



Pinnase-
mehaanika
DIAGRAMME

III

ДИАГРАММЫ
по механике
грунтов

III

TALLINN 1969 ТАЛЛИН

-26295

TALLINNA POLÜTEHNILINE INSTITUUT
ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Ehituskonstruksioonide kateeder
Кафедра строительных конструкций

E. Soonurm

P I N N A S E M E N A A N I K A D I A G R A M M E

III

P I N G E J A O T U S P I N N A S E S

Э. Соонурм

Д И А Г Р А М М Ы П О М Е Х А Н И К Е Г Р У Н Т О В

III

Р А С П Р Е Д Е Л Е Н И Е Н А П Р Я Ж Е Н И Й В Г Р У Н Т Е

Tallinn - 1969 - Таллин

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
74653

Heaks kiidetud kateedri koosolekul
3. dets. 1968.a.

Vastutav toimetaja M.Kaska

Trükkimisele antud 8.I 69. Paber 60x84/16
Trükipg. 3,25. Tingpg. 3,02. Tiraaz 500
MB-01121. TPI rotaprint, Tallinn, Pikk jalg 14
Tell.24 . Hind 10 kop.

Pinnase tugevus- ja deformatsioonilukord sõltub otseselt väliskoormuse mõjul pinnases tekkinud pingeolukorrast. Teiste sõnadega - pinnase tugevus- ja stabiilsusküsimuste lahendamise ning ehitiste vajumise prognoosimise esimese etapina tuleb selgitada väliskoormuse põhjustatud pingejaotuse iseloom pinnases.

Katsete põhjal säilib pinnase pingete ja deformatsioonide vahel lineaarne seos ainult teatava koormuseni. Selle koormuspiiri ületamisel tekivad pinnases plastsed deformatsioonid. Kui antud koormus ei põhjusta pinnases plastseid deformatsioone või nende levikuala on koormava pinnaga võrreldes väike, võib pinnase pingejaotuse arvutamiseks nii savi- kui ka liivpinnaste puhul kasutada vastavaid elastsusteooria lahendusi. Seejuures tuleb silmas pidada, et elastsusteooria annab pingejaotuse lõpp-pildi, jättes lahtiseks pingete-deformatsioonide stabiliseerumiseks vajaliku aja küsimuse.

Erinevate koormusjuhtude põhjustatud pingejaotuse määramiseks pinnases tuuakse käesolevas vihikus normaal-, tangentsiaal- ja peapingete väärtused võrdpinge-diagrammide kujul. Iga diagrammi juures on antud ka vastav arvutusvalem.

Joon. 1 ... 32 on toodud nn. tasapinna-ülesannete ja joon. 33 ... 41 ruumi-ülesannete lahendused.

Sümmeetriliste pingediagrammide puhul on joonistel antud ainult üks pool diagrammist (sümmeetriateljeks z-telg). τ_{zx} -diagrammid on sümmeetrilise koormuse puhul kujult samuti sümmeetrilised z-telje suhtes, kuid erinevate märkidega. Kõikidel diagrammidel tähistab miinusmärk tõmbepinget, plussmärk survepinget.

Joon. 1 ... 3 on väliskoormuseks nn. joonkoormus dimensiooniga tf/m . Diagrammidelt loetavad arvsuurused on sel juhul dimensiooniga $1/m$.

Joon. 4 ... 32 kujutavad mitmesuguse põikjaotusega nn. ribakoormust (y-telje suunas), kus p dimensiooniks on tf/m^2 ja diagrammidel seetõttu dimensioonitud suhtarvud.

Joon. 29 on antud arvutusvalemid kolme harvem esineva koormusjuhu jaoks. Loomulikult on neil juhtudel võimalik pingejaotust pinnases leida ka toodud diagrammide kombineerimise teel. Näiteks joon. 29 a toodud koormusjuhu puhul saadakse pingejaotus joon. 4 ... 13 vastavate diagrammide summeerimise teel. Joon. 29 b ja 29 c puhul tuleks kaks korra kasutada diagramme vastavalt joon. 8 ... 13 ja joon. 23... 28.

Ruumi-ülesannete puhul on diagrammidel joon. 33 ... 41 toodud koordinaattasapindades (xz- ja rz-tasapindades) tekkivad võrdpinge-epüürid.

Joon. 33 ja 34 on koormuseks koondatud jõud dimensiooniga tf ja diagrammidel pinge, mis tekib $P = 1tf$ puhul. Joon. 34 antakse σ_x jaotus pinnases kahe erineva Poissoni teguri puhul (liival $\mu = 0,30$, savil $\mu = 0,40$).

Joon. 35 ja 36 on diagrammidel dimensioonitud suhtarvud ühtlaselt jaotatud koormusega ringikujulise vundamendi jaoks.

Joon. 37 on diagramm pinnase kahe kihi puutepinnal tekkivate pingete σ_z ja σ_r jaoks ühtlaselt jaotatud koormusega ringikujulise vundamendi tsentri all.

Joon. 38 kujutab σ_z muutust ristkülikulise vundamendi tsentri all sõltuvalt kaljul lasuva deformeeruva pinnasekihi paksusest.

Joon. 39 ... 41 annavad maapinnast sügavusel h rakendatud koondatud jõu P tekitatud pingejaotuse. Diagrammidel toodud dimensioonitud suurused σ_r^* , σ_z^* ja τ_{rz}^* on arvatud R.Mindlini valemitega. Valemite keerukuse tõttu neid diagrammidel eraldi ei esitata.

Vundamendi vajumise prognoosimisel on vaja arvutada σ_z -epüür vundamendi tsentrit läbival vertikaalil. Naabervundamentide kaasmõju arvestamisel "nurgapunktide meetodi" abil tuleb σ_z -epüür leida ka vundamendi nurka läbival vertikaalil. Ühtlaselt jaotatud koormusega ristkülikulise vundamendi nurga all tekkiv vertikaalpinge

$$\sigma_z = \frac{2}{\pi} \left[\frac{mn(2m^2 + n^2 + 1)}{(m^2 + n^2)(m^2 + 1)\sqrt{m^2 + n^2 + 1}} + \arctan \frac{n}{m\sqrt{m^2 + n^2 + 1}} \right] p = \alpha_n p,$$

kus: $n = l/b$ - vundamendi küljepikkuste suhe ($l \geq b$);

$m = z/b$ - vaadeldava punkti sügavuse ja vundamendi laiuse suhe.

σ_z hõlpsaks arvutamiseks on kogumiku lõpus toodud m ja n avara muutumisvahemikuga α_n -tabel.

Selleks, et saada σ_z vundamendi tsentrit läbival vertikaalil sügavusel $z/2$, tuleb tabeli α_n -vaartusi korrutada 4-ga.

Näide. Vundamendi $l = 3,0$ m, $b = 2,0$ m ja $p = 2,0$ kgf/cm² = 196 kN/m². Vundamendi nurga all sügavusel $z = 4,0$ m tekkiva pinge arvutamiseks saadakse tabelist $n = 3 : 2 = 1,5$ ja $m = 4 : 2 = 2$ alusel $\alpha_n = 0,1071$. Järelikult $\sigma_z = \alpha_n p = 0,1071 \cdot 2 = 0,214$ kgf/cm² = 21,0 kN/m². Korrutades α_n 4-ga saame $\alpha = 0,4284$, mis annab vundamendi tsentri all sügavusel $z/2 = 2,0$ m pingeks $\sigma_z = 0,4284 \cdot 2 = 0,857$ kgf/cm² = 84,0 kN/m².

Состояние прочности и деформации грунта зависит непосредственно от состояния напряжений в грунте под действием внешней нагрузки. Другими словами - в качестве первого этапа проверки прочности и устойчивости грунта или расчета ожидаемой осадки сооружения следует выяснить характер распределения напряжений в грунте.

Из опыта известно, что линейная зависимость между напряжениями и деформациями грунта сохраняется только до определенной нагрузки. При превышении этого предела возникают в грунте пластические деформации. Если данная нагрузка не вызывает в грунте пластических деформаций или область их распространения небольшая по сравнению с нагружаемой площадью, то можно определить напряжения как в глинистых, так и в песчаных грунтах по соответствующим решениям теории упругости. Следует иметь в виду, что теория упругости дает конечную картину о распределении напряжений, оставляя при этом открытым вопрос о времени стабилизации деформаций.

Для определения напряженного состояния грунта от действия различных нагрузок приводятся в данном сборнике диаграммы равных нормальных, касательных и главных напряжений. У каждой диаграммы приводится и расчетная формула.

На рис. 1...32 приведены решения т.н. плоских задач, а на рис. 33...41 решения пространственных задач.

При симметричных диаграммах на рисунках показана только половина из диаграммы (ось симметрии z). В случае симметричной нагрузки τ_{zx} -диаграммы также симметричны относительно оси z , но с разными знаками. На всех диаграммах растягивающие напряжения обозначены знаком минус, а сжимающие - знаком плюс.

На рис. 1...3 внешней нагрузкой является так называемая погонная нагрузка, размерность которой $T/m = 9,81$ кн/м. Получаемые от диаграмм величины имеют в данном случае размерность $1/m$.

На рис. 4...32 дана полосообразная нагрузка ($T/m^2 = 9,81$ кн/м²), распределенная по ширине (по оси x) различно. Приведенные на диаграммах величины в этом случае безразмерные.

На рис. 29 даны расчетные формулы для трех реже встречающихся видов нагрузок. Разумеется, при таких случаях определение распределения напряжений в грунте возможно и при помощи комбинирования имеющихся диаграмм. Например, для приведенного на рис. 29а случая нагрузки определяется распределение напряжений путем суммирования соответствующих диаграмм рис. 4...13. Для нагрузок на рис. 29б и 29с следует два раза использовать диаграммы соответственно рис. 8...13 и рис. 23...28.

В случае пространственных задач приведены на диаграммах (рис. 33...41) линии равных напряжений, возникающих в плоскостях xOz и rOz .

На рис. 33 и 34 приложена на поверхности земли сосредоточенная сила размерностью $T = 9,81$ кн, и на диаграммах приведены напряжения, вызываемые этой нагрузкой. На рис. 34 по-

казано распределение напряжения σ_x при двух различных величинах коэффициента Пуассона (для песка $\mu = 0,30$, для глины $\mu = 0,40$).

На диаграммах рис. 35 и 36 изображены величины напряжений σ_r , σ_z , τ_{zr} и $\max \tau$ в долях от интенсивности равномерно распределенной нагрузки p круглого фундамента.

На рис. 37 приведены величины напряжений σ_z и σ_r , возникающие на контакте двух слоев под центром круглого фундамента от равномерно распределенной нагрузки.

На рис. 38 даны графики распределения сжимающих напряжений под центром прямоугольной площади загрузки в слое грунта ограниченной толщины на несжимаемом основании.

На рис. 39...41 изображены кривые равных напряжений от действия вертикальной сосредоточенной силы P , приложенной внутри линейно-деформируемого полупространства на глубине h .

Приведенные на диаграммах безразмерные величины σ_r^* , σ_z^* и τ_{zr}^* вычислены по формулам Р. Миндлина. Из-за сложности формул к диаграммам они не приложены.

Для оценки ожидаемой осадки фундамента следует вычислить эпюру напряжений σ_z по вертикали под центром фундамента. Для учета влияния соседних фундаментов по методу угловых точек надо вычислить σ_z эпюру и по вертикали под углом прямоугольного фундамента.

Сжимающее напряжение σ_z в любой точке, лежащей на вертикали под углом прямоугольного фундамента с равномерно распределенной нагрузкой, будет

$$\sigma_z = \frac{2}{\pi} \left[\frac{mn(2m^2 + n^2 + 1)}{(m^2 + n^2)(m^2 + 1)\sqrt{m^2 + n^2 + 1}} + \arctg \frac{n}{m\sqrt{m^2 + n^2 + 1}} \right] p = \alpha_n p,$$

где $n = \ell/b$ — отношение сторон фундамента ($\ell \geq b$);
 $m = z/b$ — отношение глубины рассматриваемой точки к ширине фундамента.

В конце сборника приложенной таблице даны значения коэффициента α_n для вычисления напряжений σ_z при изменении m и n в широких пределах.

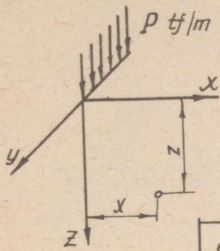
Для определения значения σ_z в точке по вертикали под центром фундамента на глубине $z/2$ следует взятые из таблицы величины α_n умножить на четыре.

