L_{n}} \ell g \frac{L_{n}}{\sqrt{ah}},$$

L_{n} - длина стержня спирального протектора, м;

d - диаметр стержня спирального протектора, м;

h - глубина заложения оси спирали, м;

ρ - удельное сопротивление воды, Ом·м;

R_0 - приведенное сопротивление растеканию единичного витка спирального протектора, Ом;

$$R_0 = \frac{2\rho}{\pi\sqrt{D_c}};$$

D_c - диаметр спирали протектора, м;

γ - приведенный коэффициент распространения тока в спиральном протекторе, $м^{-1}$;

$$\gamma = \frac{4{,}6\, lg\, \frac{L_n}{d}}{\sqrt{D_c}}$$

3.4. Рабочую длину спирального протектора L_p можно определять по формуле

$$L_p = \frac{a L_n}{\sqrt{\pi^2 D_c^2 + a^2}}.$$

3.5. Угол навивки спирали протектора можно определять по формуле

$$\beta = arc\,cos\, \frac{\sqrt{L_n^2 - L_p^2}}{L_n}.$$

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. К работам по обследованию состояния электрохимической защиты на подводных переходах допускаются только лица, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности в управлениях эксплуатации газонефтепроводов.

4.2. Электрометрические работы при обследовании необходимо производить только с разрешения руководства управления эксплуатации, при обязательном соблюдении всех требований техники безопасности, приведенных при инструктаже.

4.3. Электрические измерения на водоемах следует выполнять с моторных или весельных лодок группой не менее чем из трех человек, обязанности которых распределяются следующим образом: один обеспечивает подвижность лодки и следит за ситуацией на водоеме, второй проводит измерения, третий осуществляет страховку.

4.4. На всех людях, находящихся в лодке, должны быть спасательные жилеты или спасательные пояса. При скорости течения более 4 км/ч измерения следует проводить только с моторной лодки.

4.5. При необходимости прикосновения к токоведущим частям катодную станцию установки электрохимической защиты предварительно следует отключить от сети. Во время грозы проводить электрометрические работы не разрешается.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 3

2. Расчет влияния подводного перехода на параметры катодной защиты 5

3. Расчет дополнительной протекторной защиты 36

4. Техника безопасности 37

РУКОВОДСТВО

по электрохимической защите магистральных трубопроводов на подводных переходах

Р 283-77

Издание ВНИИСТа

Редактор Г.К.Храпова

Корректор А.А.Хорошева

Технический редактор Т.В.Берешева

Л-78788 Подписано в печать 28.III.1977 Формат 60x84/I6

Уч.-изд.л. 2,7 Усл.печ.л. 3,0

Тираж 750 экз. Цена 27 коп. Заказ 99

Ротапринт ВНИИСТа

gost.e-ecolog.ru