

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

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 621.645.002.2(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 nomограммы 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.

(C) 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

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

1.2. Влияние подводного перехода (сычно) вызывает ускоренное затухание наложенного потенциала вдоль плеча защиты зоны, что приводит к сокращению ее протяженности (рис. 1, а).

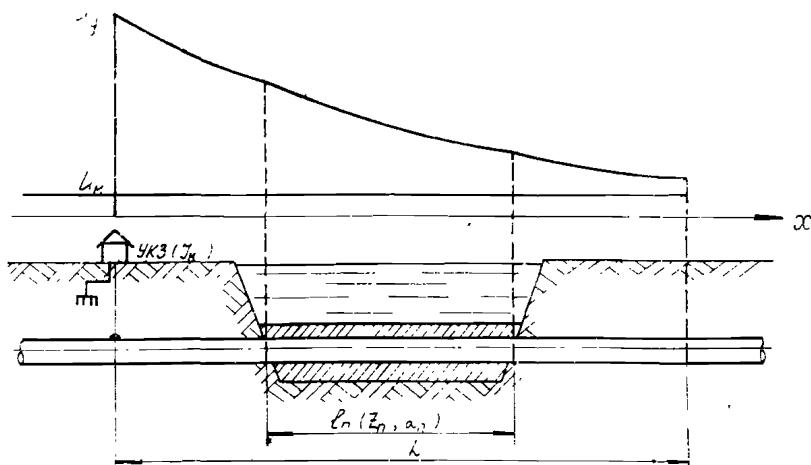


Рис. I. Возможное изменение наложенных потенциалов вдоль плеча зоны защиты трубопровода с подводным переходом

Внесено
ВНИИСТом

Утверждено ВНИИСТом
1 августа 1977 г.

Разработано
впервые

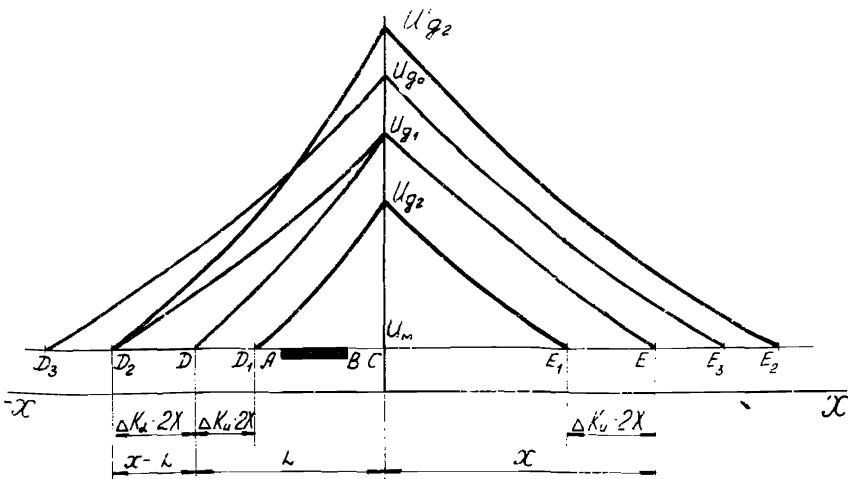


Рис.2. Возможное влияние параметров α_n и z_n подводного перехода на изменение длины зоны защиты установки катодной защиты (УКЗ):

AB - подводный переход; D_2CE - 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 α_n ; D_2D , E_1E - уменьшение защитной зоны в результате влияния параметра z_n ; 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 $J = J_K$; U_{g_1} - потенциал в точке дренажа при отсутствии подводного перехода для $J = J_K$; U_{g_2} - потенциал в точке дренажа на участке с подводным переходом для защитного тока $J > J_K$

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

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

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

2. РАСЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА НА ПАРАМЕТРЫ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

2.1. 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:

ℓ_n - 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;

$$R_{12} = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m \frac{z_i}{\ell_n^2} \frac{x_i^2}{U_{x_i}} U_q} \quad \text{или} \quad R_{12} = R_{T_H} e^{-0.125t};$$

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

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

x_i - координаты точек измерения наложенных потенциалов, м;

m - количество измерений;

t - срок службы трубопровода, лет;

R_n - среднее переходное сопротивление трусаопровода на подводном переходе, $\Omega \cdot \text{м}$;

$$R_n = \frac{U_g^2 R_{12} \ell_n}{L (J_k z_{12} - U_g)^2 - U_g^2 (L - \ell_n)}$$

или

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

z_{12} - продольное сопротивление трусаопровода на подземных участках, $\Omega/\text{м}$;

z_n - среднее продольное сопротивление трубопровода на участке подводного перехода, $\Omega/\text{м}$;

$$z_n = \left(\sum_{i=1}^{i=n} z_{n_i}^{-1} \right)^{-1},$$

при одинаковых электрических параметрах всех ниток подводного перехода можно считать:

$$R_n = \frac{R_{n_i}}{n}; \quad z_n = \frac{z_{n_i}}{n};$$

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

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

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

U_{g_0} - возможный наложенный потенциал в точке дренажа установки катодной защиты при условии отсутствия подводного перехода, В ;

$$U_{g_0} = \frac{1}{2} J_k z_{12};$$

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

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

z_3 - эквивалентное входное сопротивление плеча защитной зоны с подводным переходом, Ω ;

$$z_3 = \frac{4 z_{12} z_n}{3 z_n + z_{12}};$$

ζ_n - входное сопротивление подводного перехода, Ом:

$$\zeta_n = \sqrt{\zeta_{l2} R_n} ;$$

α_{l2} - коэффициент распространения тока вдоль подземных участков трубопровода, А/м

$$\alpha_{l2} = \sqrt{\frac{\zeta_{l2}}{R_{l2}}} ;$$

α_3 - эквивалентный коэффициент распространения тока вдоль плеча защитной зоны с подводным переходом, А/м

$$\alpha_3 = \frac{\lambda_3}{R_3} = \frac{K_n(\alpha_n \sqrt{R_{l2}} - V\zeta_{l2}) + V\zeta_{l2}}{\sqrt{R_{l2}}} ,$$

α_n - коэффициент распространения тока вдоль подводного перехода, А/м

$$\alpha_n = \sqrt{\frac{\zeta_n}{R_n}} ;$$

R_3 - эквивалентное среднее переходное сопротивление трусаопровода на переходное сопротивление трусаопровода, Ом·м;

$$R_3 = \psi R_{l2} ;$$

ψ - коэффициент длины подводного перехода

$$\psi = \frac{4\sqrt{K_l}}{\sqrt{K_n} [K_n(3K_l - 1) + 1] + \sqrt{K_l} [K_n(3 \cdot K_l) - 3]} ;$$

K_n - коэффициент продольного сопротивления подводного перехода

$$K_n = \frac{\ell_n}{L} ;$$

K_l - коэффициент переходного сопротивления подводного перехода;

$$K_l = \frac{\zeta_n}{\zeta_2} ,$$

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;

$$K_J = \frac{U_g}{U_{g_0}} = \frac{2z_3}{z_3 + z_{12}} = \frac{2\sqrt{q[K_n(K_z - 1) + 1]}}{\sqrt{q[K_n(K_z - 1) + 1] + 1}};$$

K_3 - коэффициент неравномерности защитных потенциалов;

$$K_3 = \frac{U_g}{U_m},$$

K_α' - коэффициент затухания тока;

$$K_\alpha' = \frac{L}{X} = \frac{\alpha_{12}}{\alpha_3} = \frac{1}{K_n(\sqrt{K_z K_R} - 1) + 1}.$$

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 ΔK_u .

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

$$\Delta K_x = \frac{50K_n(1 - \sqrt{K_2 K_R})}{K_n(\sqrt{K_2 K_R} - 1) + i}.$$

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

$$\Delta K_u = \left\{ \frac{\ell_n K_3}{\ell_n \frac{K_3}{K_2}} - \frac{\ell_n \sqrt{K_3}}{\left\{ 1 + [K_n(K_2 K_R - 1)]^{-1} \right\} \ell_n \frac{K_3}{K_2}} \right\} \cdot 100.$$

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

$$\Delta K_j = \left(K_j^{\frac{2}{1+K'_x}} - K_j^{\frac{1+K'_x}{1+K'_x} - 1} \right) \cdot 100$$