Пример. Размеры подошвы фундамента $l = 3,0$ м и $b = 2,0$ м; равномерно распределенная нагрузка $p = 2,0$ кг/см² = 196 кн/м². Для вычисления напряжения σ_z под углом фундамента на глубине $z = 4,0$ м находим из таблицы при помощи $n = 3:2 = 1,5$ и $m = 4:2 = 2$ значение $\alpha_n = 0,1071$. Следовательно $\sigma_z = \alpha_n p = 0,1071 \cdot 2 = 0,214$ кг/см² = 21,0 кн/м². Умножая значение α_n на четыре, получаем $\alpha = 0,4284$, при помощи которого определяется напряжение под центром фундамента на глубине $z/2 = 2,0$ м $\sigma_z = 0,4284 \cdot 2 = 0,857$ кг/см² = 84,0 кн/м².

Kirjandus

Литература

1. L. Jürgenson. The Application of Theories of Elasticity and Plasticity to Foundation Problems. Journal Boston Society of Civil Engineers, July, 1934, Vol. XXI.
2. Á. Kézdi. Bodenmechanik. Band 2, VEB Verlag für Bauwesen Berlin, 1964.
3. В.А. Кофман. О распределении напряжений и деформаций от действия вертикальной силы внутри грунта. Сборник № 30 трудов НИИ оснований и фундаментов. "Механика грунтов", Госстройиздат, 1956.
4. Н.А. Цытович. Механика грунтов. Госстройиздат, 1963.

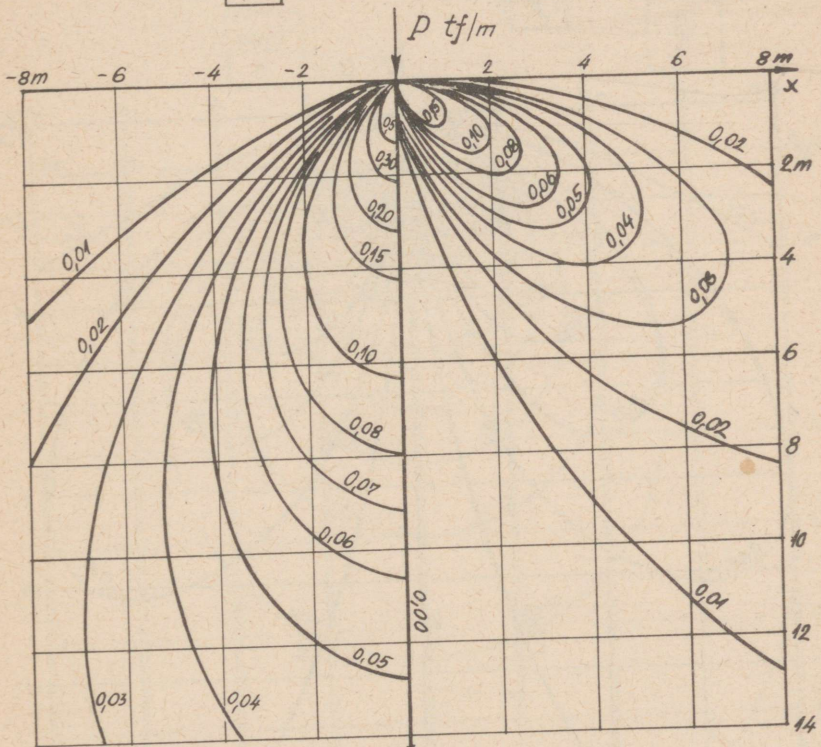


$$\sigma_z = \frac{2P}{\pi} \frac{z^3}{(x^2+z^2)^2}$$

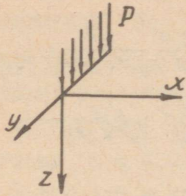
$$\sigma_x = \frac{2P}{\pi} \frac{x^2 z}{(x^2+z^2)^2}$$

$$\frac{\sigma_z}{P}$$

$$\frac{\sigma_x}{P}$$

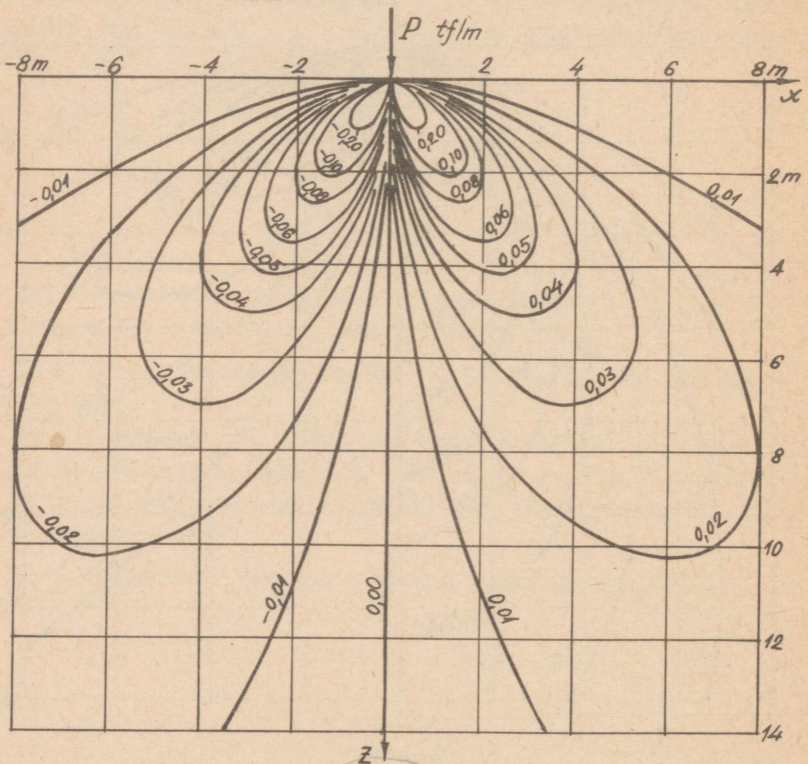


Joon. 1
9



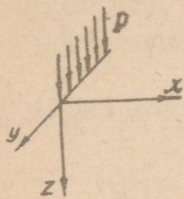
$$\tau_{zx} = \frac{2P}{\sqrt{\pi}} \frac{xz^2}{(x^2+z^2)^2}$$

$$\frac{\tau_{zx}}{P}$$



Joon. 2
10

mm t t t/m



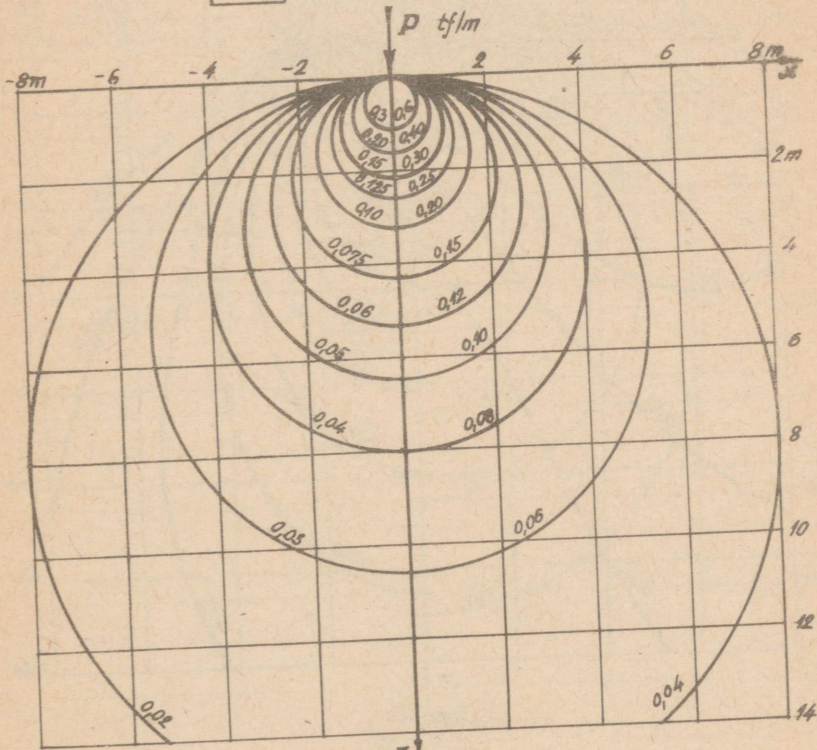
$$\max r = \frac{P}{\pi} \frac{x^2 + x^2 z}{(x^2 + z^2)^{3/2}}$$

$$\sigma_1 = \frac{2P}{\pi} \frac{z^3 + x^2 z}{(x^2 + z^2)^{3/2}}$$

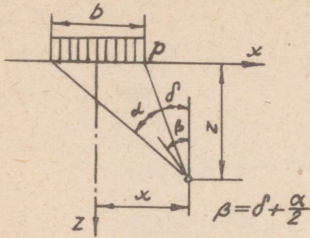
$$\sigma_3 = 0$$

$$\frac{\max r}{P}$$

$$\frac{\sigma_1}{P}$$

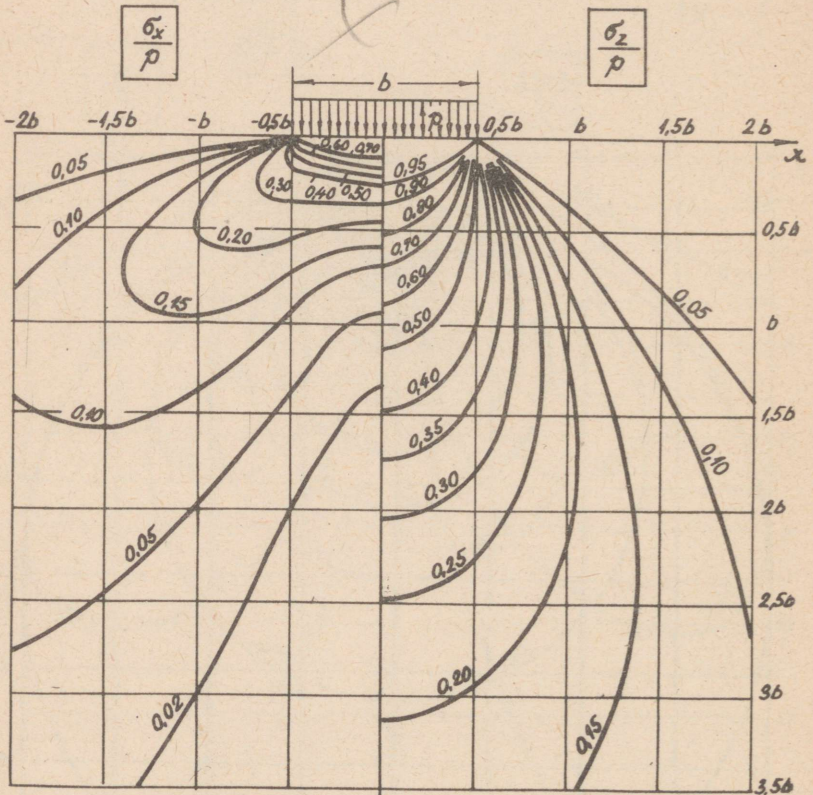


Joon. 3

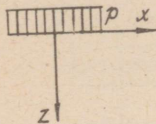


$$\sigma_x = \frac{p}{r} (\alpha - \sin \alpha \cos 2\beta)$$

$$\sigma_z = \frac{p}{r} (\alpha + \sin \alpha \cos 2\beta)$$

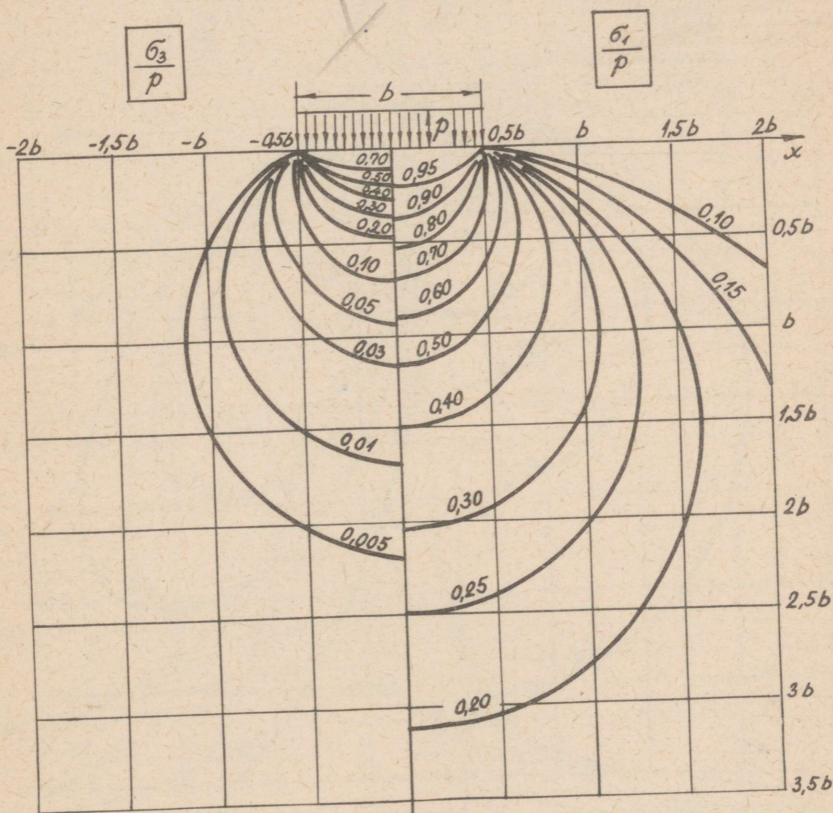


z ↓
Joon. 4

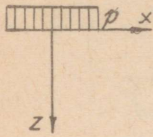


$$\sigma_3 = \frac{p}{\gamma} (\alpha - \sin \alpha)$$

$$\sigma_1 = \frac{p}{\gamma} (\alpha + \sin \alpha)$$

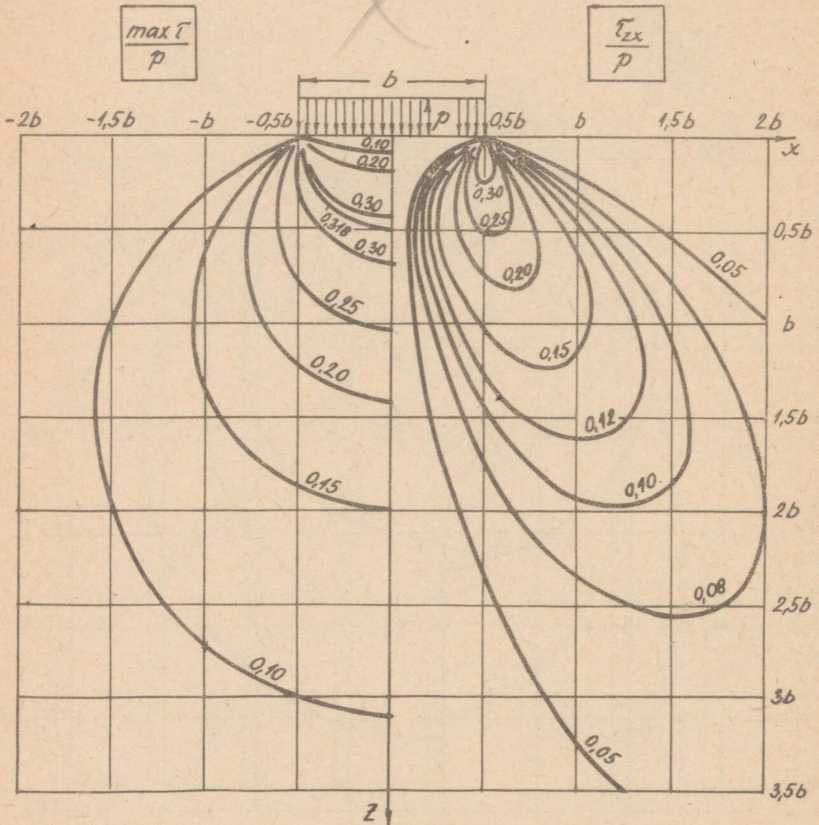


Jan. 5

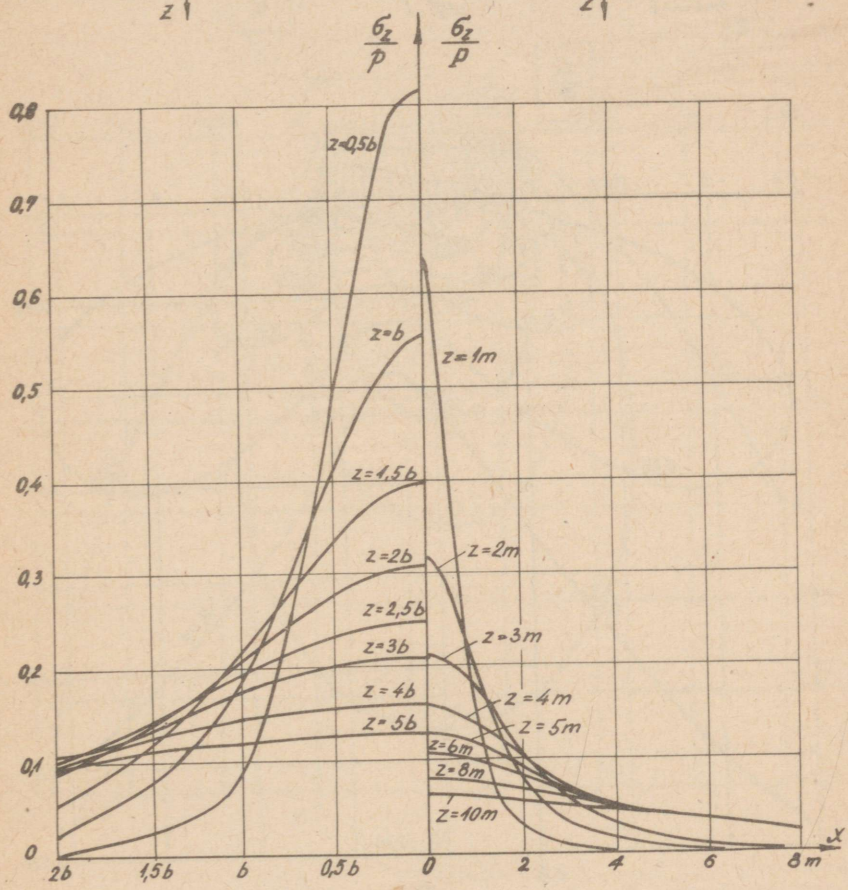
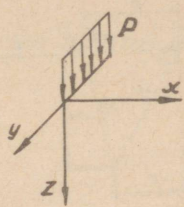
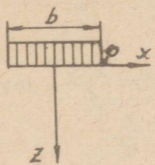


$$\max \tau = \frac{p}{\pi} \sin \alpha$$

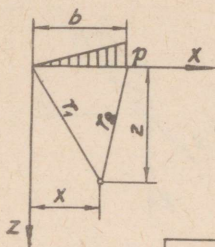
$$\tau_{zx} = \frac{p}{\pi} \sin \alpha \sin 2\beta$$



Joon. 6

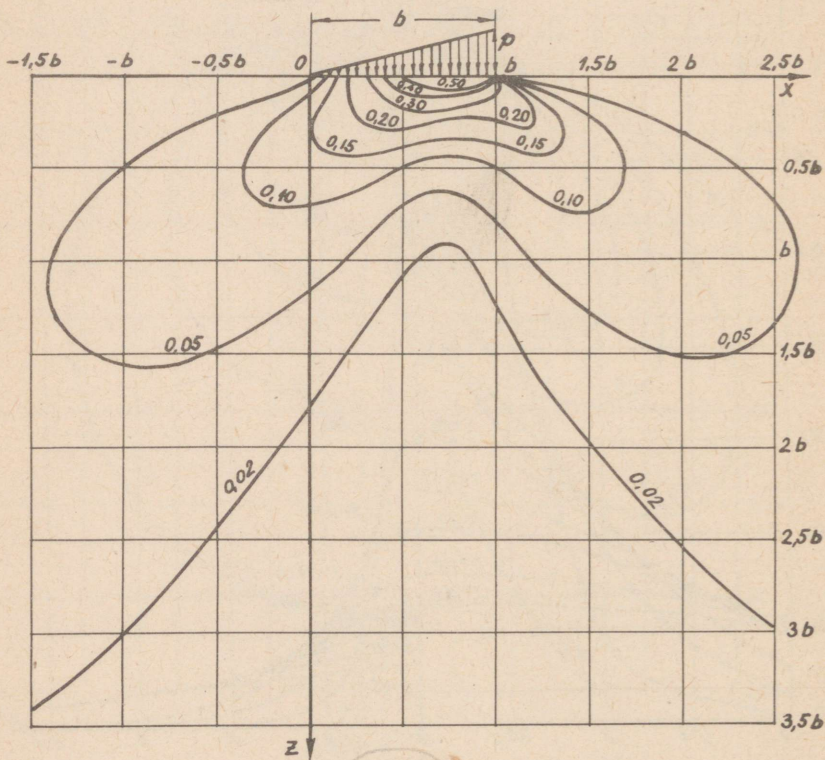


Joon. 7

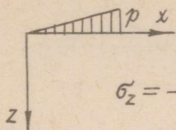


$$\sigma_x = \frac{p}{\pi} \left[\frac{z}{b} \left(n \frac{r_1^2}{r_1^2} - \frac{x}{b} \left(\arctan \frac{x-b}{z} - \arctan \frac{x}{z} \right) + z \cdot \frac{x-b}{r_2^2} \right) \right]$$

$$\frac{\sigma_x}{p}$$

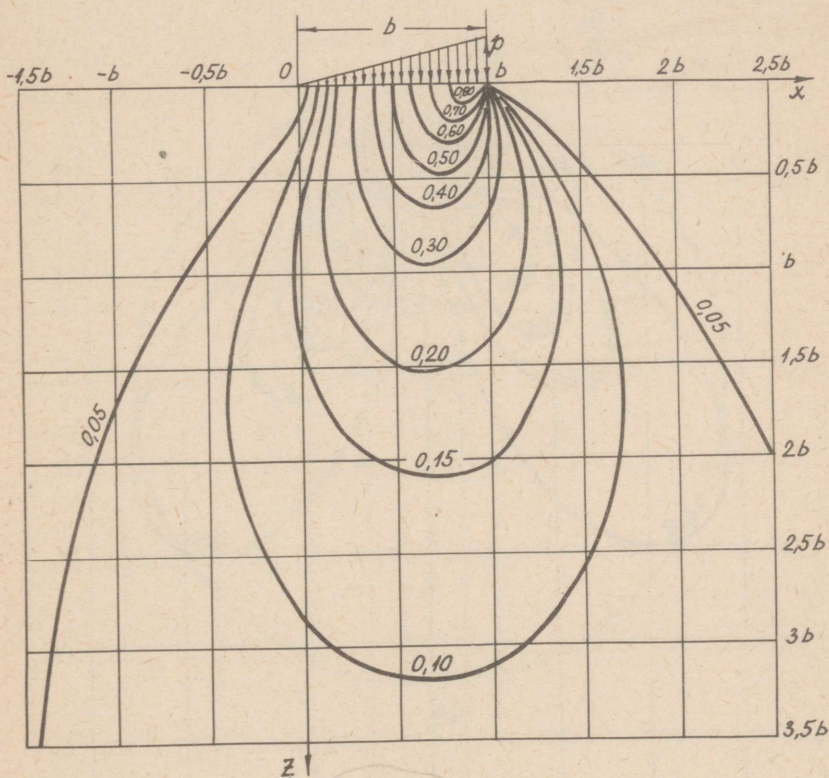


Joon. 8

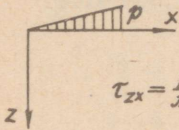


$$\sigma_z = -\frac{p}{\pi} \left[\frac{x}{b} \left(\arctan \frac{x-b}{z} - \arctan \frac{x}{z} \right) + z \cdot \frac{x-b}{z^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_z}{p}$$