2.9. В диапазонах изменения:

$$K_n = 0,01 \div 1,0;$$

$$K_2 = 0,5 \div 3,0;$$

$$K_R = 0,5 \div 10,0;$$

$$K_3 = 2 \div 10,0;$$

$$n = 1 \div 3.$$

Величины ΔK_x , ΔK_u , ΔK_j и $\Delta K_{j'}$ можно определять по номограммам на рис.3-33, где n - число ниток трубоопровода на подводном переходе; ΔK_j - показатель изменения расхода тока

$$\Delta K_j = ? / K_j$$

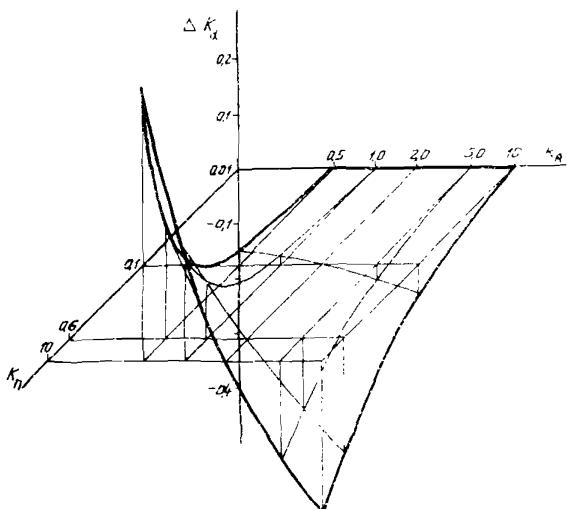


Рис.3. Номограмма для определения коэффициента ΔK_x при $K_z = 0.5$

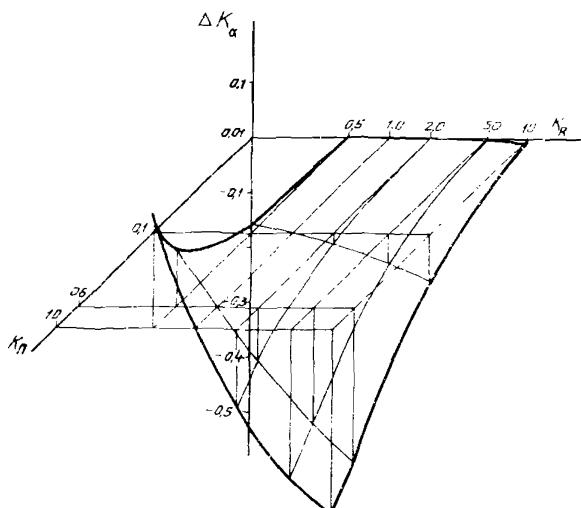


Рис.4. Номограмма для определения коэффициента ΔK_x при $K_z = 1$

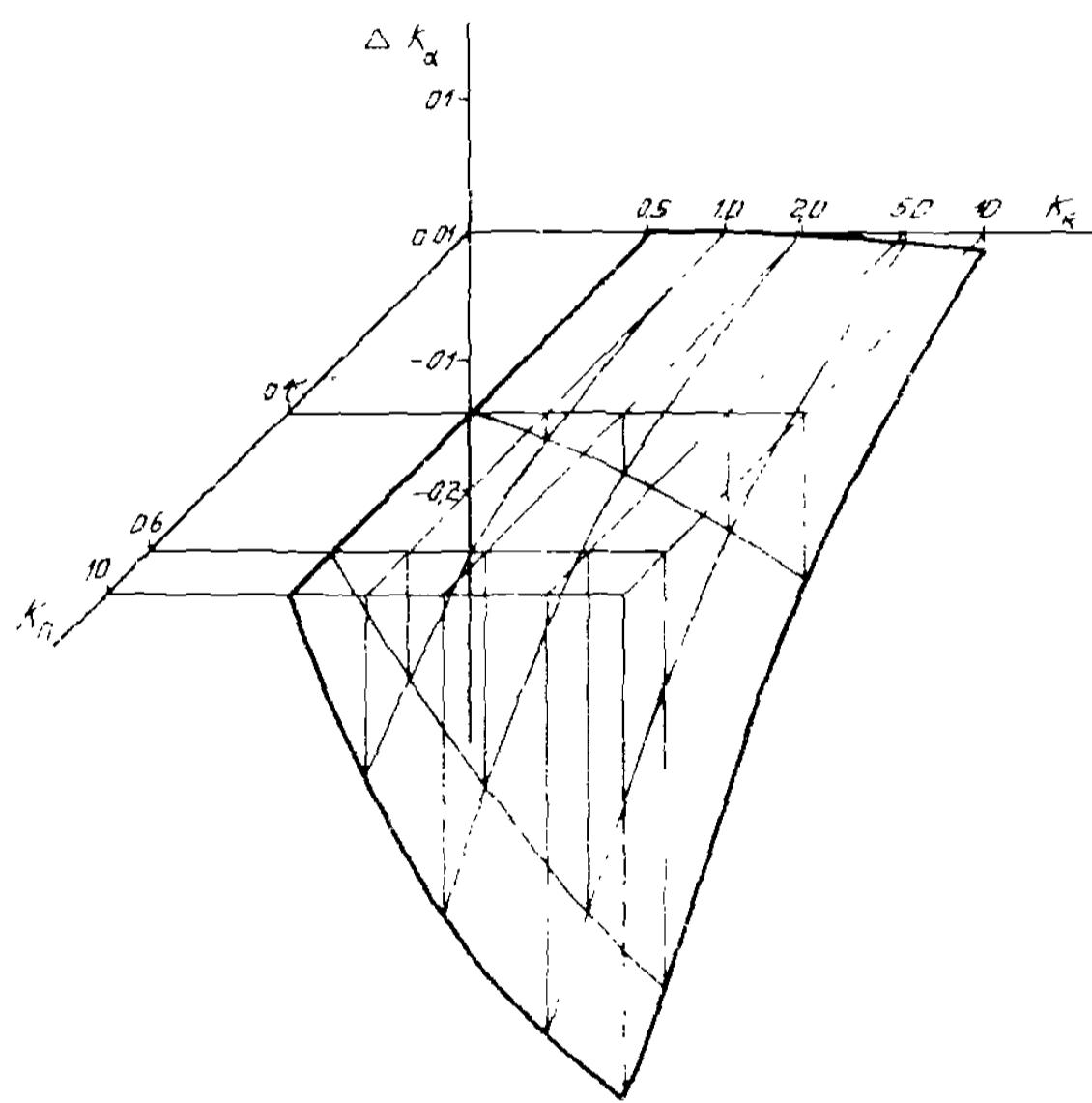


Рис. 2. Номограмма для определения коэффициента