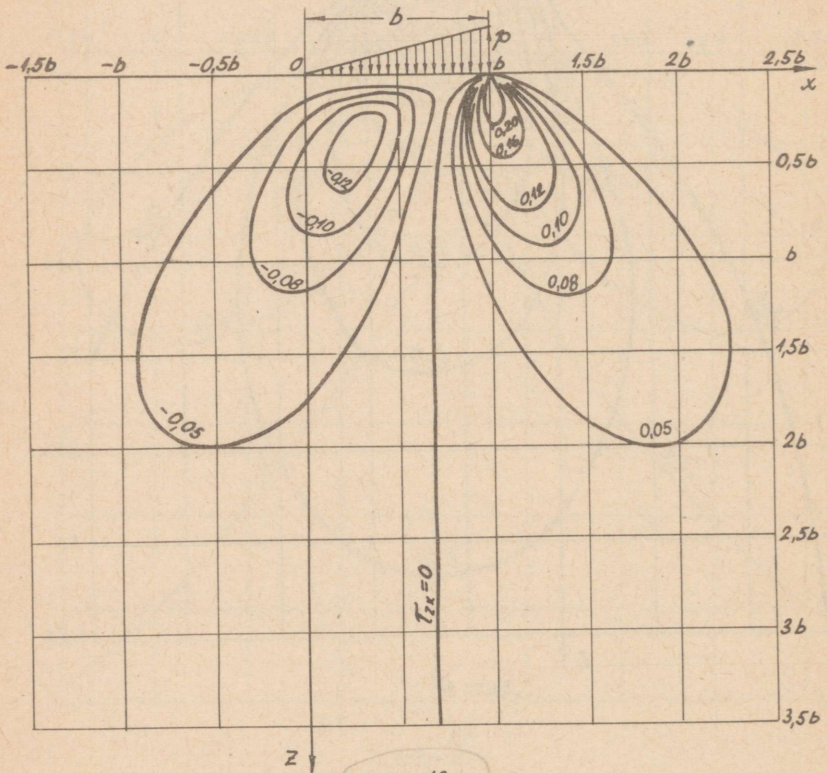


Joon. 9

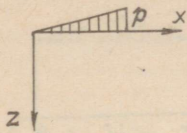


$$\tau_{zx} = \frac{p}{\pi} \left[\frac{z^2}{r^2} + \frac{z}{b} \left(\arctan \frac{x-b}{z} - \arctan \frac{x}{z} \right) \right]$$

$$\frac{\tau_{zx}}{p}$$

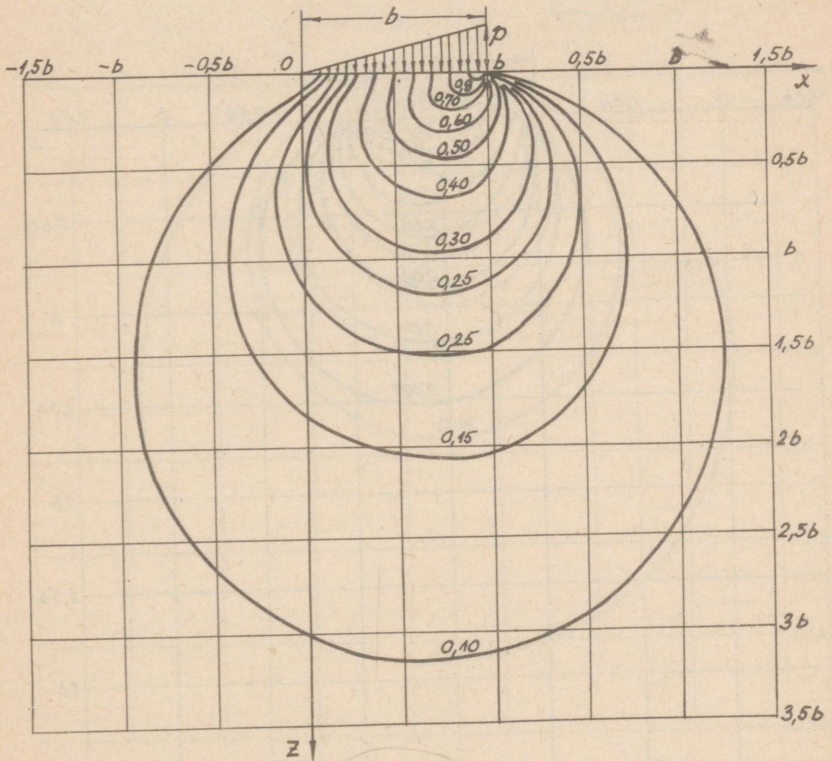


Joon. 10

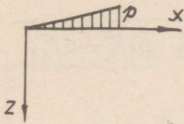


$$\sigma_i = \frac{1}{2}(\sigma_z + \sigma_x) + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 4\tau_{zx}^2}$$

$$\frac{\sigma_i}{p}$$

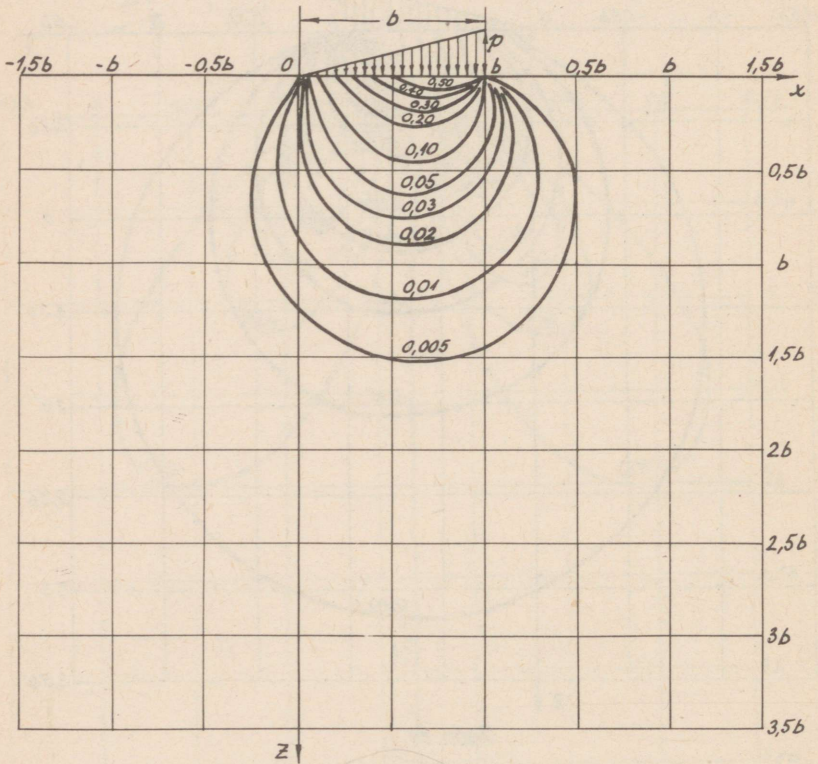


Joon. 11

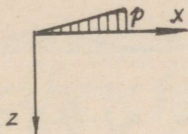


$$\sigma_3 = \frac{1}{2}(\sigma_z + \sigma_x) - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 4\tau_{zx}^2}$$

$\frac{\sigma_3}{p}$

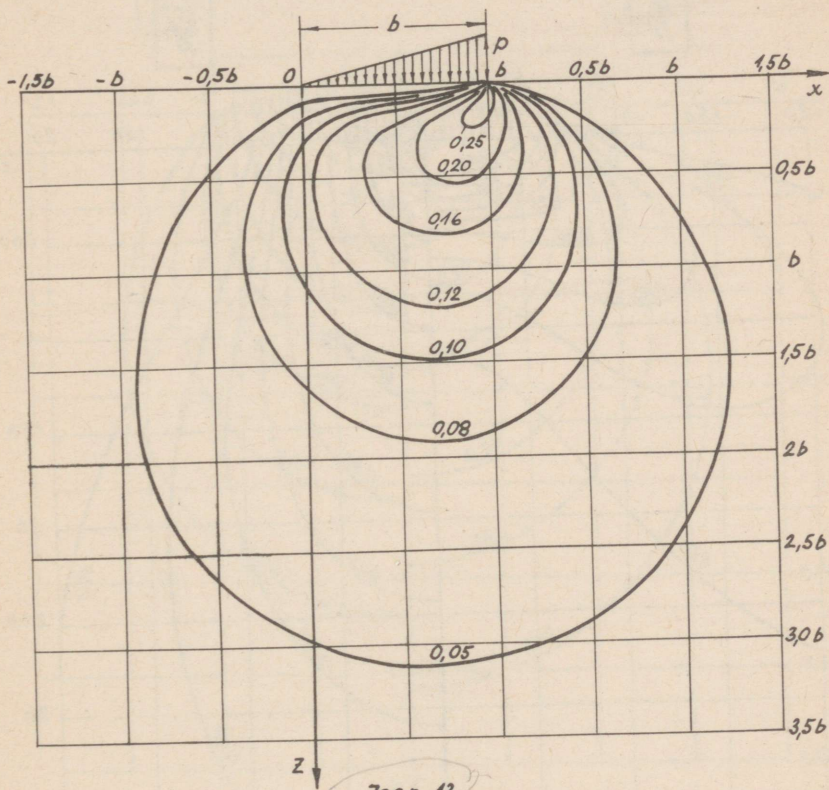


Joon. 12

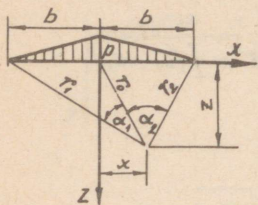


$$\max \tau = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$$

$$\frac{\max \tau}{p}$$



Joon. 13

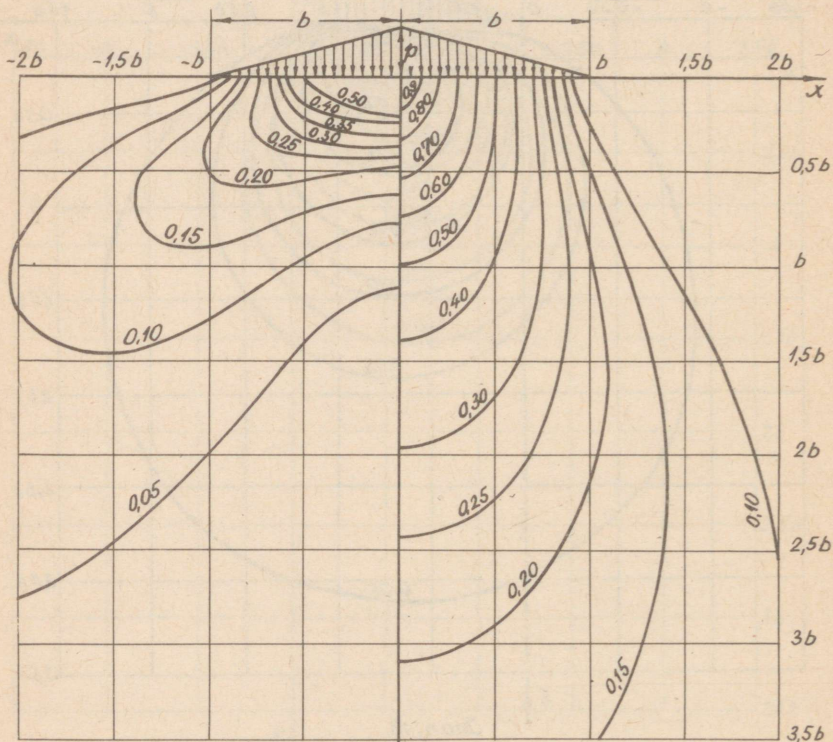


$$\sigma_x = \frac{p}{\pi} \left[\alpha_1 + \alpha_2 + \frac{x}{b} (\alpha_1 - \alpha_2) - \frac{2z}{b} \ln \frac{r_1 r_2}{r_0^2} \right]$$

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \left[\alpha_1 + \alpha_2 + \frac{x}{b} (\alpha_1 - \alpha_2) \right]$$