 ΔK_x при $K_x = \epsilon$

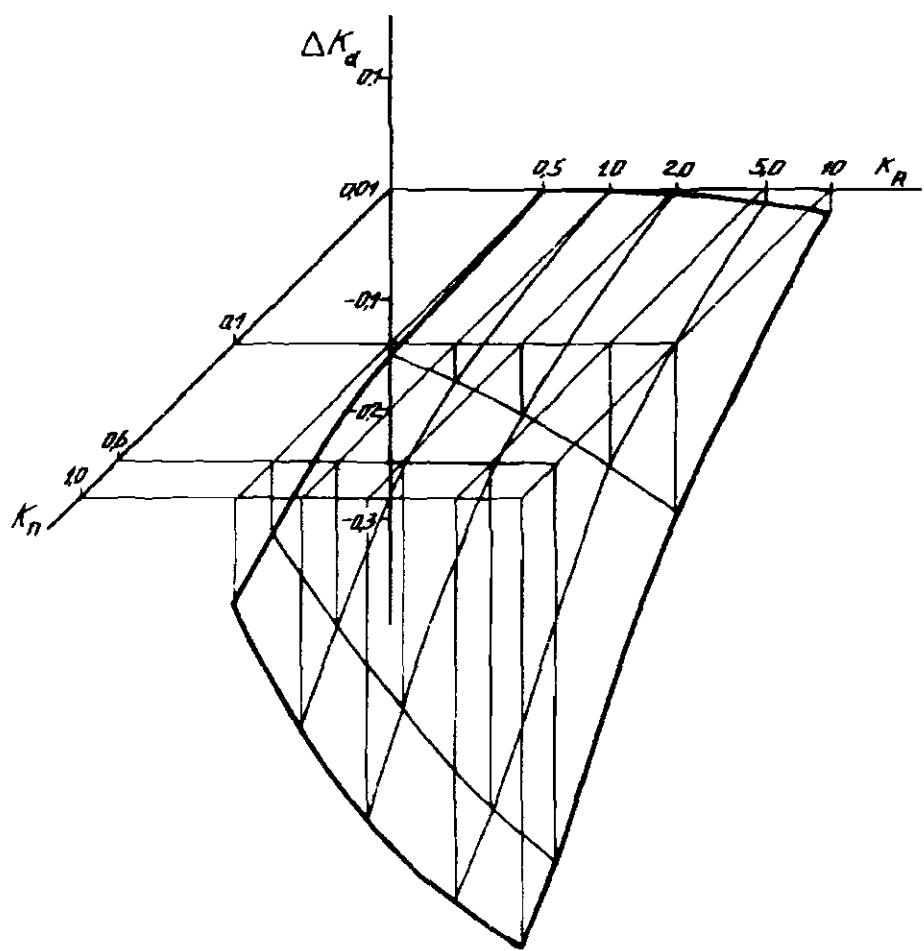


Рис.6. Номограмма для определения коэффициента
 ΔK_α при $K_z = 3$

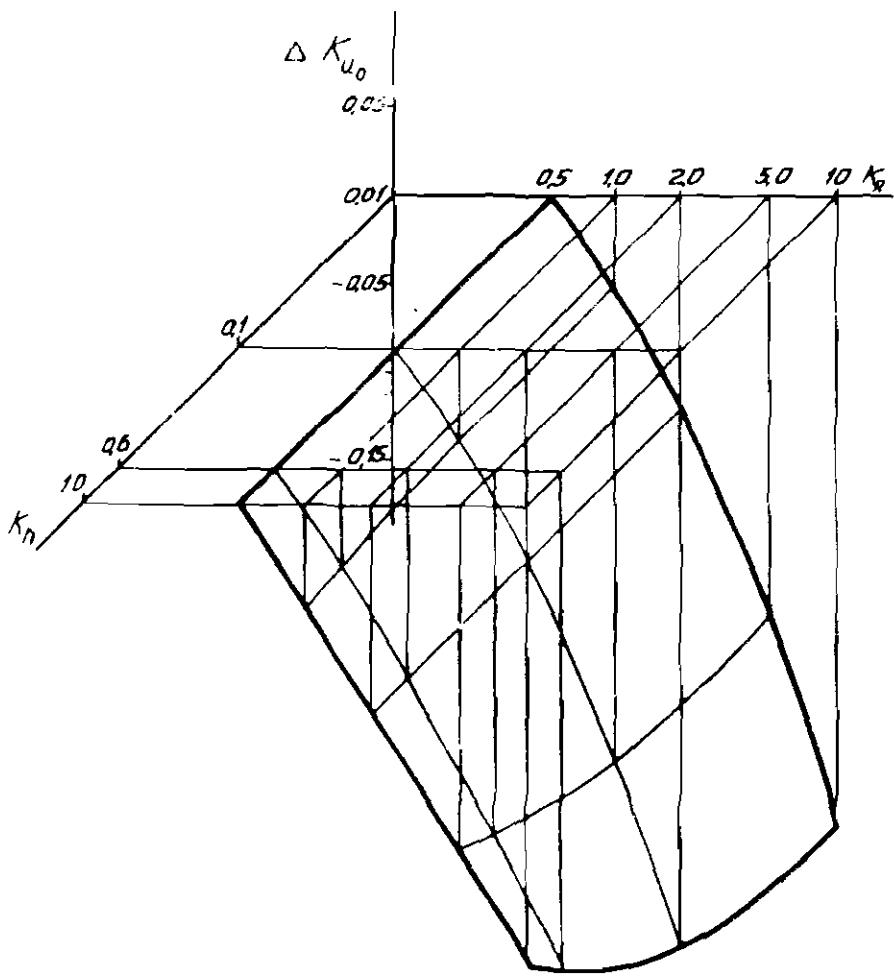


Рис.7. Номограмма для определения коэффициента
 ΔK_{U_0} при $K_z = 0,2$ и $n = I$

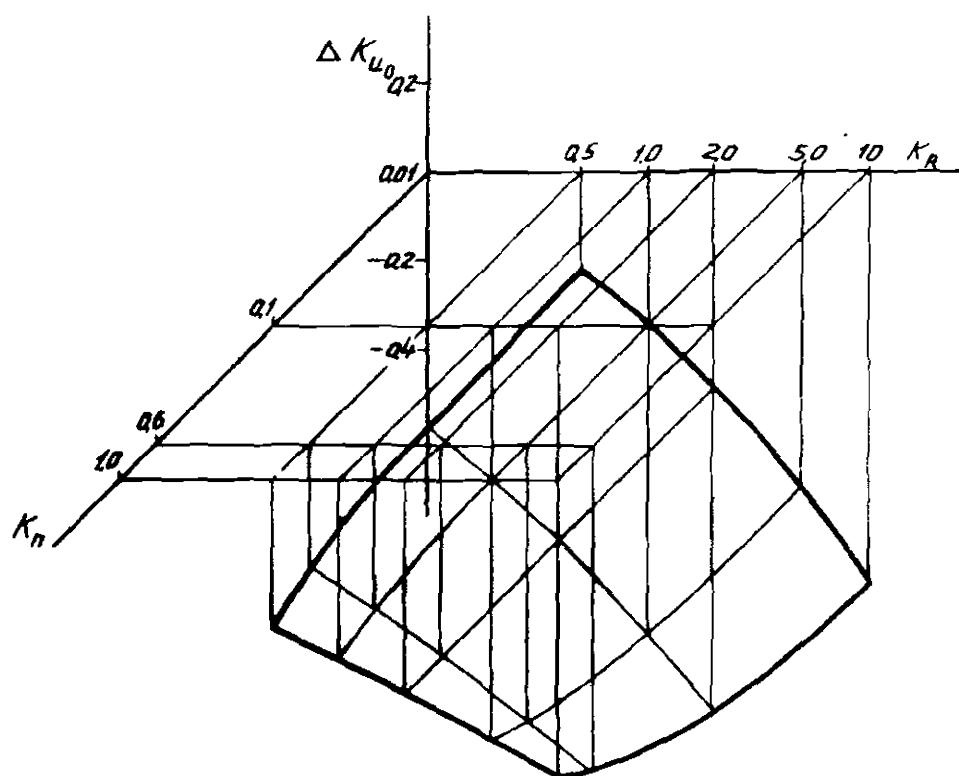


Рис.5. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0} при $K_Z = 0,5$ и $n = 2$

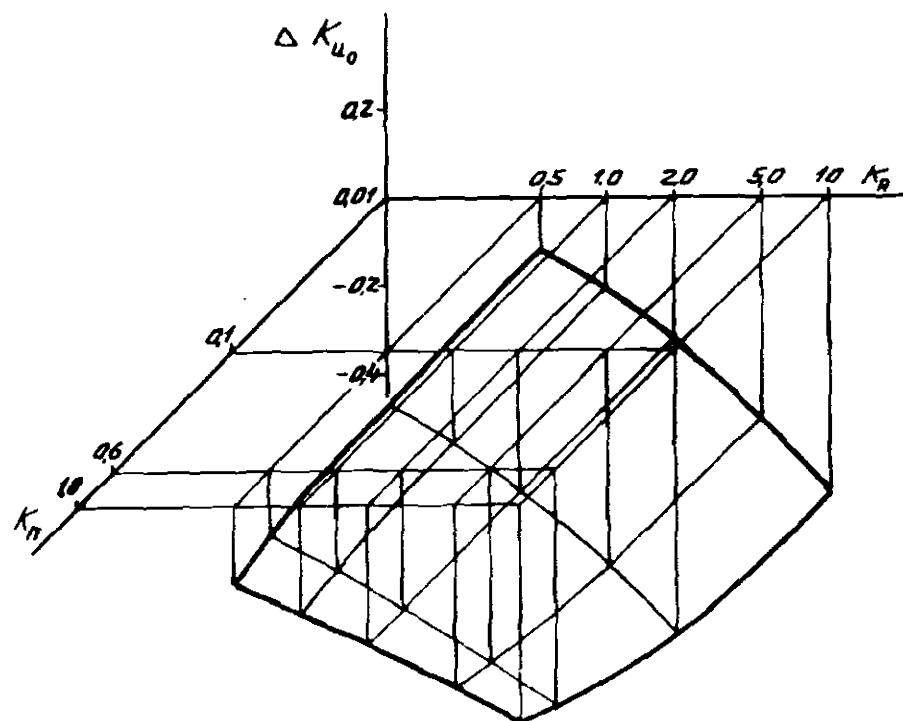


Рис.9. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0}

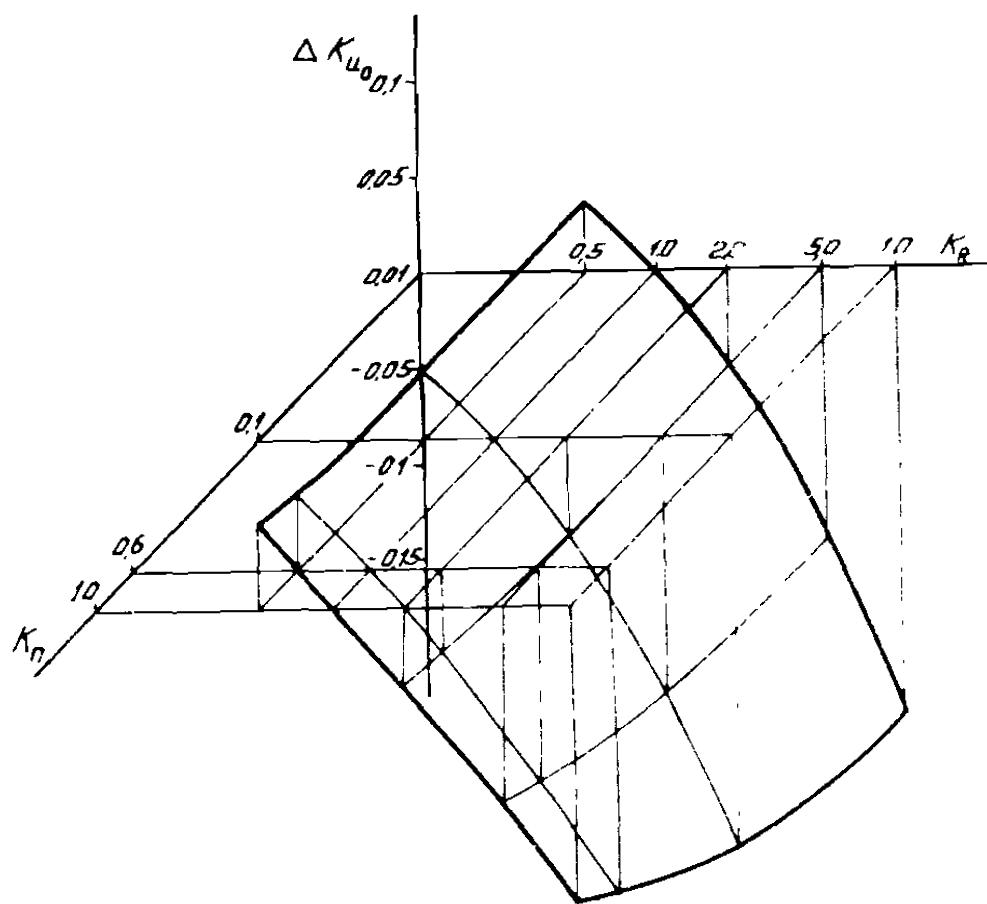


Рис.10. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u0}
при $K_2 = 1,0$ и $n = I$