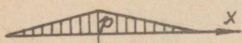
$$\frac{\sigma_x}{p}$$

$$\frac{\sigma_z}{p}$$



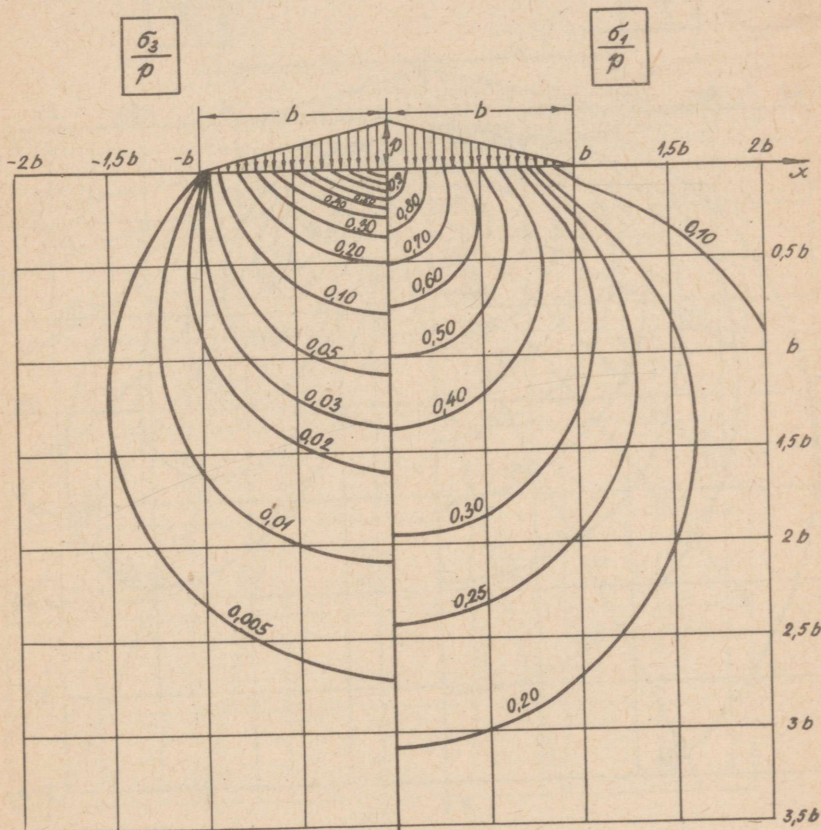
z ↓

Жюн. 14

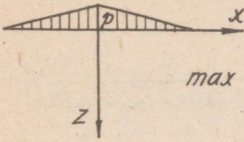


$$\sigma_3 = \frac{p}{\pi} \left[\alpha_1 + \alpha_2 + \frac{x}{b} (\alpha_1 - \alpha_2) - \frac{z}{b} \ln \frac{r_2 r_1}{r_0^2} - \frac{z}{b} \sqrt{\ln^2 \frac{r_2 r_1}{r_0^2} + (\alpha_1 - \alpha_2)^2} \right]$$

$$\sigma_1 = \frac{p}{\pi} \left[\alpha_1 + \alpha_2 + \frac{x}{b} (\alpha_1 - \alpha_2) - \frac{z}{b} \ln \frac{r_1 r_2}{r_0^2} + \frac{z}{b} \sqrt{\ln^2 \frac{r_1 r_2}{r_0^2} + (\alpha_1 - \alpha_2)^2} \right]$$



Joon. 15

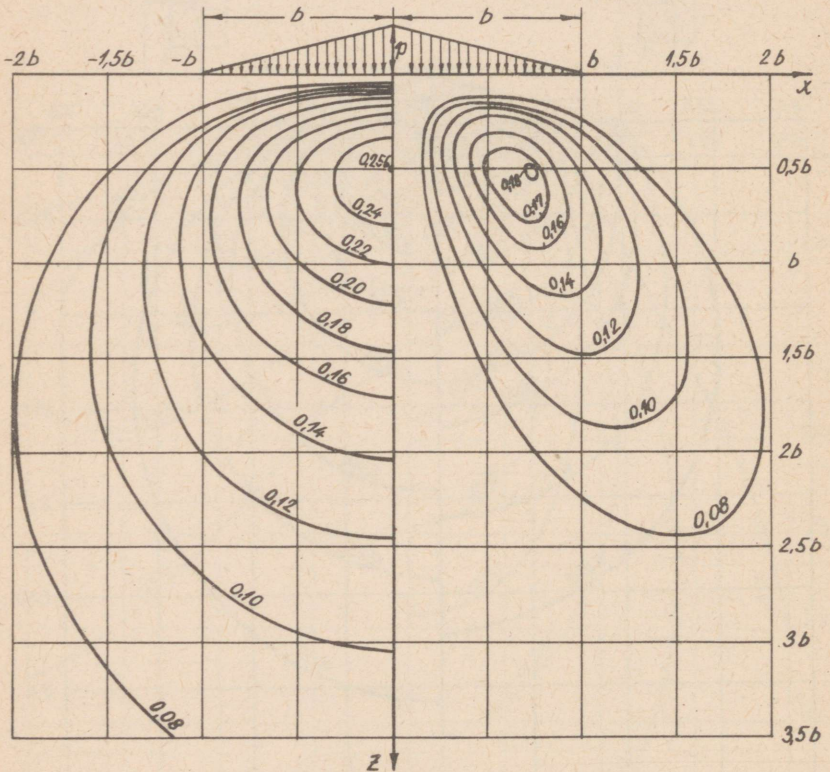


$$\max \tau = \frac{p}{\pi} \cdot \frac{z}{b} \sqrt{\ln^2 \frac{r_1 r_2}{r_0^2} + (\alpha_1 - \alpha_2)^2}$$

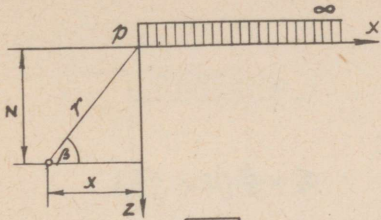
$$\tau_{zx} = \frac{p}{\pi} \cdot \frac{z}{b} (\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$\frac{\max \tau}{p}$$

$$\frac{\tau_{zx}}{p}$$

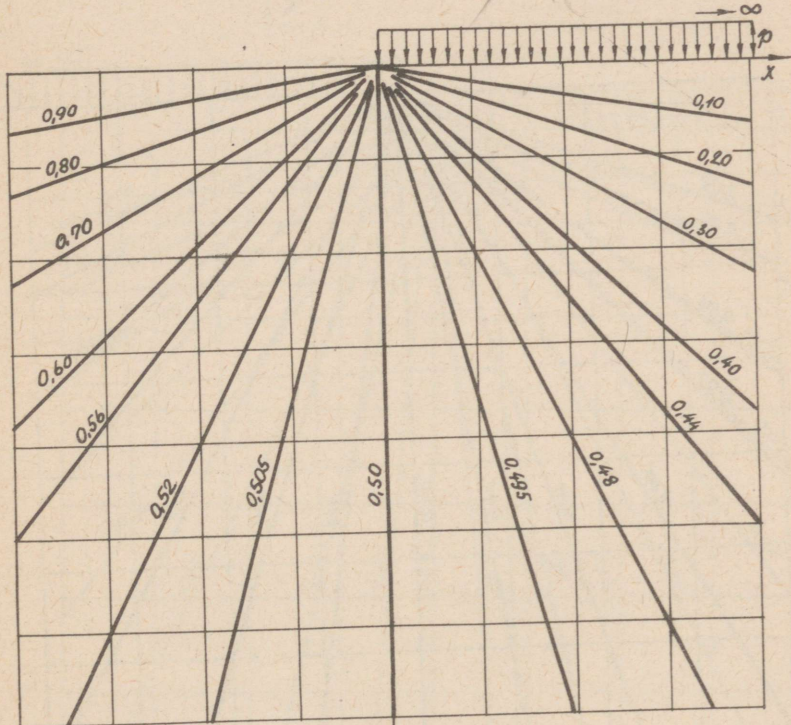


Jan. 16



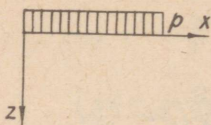
$$\sigma_x = \frac{p}{r} \left(\beta - \frac{xz}{r^2} \right)$$

$$\frac{\sigma_x}{p}$$



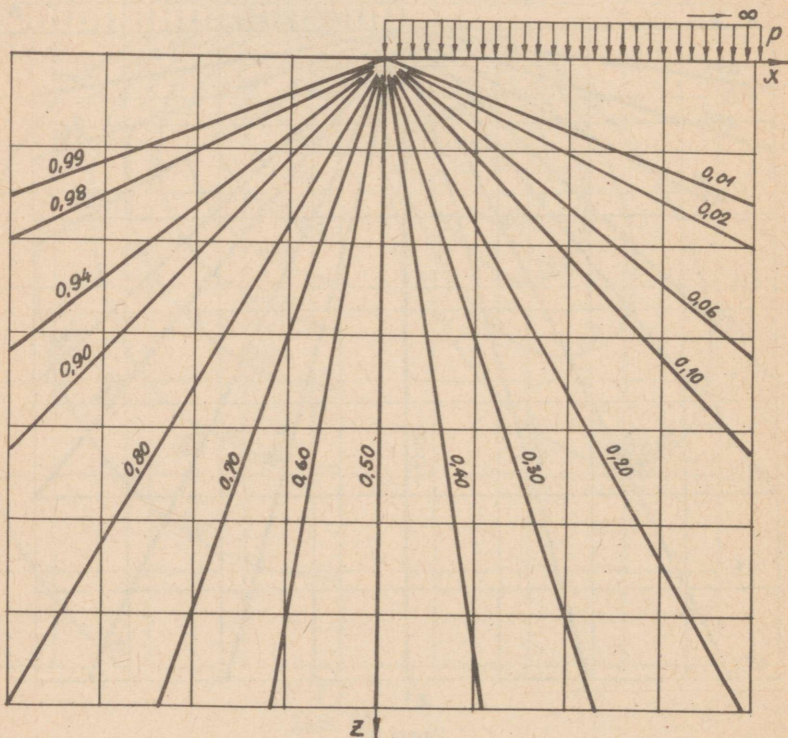
z1

Joon. 17

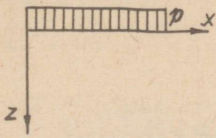


$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \left(\beta + \frac{xz}{r^2} \right)$$