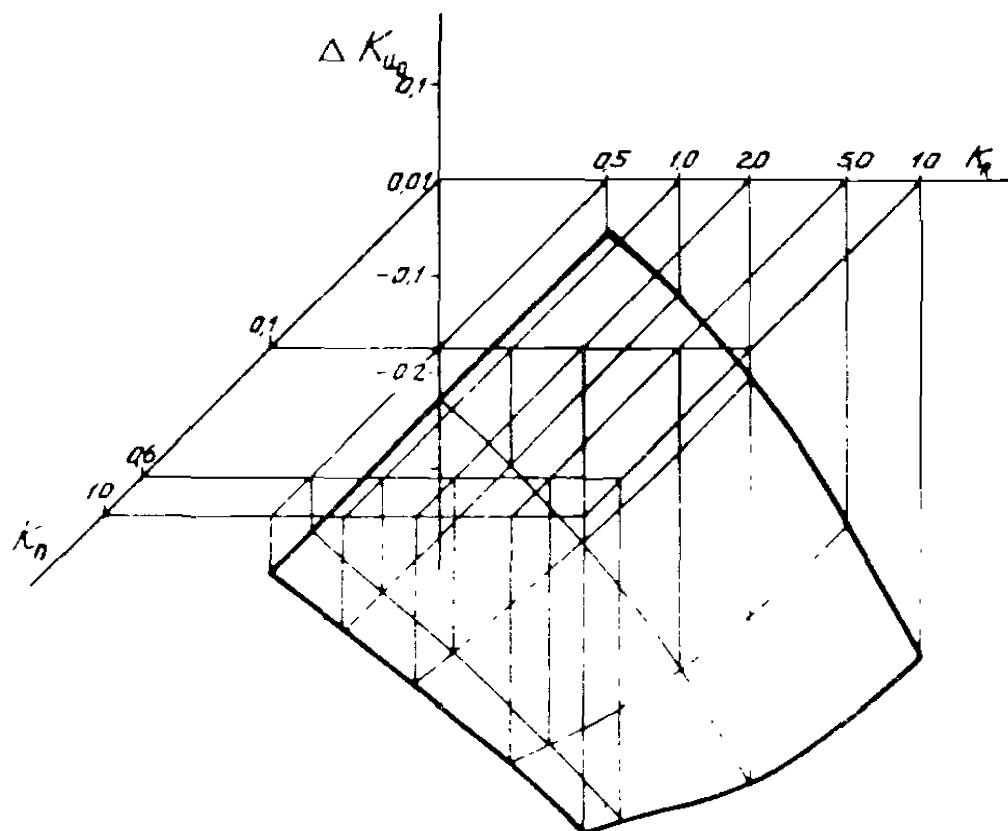


Рис.11. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u0}
 $K_2 = 1$ и $n = II$

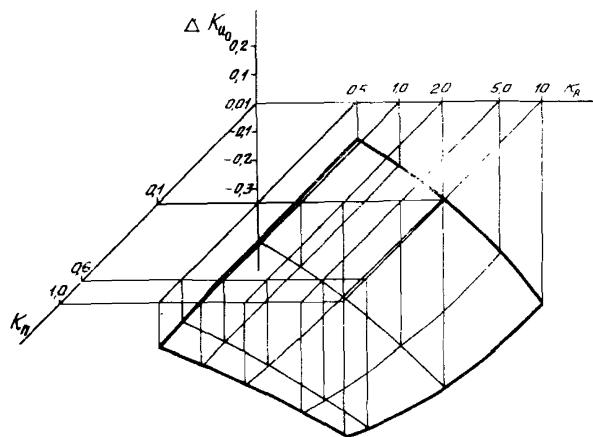


Рис.12. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0}
при $K_2 = 1$ и $n = 3$

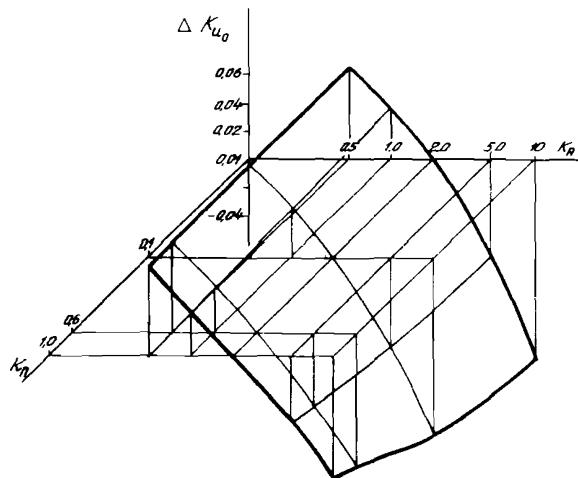


Рис.13. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0}
при $K_2 = 2$ и $n = 1$

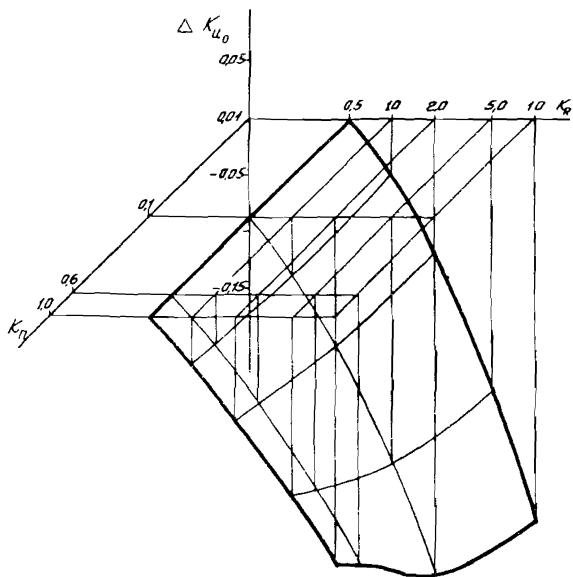


Рис. I4. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0}
при $K_7 = 2$ и $n = 2$

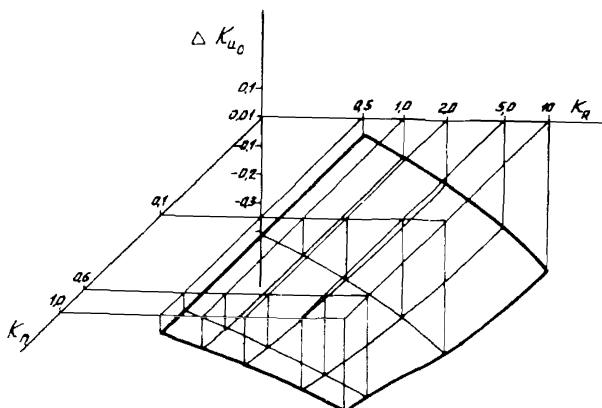


Рис. I5. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0}
при $K_7 = 2$ и $n = 3$

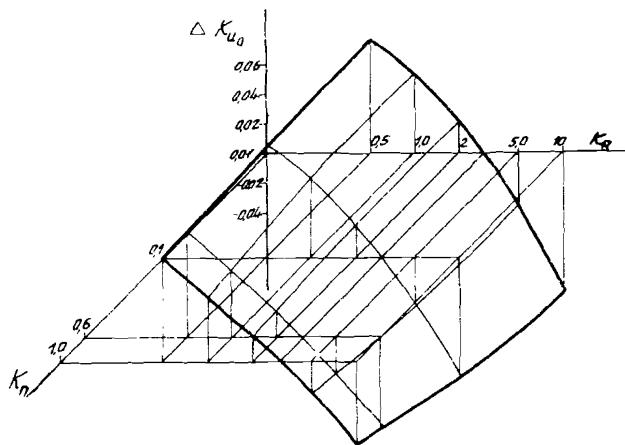


Рис. I6. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0}
при $K_d = 3$ и $n = 1$

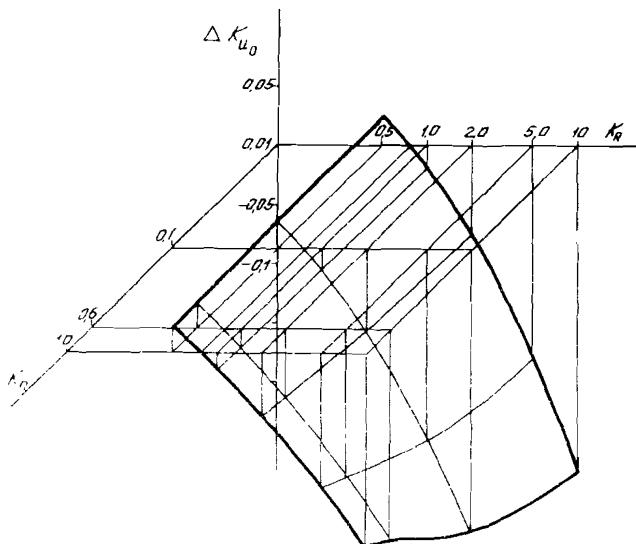


Рис. I7. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{u_0}
при $K_d = 3$ и $n = 2$

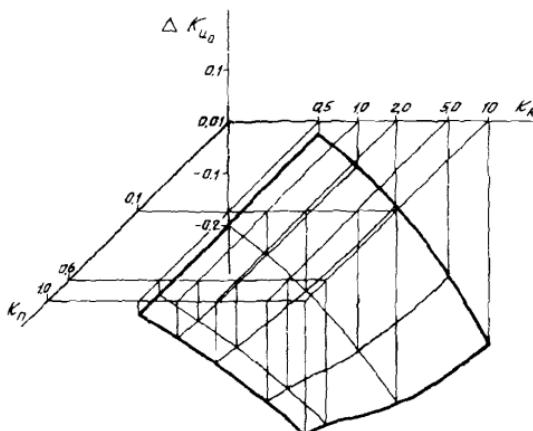


Рис. 18. Номограмма для определения коэффициента ΔK_{40}
при $K_7 = 3$ и $n = 3$

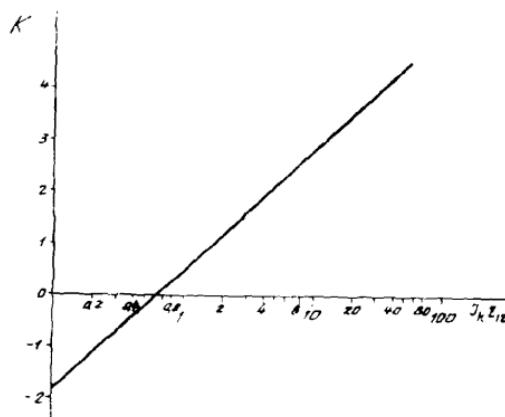


Рис. 19. Определение расчетного коэффициента K по
изменению $3_k t_{12}$.