$$\frac{\sigma_z}{p}$$

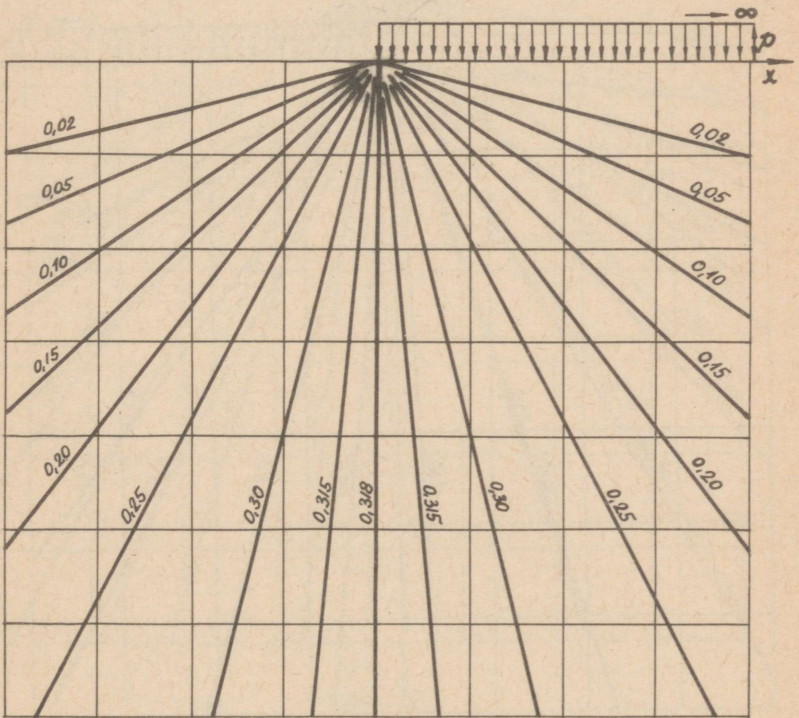


Joon. 18

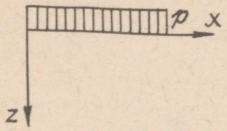


$$\tau_{zx} = \frac{p}{\pi} \sin^2 \beta$$

$$\frac{\tau_{zx}}{p}$$

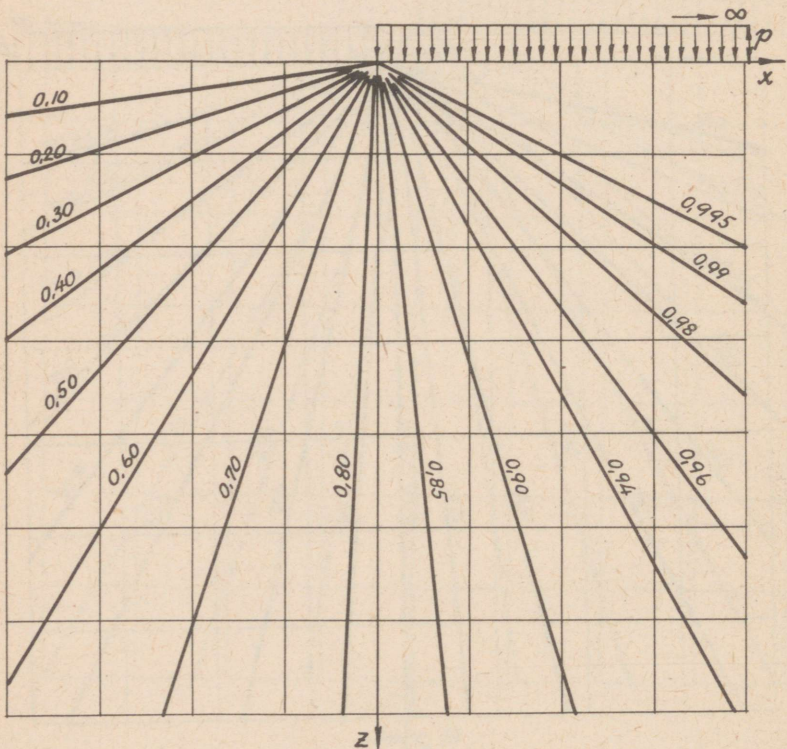


Z
Joon. 19

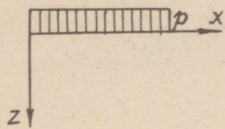


$$\sigma_i = \frac{p}{\pi} (\beta + \sin \beta)$$

$$\frac{\sigma_i}{p}$$

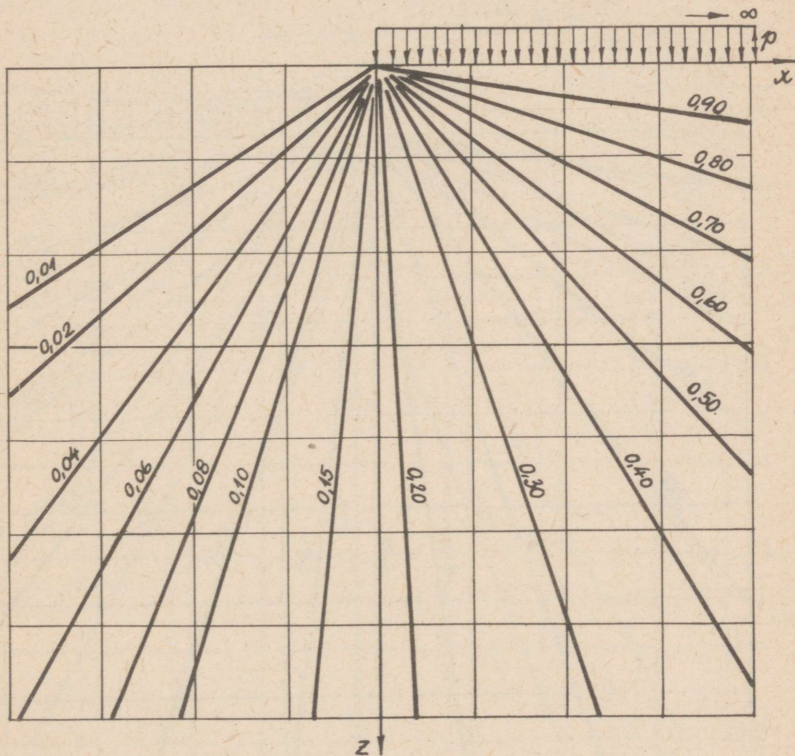


Joon. 20

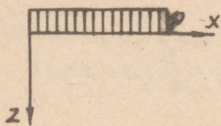


$$\sigma_3 = \frac{p}{\pi} (\beta - \sin\beta)$$

$$\frac{\sigma_3}{p}$$

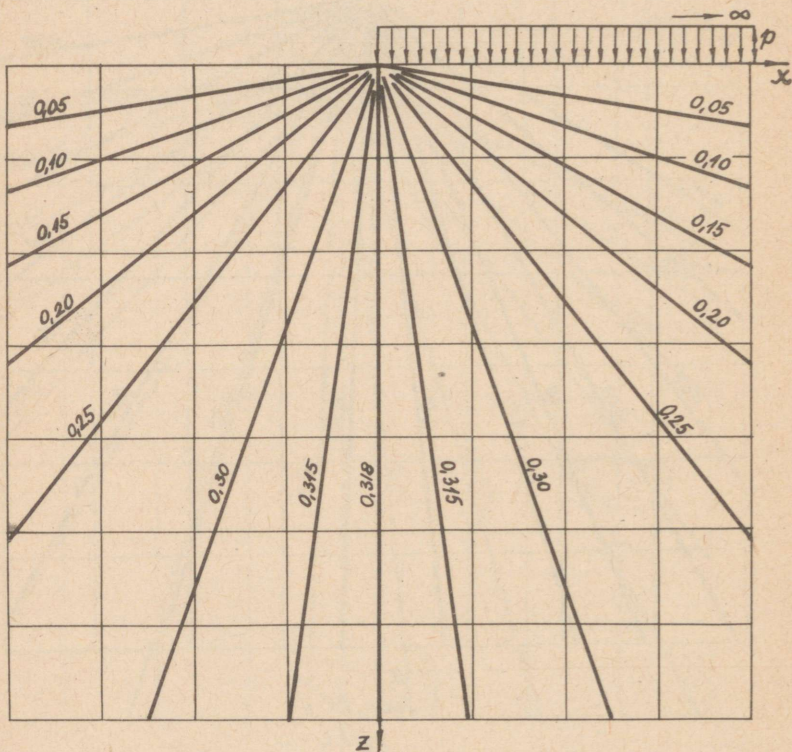


Joon. 21

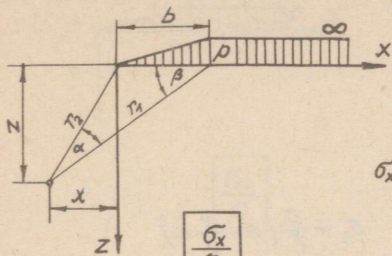


$$\max \tau = \frac{p}{T} \sin \beta$$

$$\frac{\max \tau}{p}$$

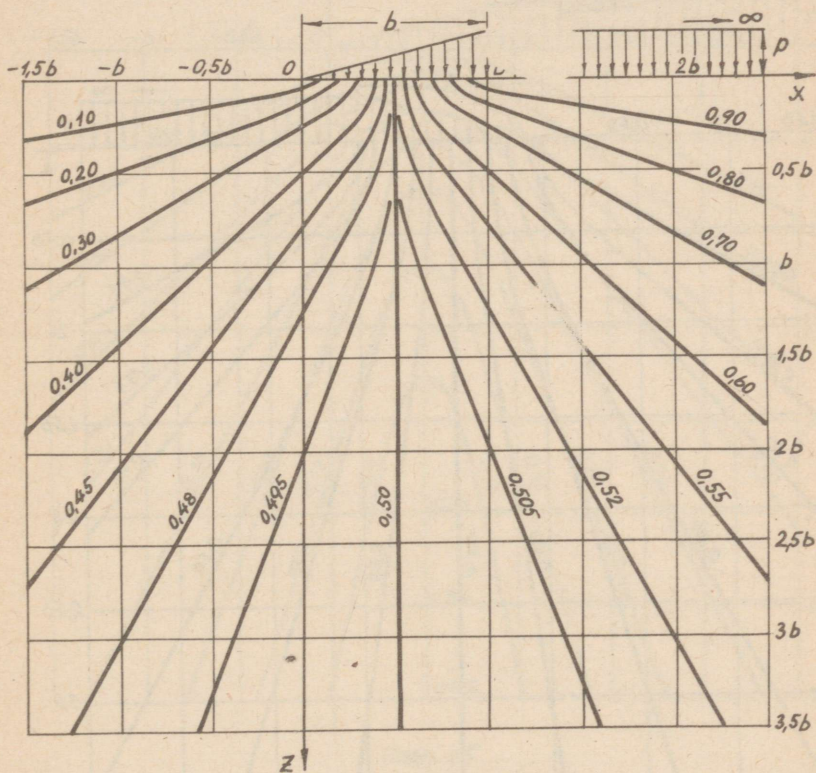


Joon. 22

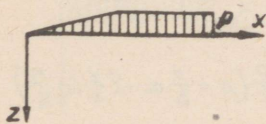


$$\bar{\sigma}_x = \frac{p}{\pi} \left(\beta + \frac{x}{b} \alpha - 2 \frac{z}{b} \ln \frac{r_2}{r_1} \right)$$