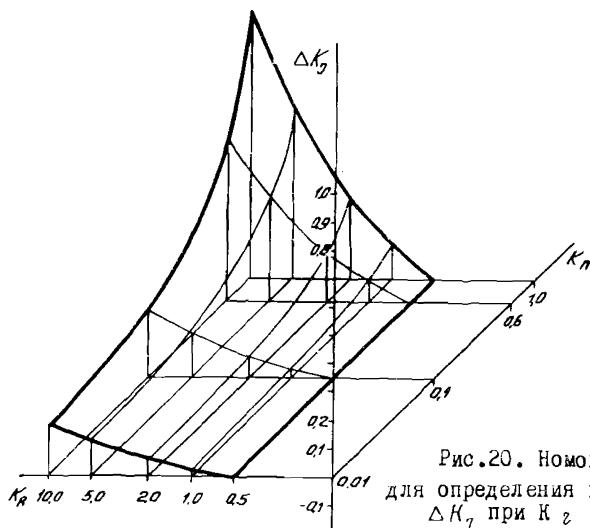


Рис.20. Номограмма
для определения коэффициента
 ΔK_2 при $K_2 = 0,5$

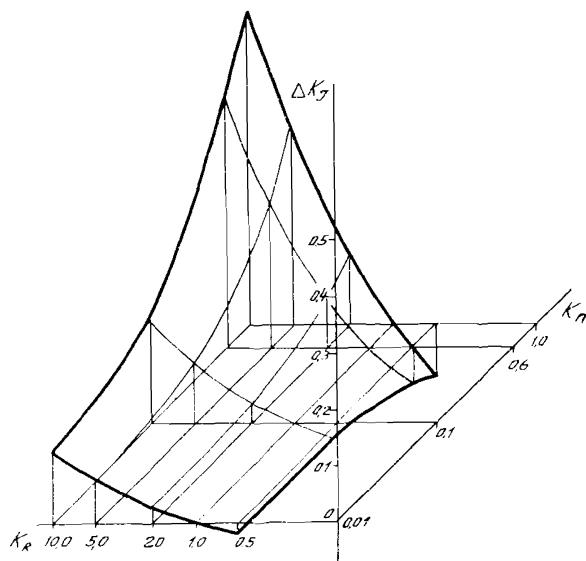


Рис.21. Номограммы для определения коэффициента
 ΔK_2 при $K_2 = 1$

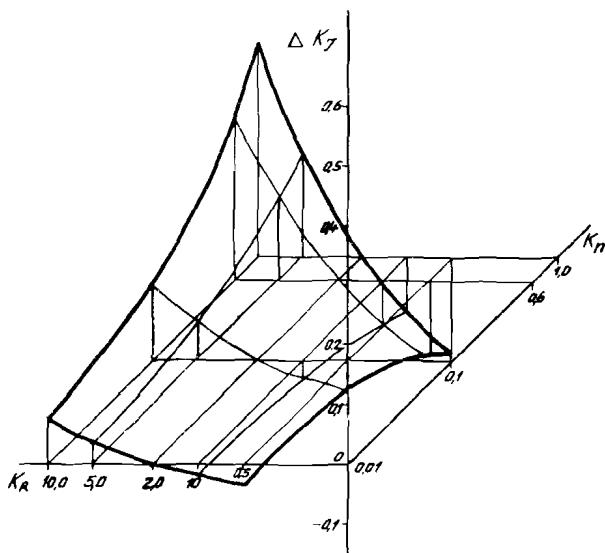


Рис.22. Номограмма для определения коэффициента ΔK_2 при $K_2 = 2$

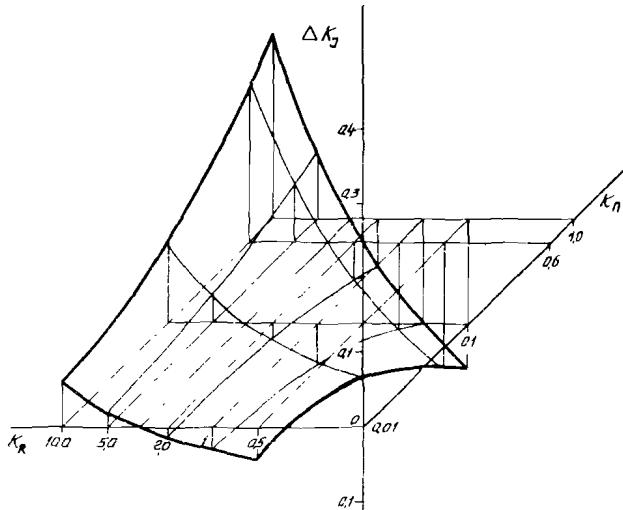


Рис.23. Номограмма для определения коэффициента ΔK_2 при $K_2 = 3$

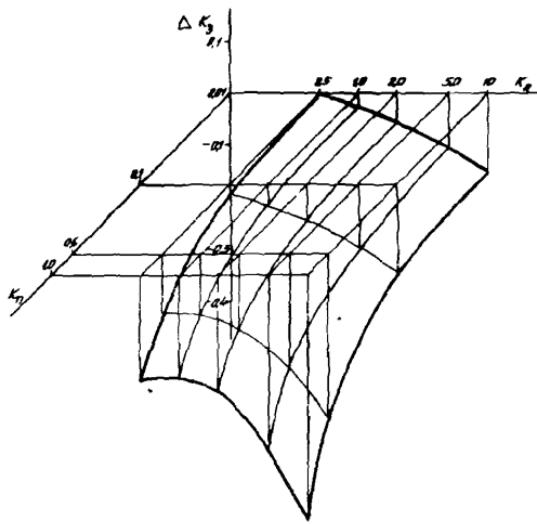


Рис.24. Номограмма для определения коэффициента ΔK_g при $K_3 = 2$ и $K_2 = 0,5$

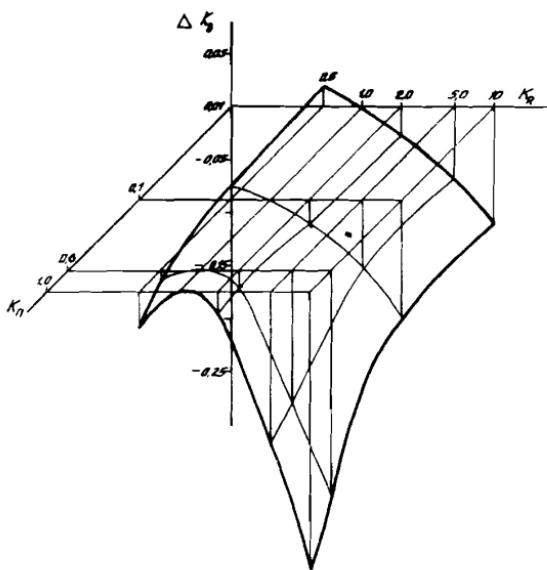


Рис.25. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 2$ и $K_2 = 1$

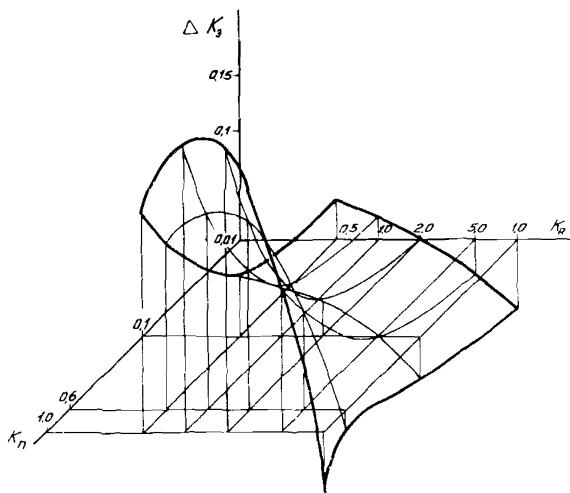


Рис.26. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 2$ и $K_2 = 2$

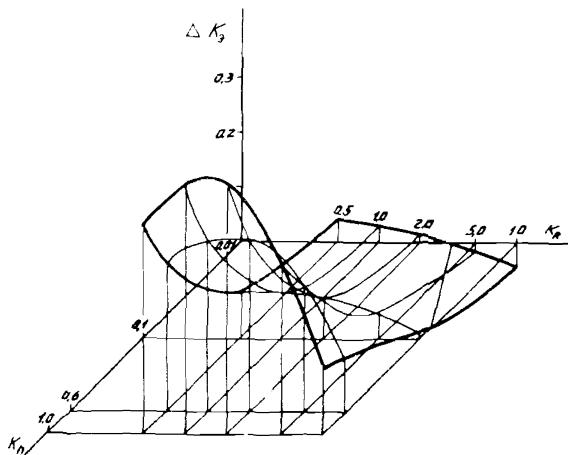


Рис.27. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 2$ и $K_2 = 3$

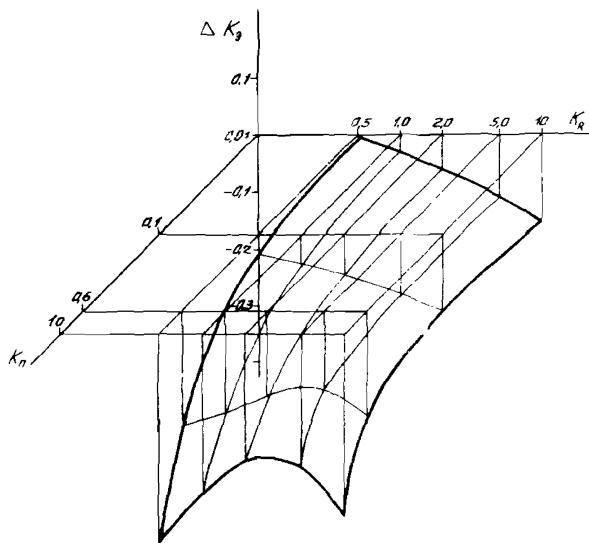


Рис.28. Номограмма для определения коэффициента ΔK_2
при $K_3 = 4$ и $K_2 = 0,5$

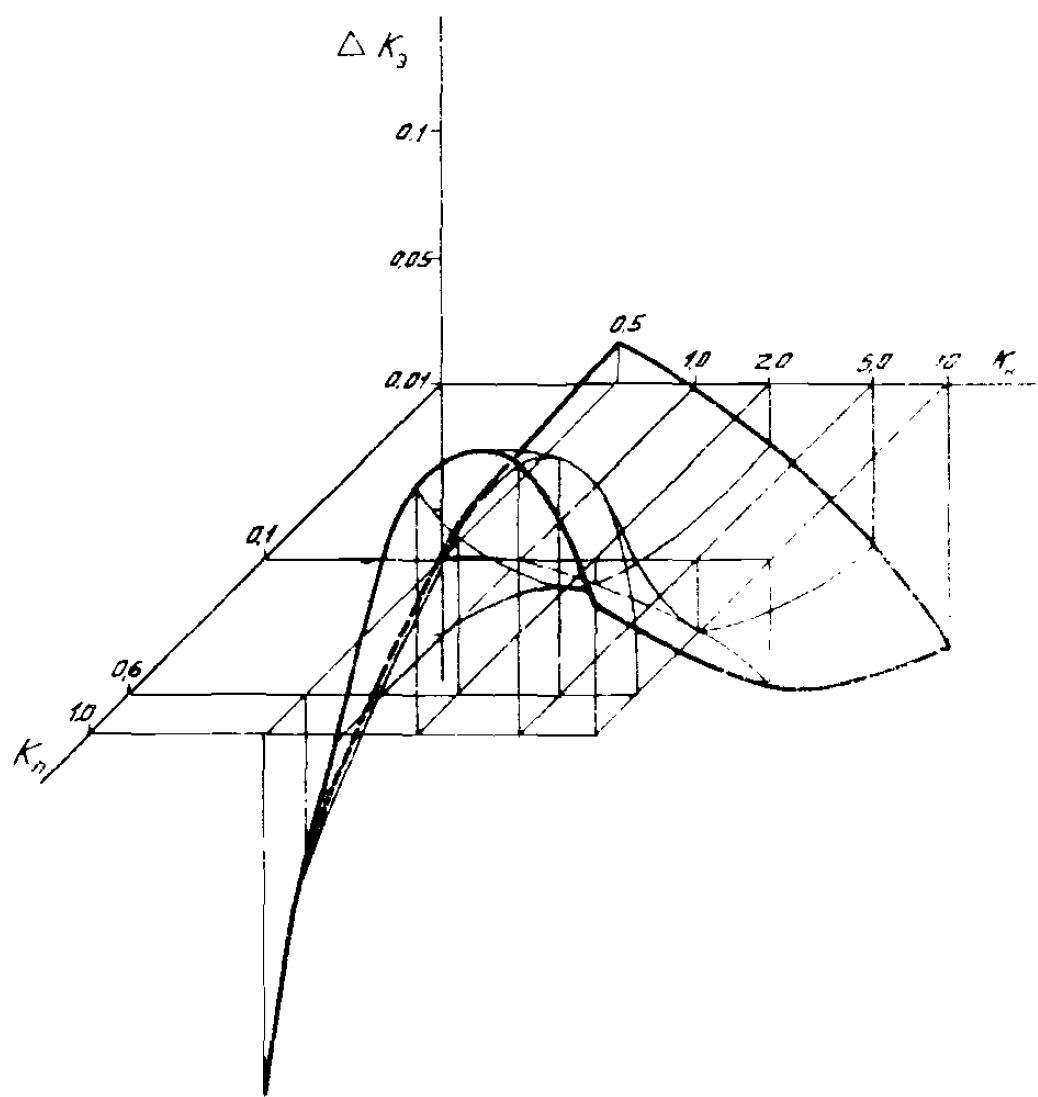


Рис. 29. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 4$ и $K_2 = 1$

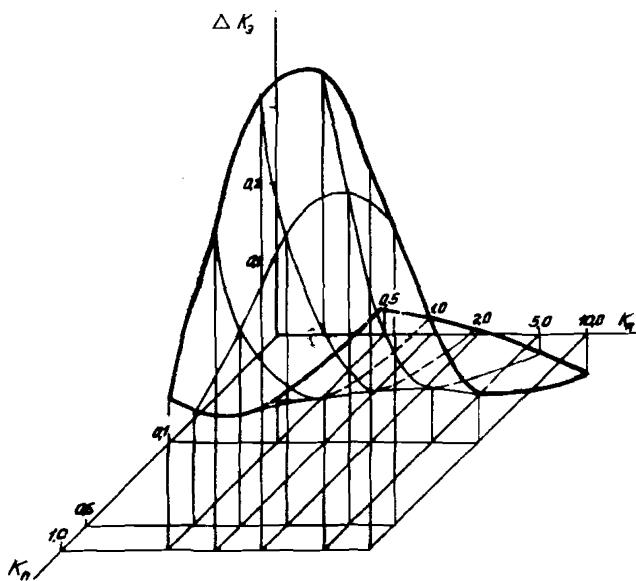


Рис. 30. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 4$ и $K_7 = 2$

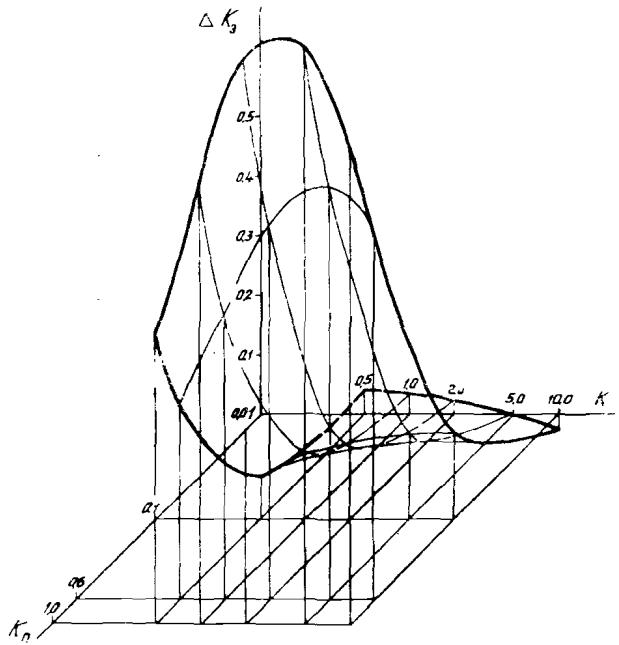
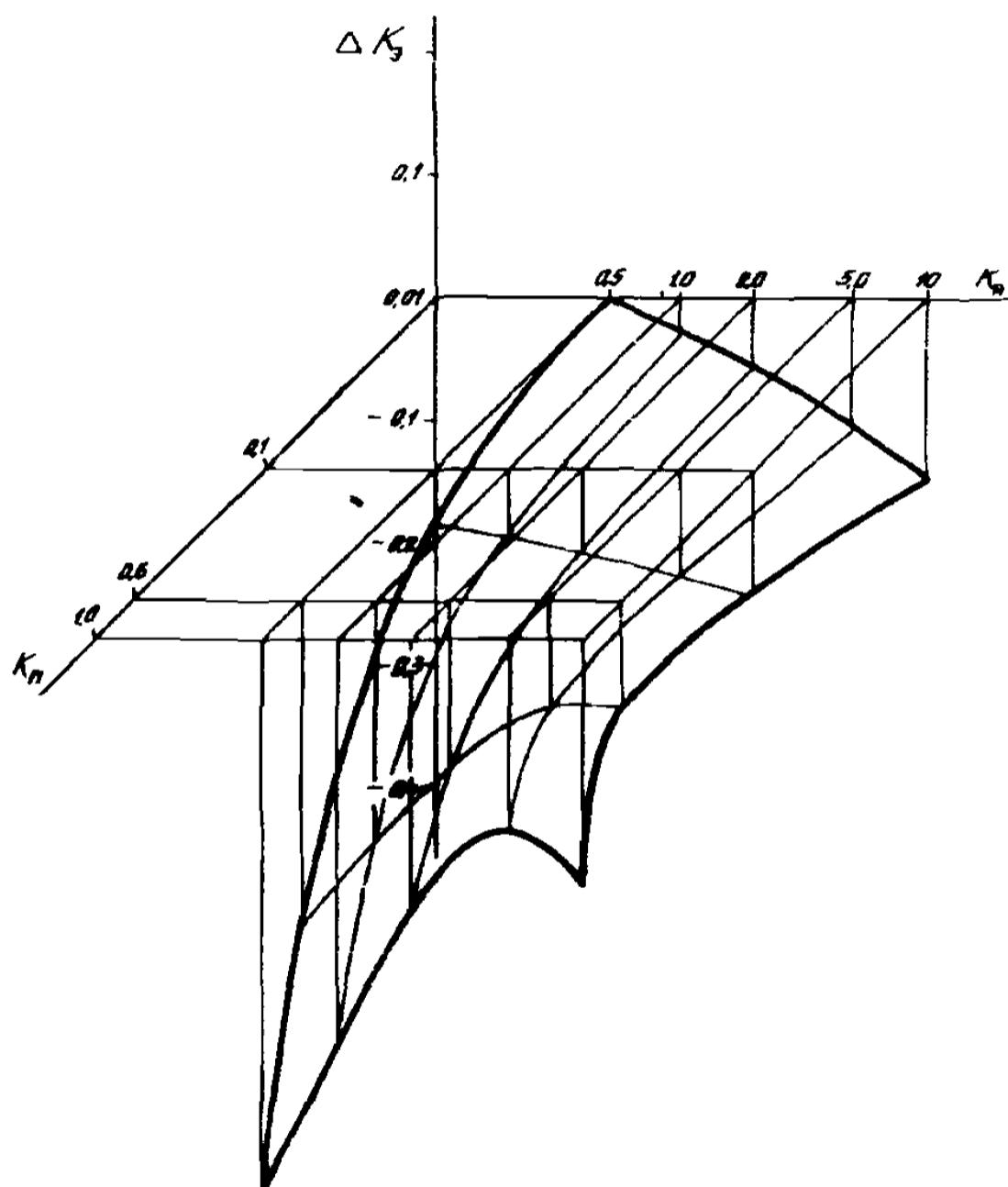


Рис.31. Номограмма для определения коэффициента ΔK_0
при $K_3 = 4$ и $K_2 = 3$



Лист 4. Номограмма ΔK_3 в зависимости от коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 3$ и $K_2 = 0,3$

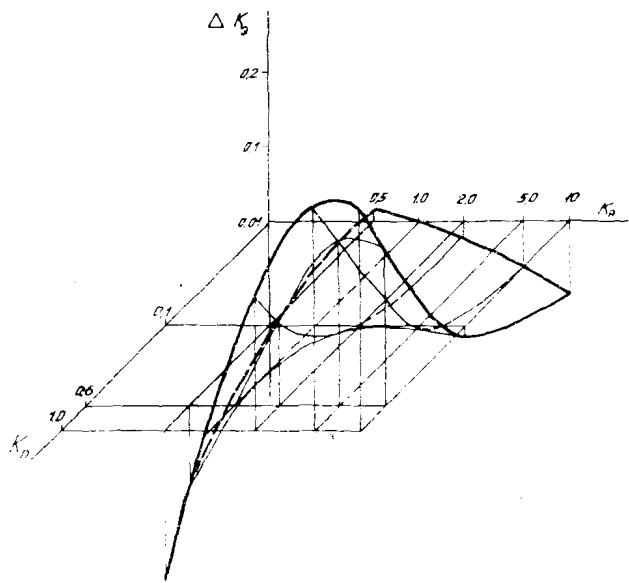


Рис.33. Номограмма для определения коэффициента ΔK_2
при $K_3 = 6$ и $K_2 = 1$

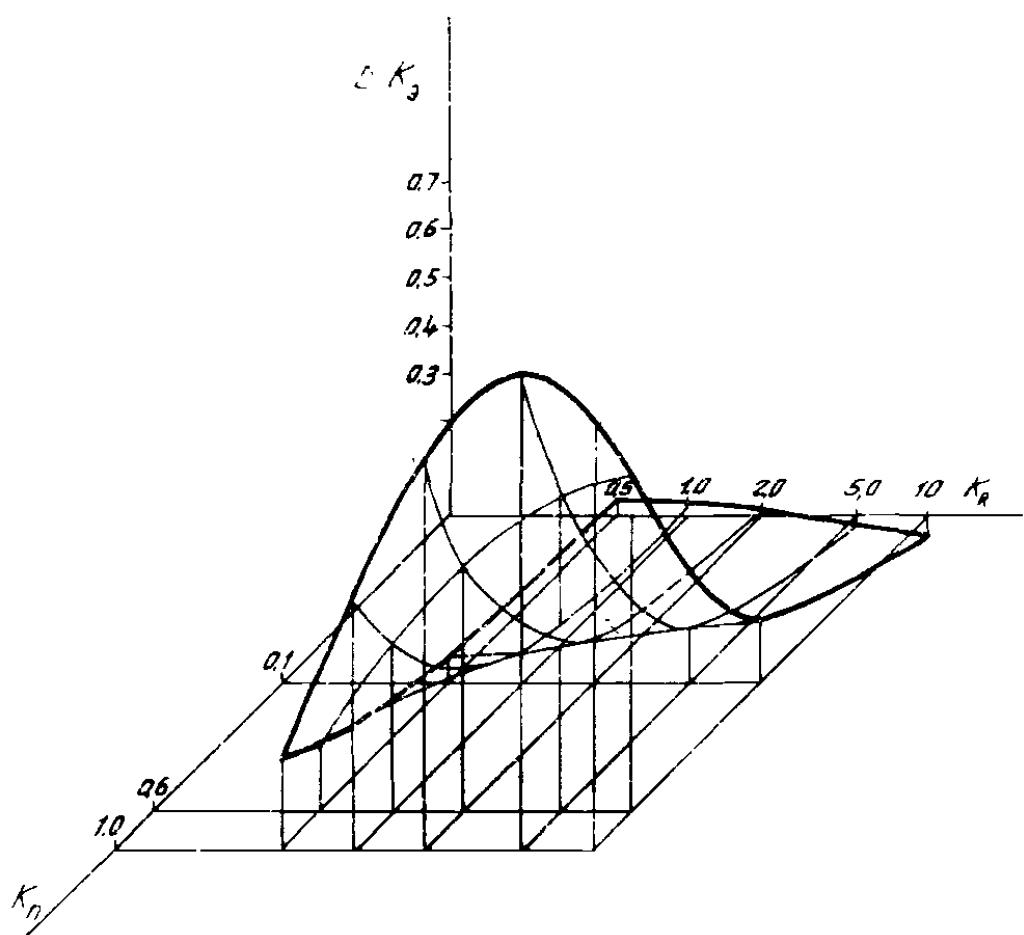


Рис. 24. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = \epsilon$ и $K_2 = \zeta$