$$\frac{\bar{\sigma}_x}{p}$$

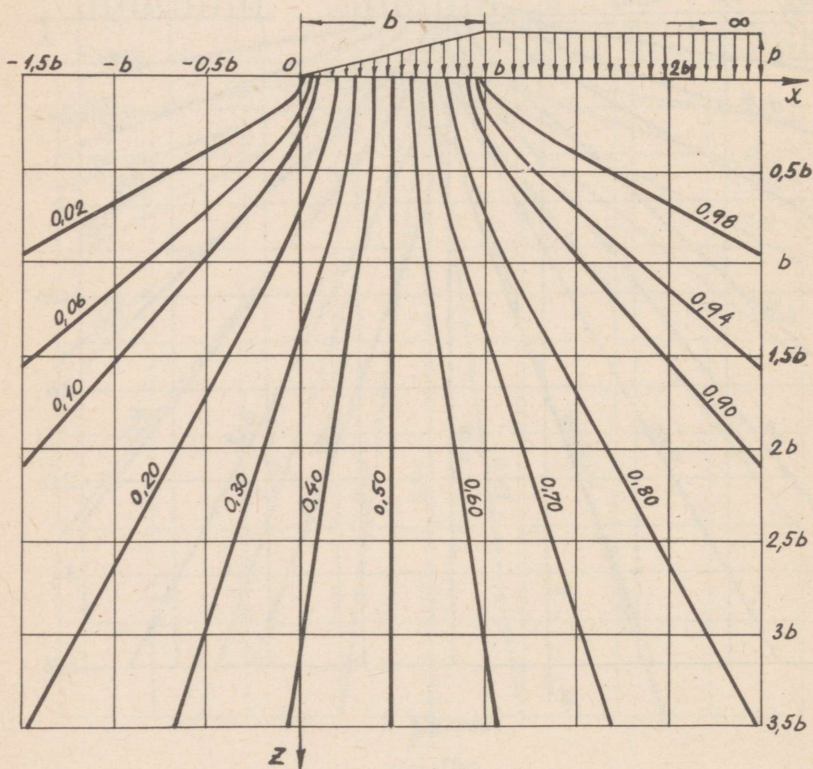


Joan. 23

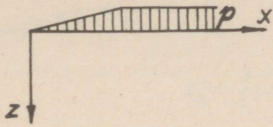


$$\sigma_z = \frac{p}{\beta} \left(\beta + \frac{x}{b} \alpha \right)$$

$$\frac{\sigma_z}{p}$$

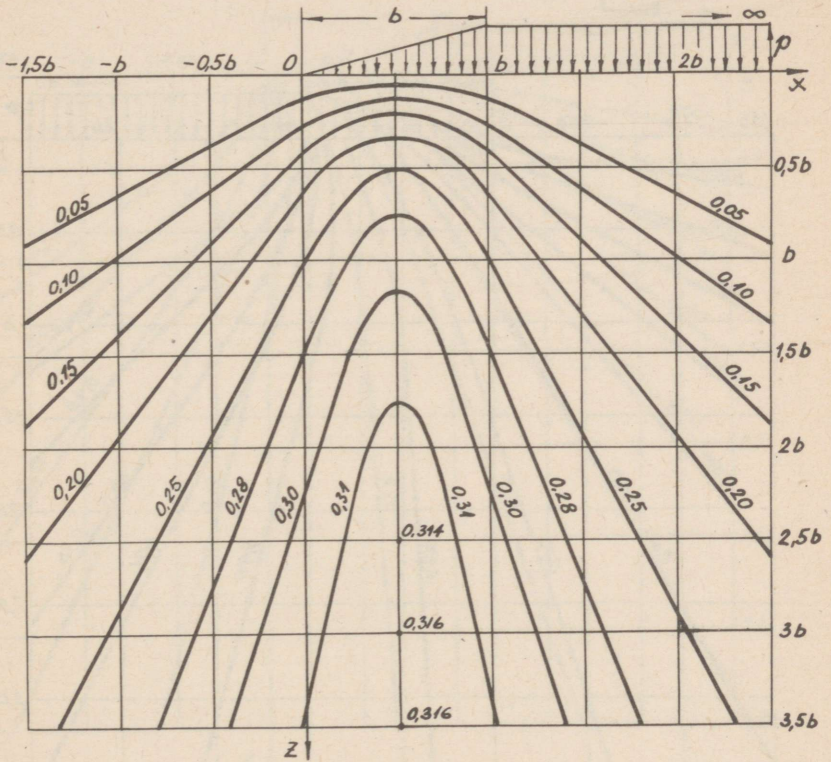


Joon. 24



$$\tau_{zx} = \frac{p}{\pi} \cdot \frac{z}{b} \alpha$$

$$\frac{\tau_{zx}}{p}$$



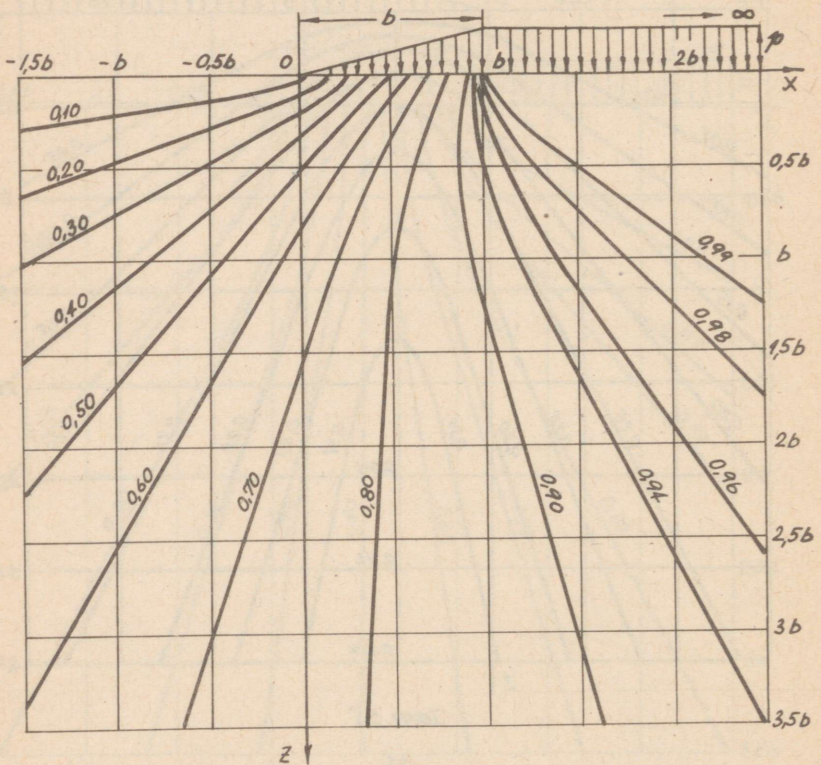
Joan. 25



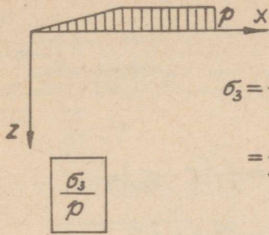
$$\frac{\sigma_i}{p}$$

$$\sigma_i = \frac{1}{2}(\sigma_z + \sigma_x) + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 4\tau_{zx}^2} =$$

$$= \frac{p}{2} \left[\left(\beta + \frac{x}{b} \alpha - \frac{z}{b} \ln \frac{r_2}{r_1} \right) + \frac{z}{b} \sqrt{\left(\ln^2 \frac{r_2}{r_1} + \alpha^2 \right)} \right]$$

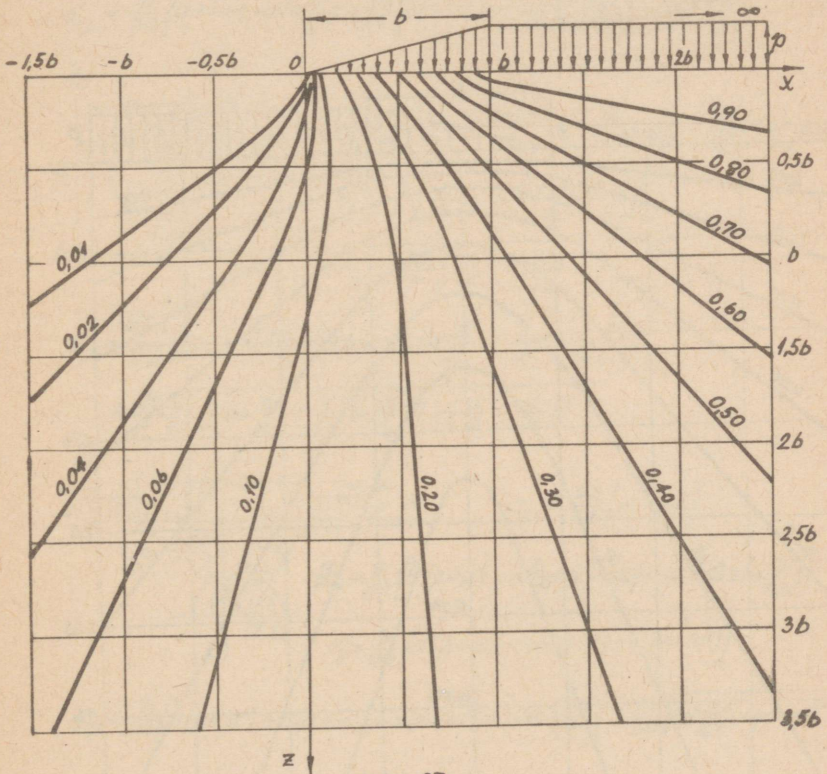


Joon. 26

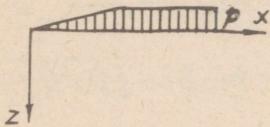


$$\sigma_3 = \frac{1}{2}(\sigma_z + \sigma_x) + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 4\tau_{zx}^2} =$$

$$= \frac{p}{\pi} \left[\left(\beta + \frac{x}{b} \alpha - \frac{z}{b} \ln \frac{r_2}{r_1} \right) - \frac{z}{b} \sqrt{\left(\ln^2 \frac{r_2}{r_1} + \alpha^2 \right)} \right]$$



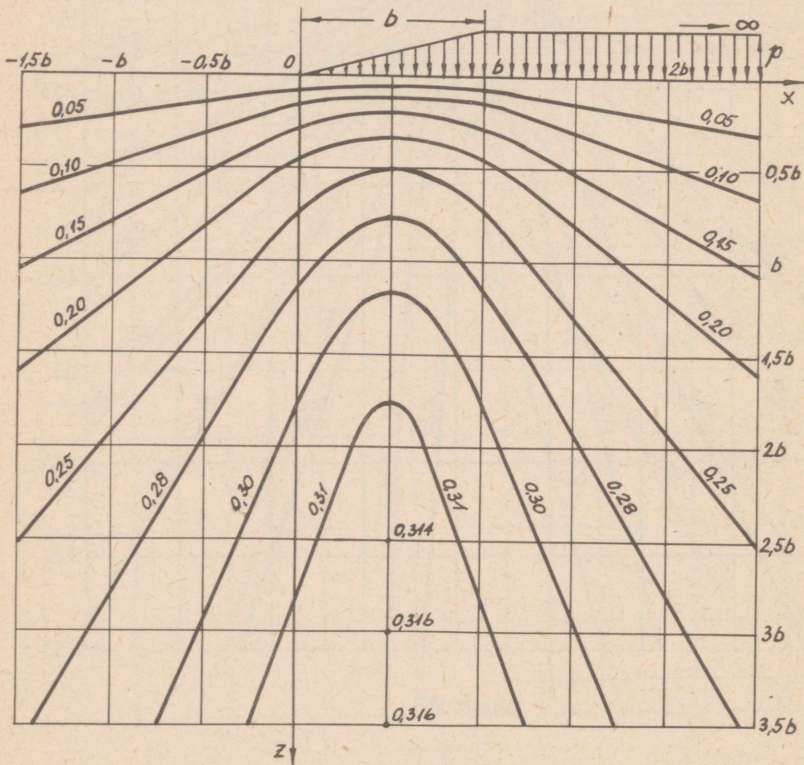
Joon. 27



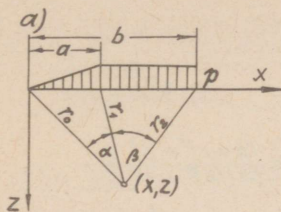
$$\max \tau = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) =$$

$$= \frac{pZ}{\pi b} \sqrt{\ln^2 \frac{r_2}{r_1} + \alpha^2}$$

$$\boxed{\frac{\max \tau}{p}}$$



Jan. 28

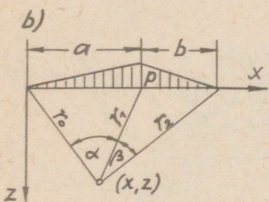


$$\sigma_x = \frac{p}{\pi a} \left[a\beta + x\alpha + \frac{az}{r_2} (x-b) + 2z \ln \frac{r_1}{r_0} \right]$$

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi a} \left[a\beta + x\alpha - \frac{az}{r_2} (x-b) \right]$$

$$\tau_{zx} = \frac{p}{\pi a} \left[z\alpha - a \frac{z^2}{r_2^2} \right]$$

$$\sigma_{1,3} = \frac{p}{\pi a} \left\{ a\beta + x\alpha + z \ln \frac{r_1}{r_2} \pm z \sqrt{\left[\frac{a}{2} (x-b) + \ln \frac{r_1}{r_0} \right]^2 + \left(\alpha - \frac{az}{r_2} \right)^2} \right\}$$

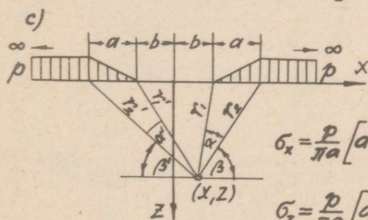


$$\sigma_x = \frac{p}{\pi} \left[\frac{x}{a} \alpha + \frac{a+b-x}{b} \beta + \frac{2z}{a} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{2z}{b} \ln \frac{r_1}{r_2} \right]$$

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \left[\frac{x}{a} \alpha + \frac{a+b-x}{b} \beta \right]$$

$$\tau_{zx} = \frac{pz}{\pi} \left[\frac{\alpha}{a} - \frac{\beta}{b} \right]$$

$$\sigma_{1,3} = \frac{p}{\pi} \left[\frac{x}{a} \alpha + \frac{a+b-x}{b} \beta + \frac{z}{a} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{z}{b} \ln \frac{r_1}{r_2} \right] \pm \frac{pz}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1}{a} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{b} \ln \frac{r_1}{r_2} \right)^2 + \left(\frac{\alpha}{a} - \frac{\beta}{b} \right)^2}$$



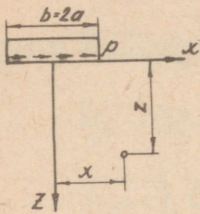
$$\tau_{zx} = \frac{pz}{\pi a} [\alpha - \alpha']$$

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi a} \left[a(\beta + \beta') - b(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') + 2z \ln \frac{r_2 r_1'}{r_1 r_2'} \right]$$

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi a} \left[a(\beta + \beta') - b(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') \right]$$

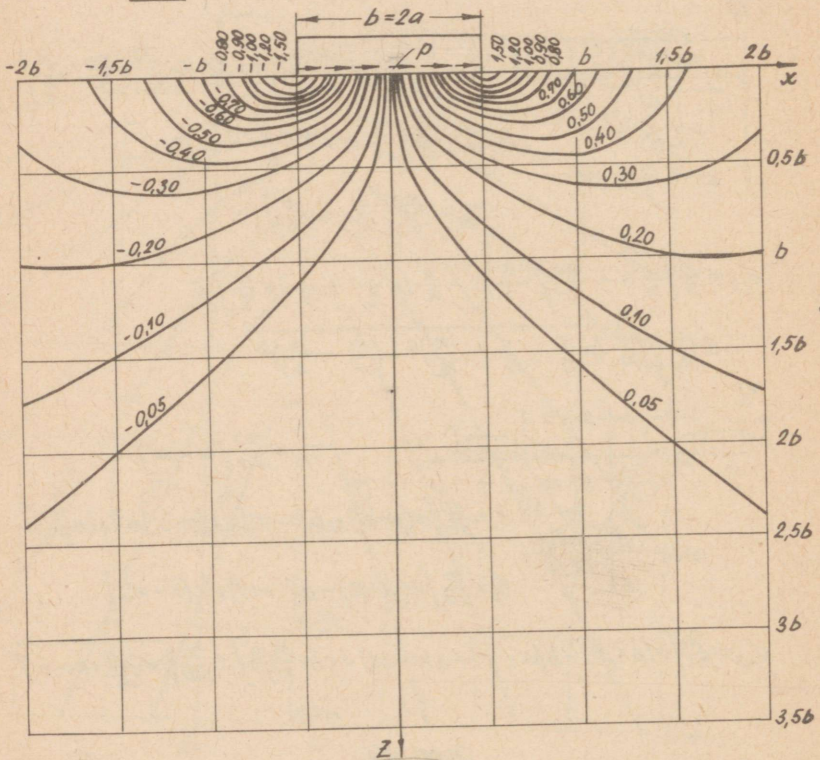
$$\sigma_{1,3} = \frac{p}{\pi a} \left[a(\beta + \beta') - b(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') + z \ln \frac{r_2 r_1'}{r_1 r_2'} \right] \pm \frac{pz}{\pi a} \sqrt{\left[\ln \frac{2r_2 r_1'}{r_1 r_2'} + (\alpha - \alpha') \right]^2}$$