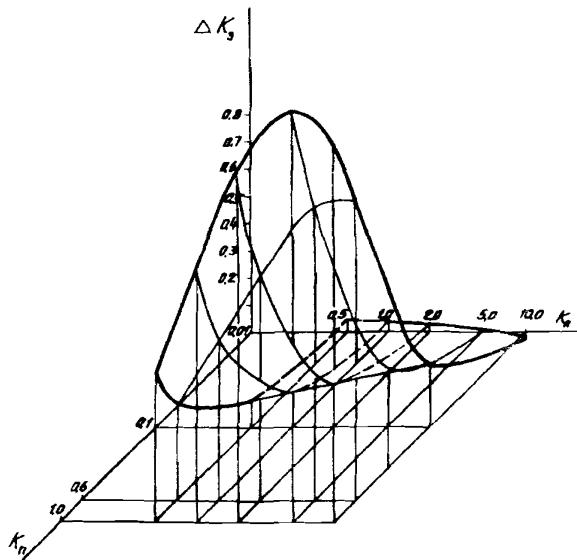


Рис. 35. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 6$ и $K_2 = 3$

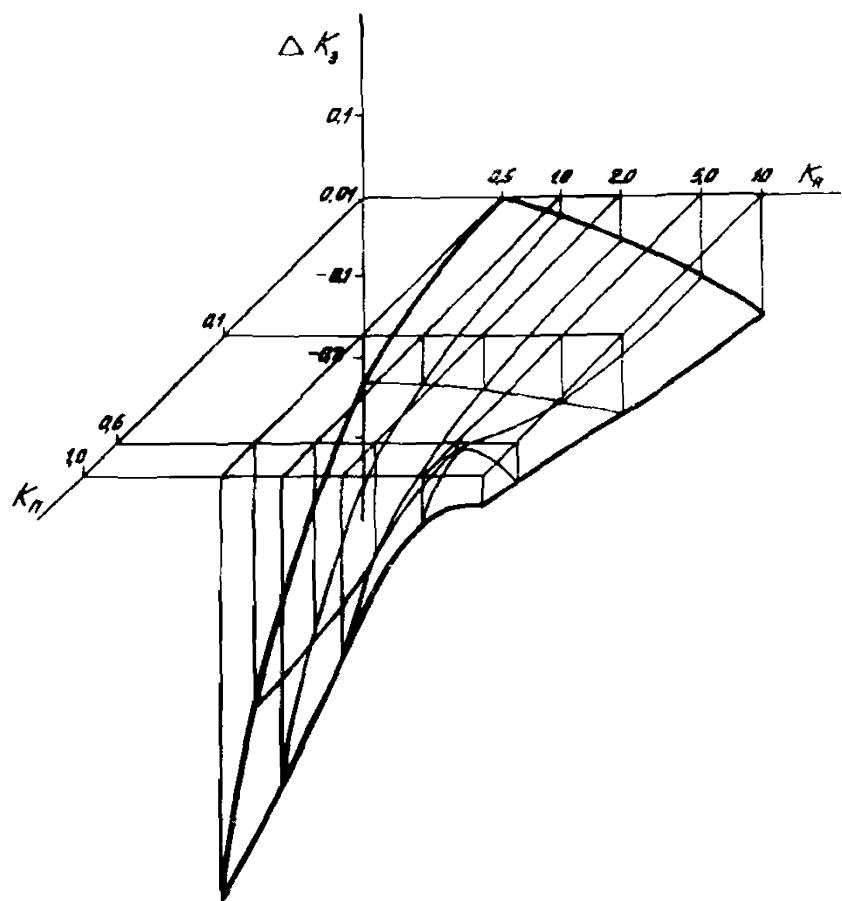


Рис. 75. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 10$ и $K_2 = 0,5$

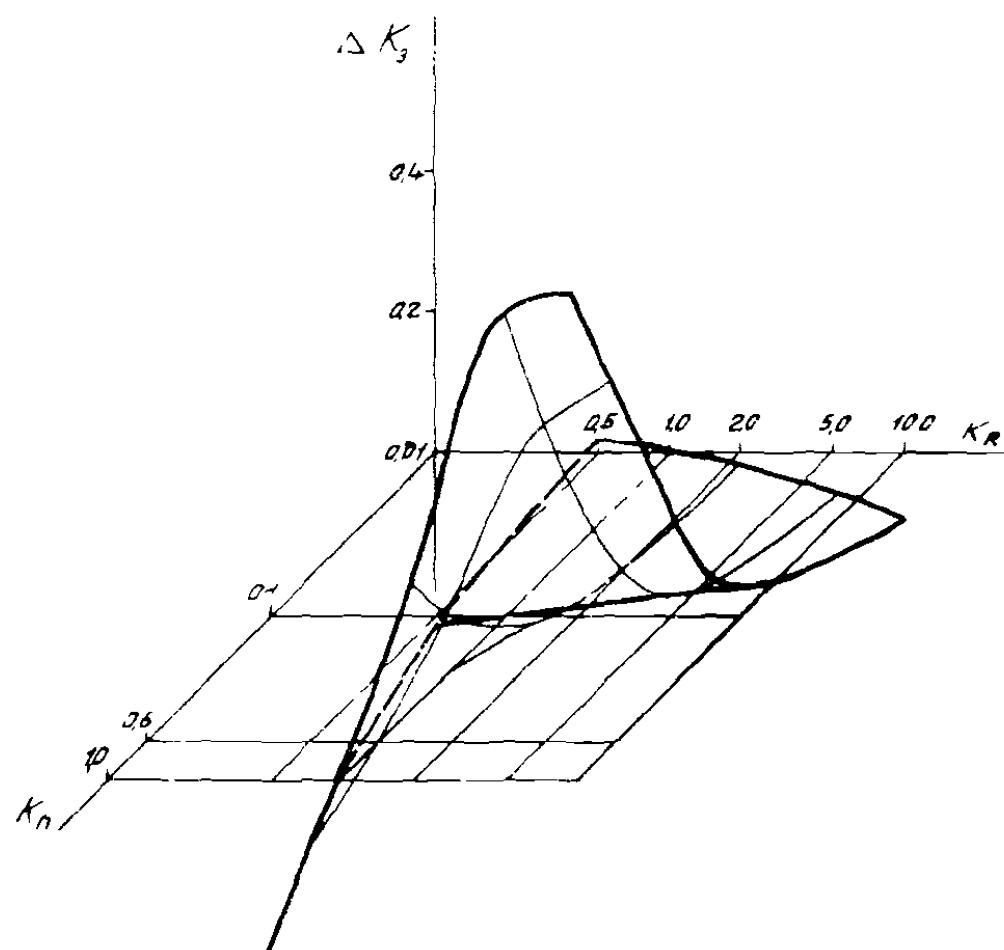


Рис.37. Номограмма для определения коэффициента ΔK_2
при $K_3 = 10$ и $K_1 = 1$

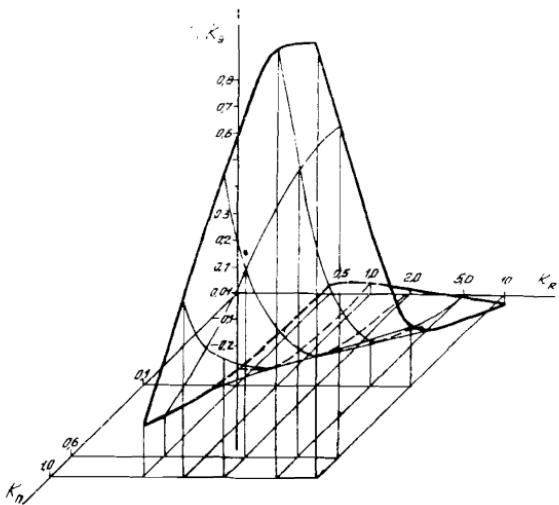


Рис.38. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 10$ и $K_2 = 2$

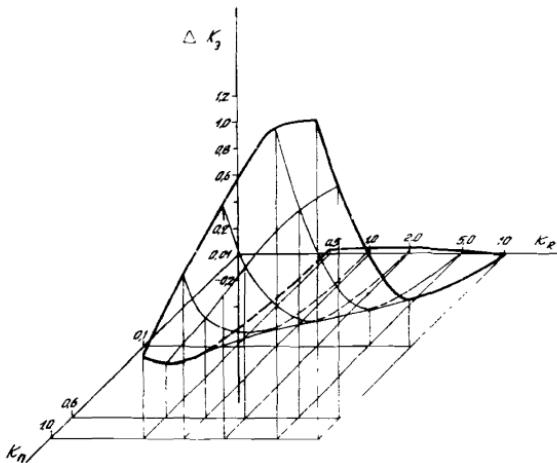


Рис.39. Номограмма для определения коэффициента ΔK_3
при $K_3 = 10$ и $K_2 = 3$

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

$$\Delta K_u = \frac{\Delta K_{u0}}{K},$$

где ΔK_u - приведенное значение изменения длины защитной зоны, %;

K - расчетный коэффициент для определения действительного значения коэффициента ΔK_u :

$$K = \ell \pi / 1,66 J_K Z_{12}.$$

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

$$R_p = R_k + R_o e^{xa},$$

где R_k - предельное значение сопротивления растеканию спирального протектора при бесконечном увеличении шага спирали, Ом;

$$R_k = \frac{0,73 \rho}{L_n} \lg \frac{L_n}{V d h},$$

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;

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

D_c - диаметр спирали протектора, м;

f - приведенный коэффициент распространения тока в спиральном протекторе, m^{-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

$$L_p = \frac{\alpha L_n}{V\pi^2 D_c^2 + \alpha^2} .$$

3.5. Угол навивки спирали протектора можно определять по формуле

$$\beta = \arccos \frac{\sqrt{L_n^2 - L_p^2}}{L_n} .$$

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 управлении 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

1. 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 28.11.1977 Формат 60x84/16

Печ.л. 3,25 Уч.-изд.л. 2,7 Усл.печ.л. 3,0
Тираж 750 экз. Цена 27 коп. Заказ 99

Ротапринт ВНИИСТА