Ююн. 29

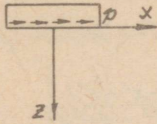


$$\frac{\sigma_x}{\rho}$$

$$\sigma_x = \frac{\rho}{\pi} \ln \frac{(a+x)^2 + z^2}{(a-x)^2 + z^2} - \frac{\rho}{\pi} \frac{4axz^2}{(a^2 + x^2 + z^2)^2 - 4a^2x^2}$$

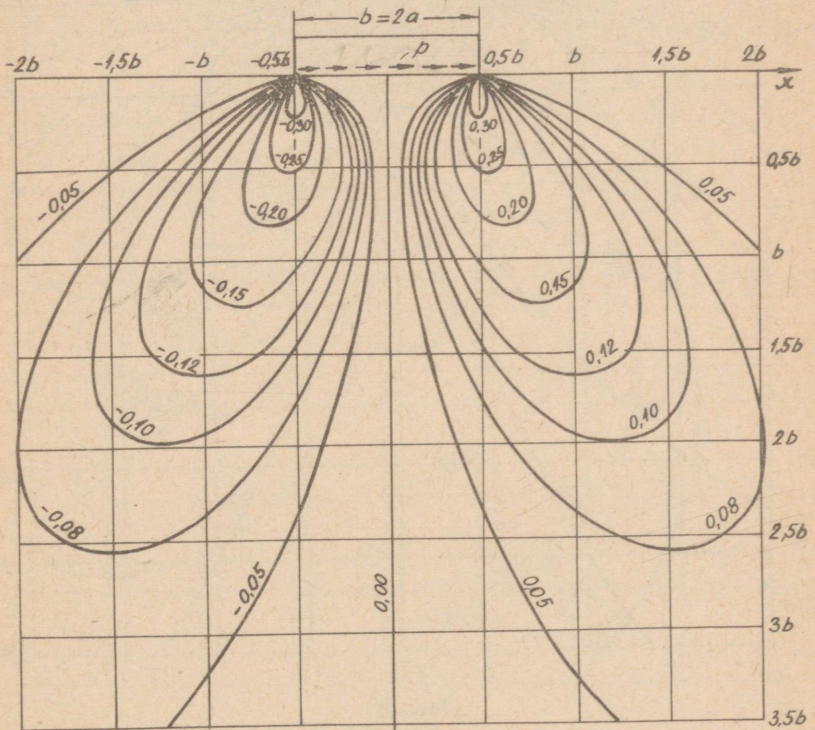


Jan. 30

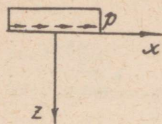


$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \frac{4axz^2}{(a^2 + x^2 + z^2)^2 - 4a^2x^2}$$

$$\frac{\sigma_z}{p}$$

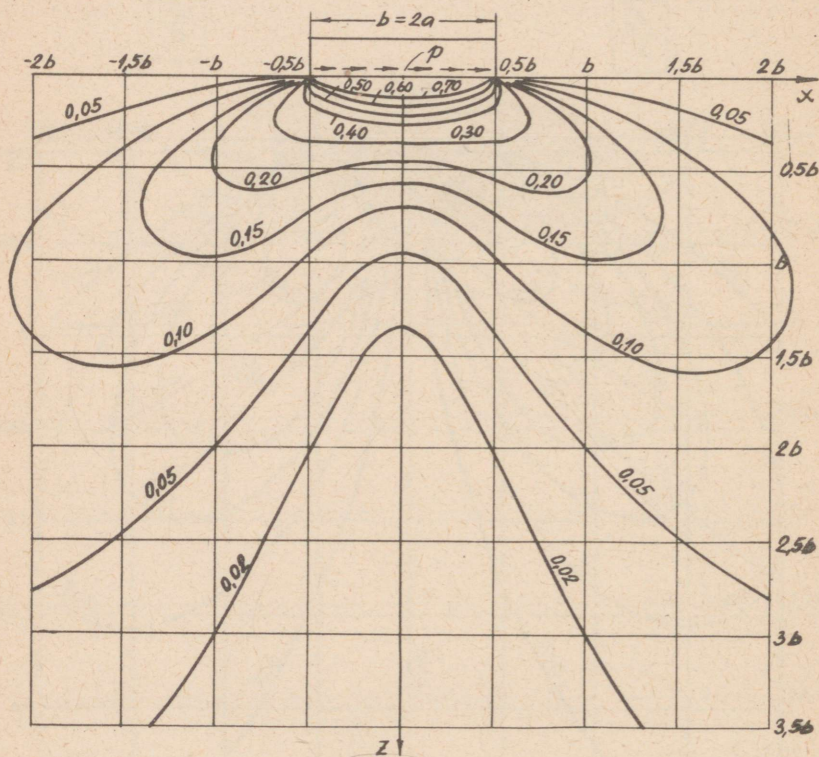


Joon. 31

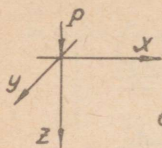


$$\tau_{zx} = \frac{p}{\pi} \left(\arctan \frac{a-x}{z} + \arctan \frac{a+x}{z} \right) - \frac{p}{\pi} \frac{2az(a^2 - x^2 + z^2)}{(a^2 + x^2 + z^2)^2 - 4a^2x^2}$$

$$\frac{\tau_{zx}}{p}$$



Joon. 32



$$\sigma_x = \frac{3P}{2\pi} \left\{ \frac{zx^2}{R^5} + \frac{1-2\mu}{3} \left[\frac{R^2 - Rz - z^2}{R^3(R+z)} - \frac{x^2(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right] \right\}$$

$$R^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$\frac{\sigma_x}{P}$$

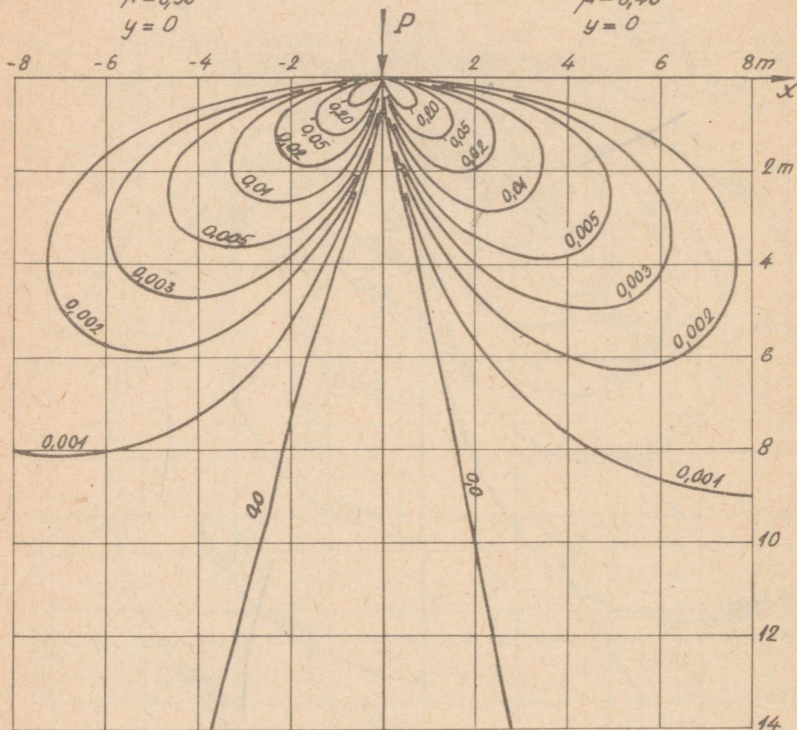
$$\mu = 0,30$$

$$y = 0$$

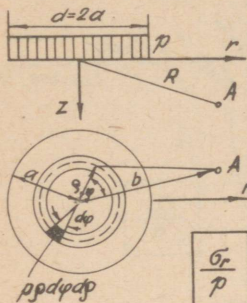
$$\frac{\sigma_x}{P}$$

$$\mu = 0,40$$

$$y = 0$$



Joon. 34



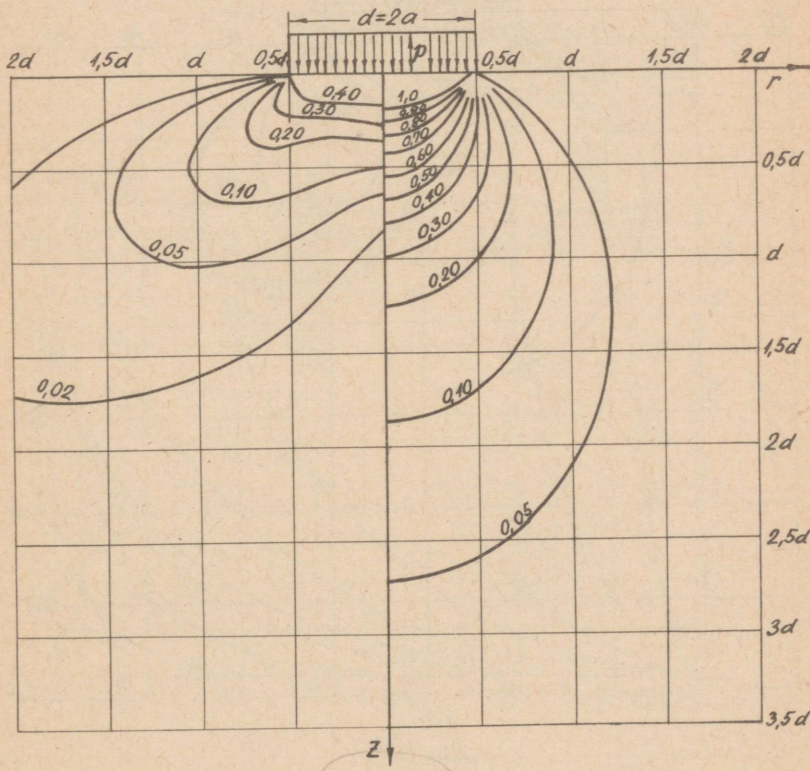
$$\sigma_r = \frac{3p}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^a \left[\frac{b^2 z}{R^5} - \frac{1-2\mu}{3R(R+z)} \right] \rho d\rho d\varphi$$

$$\sigma_z = \frac{3z^3 p}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^a \frac{\rho d\rho d\varphi}{R^5}$$

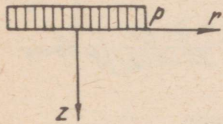
$$R = (b^2 + \rho^2 + z^2 - 2b\rho \cos\varphi)^{1/2}$$

$$\frac{\sigma_r}{p}$$

$$\frac{\sigma_z}{p}$$



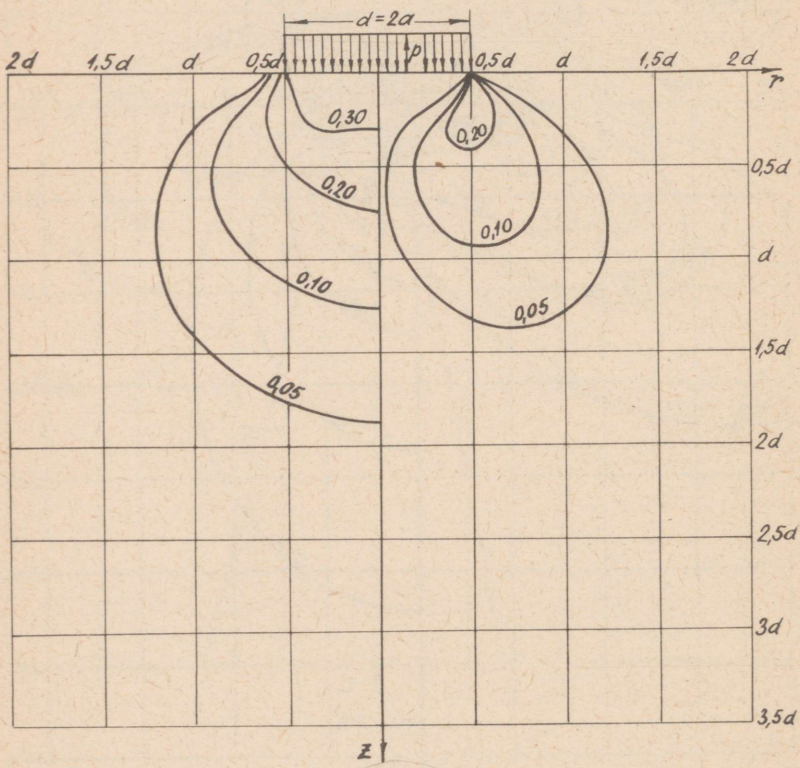
Joon. 35



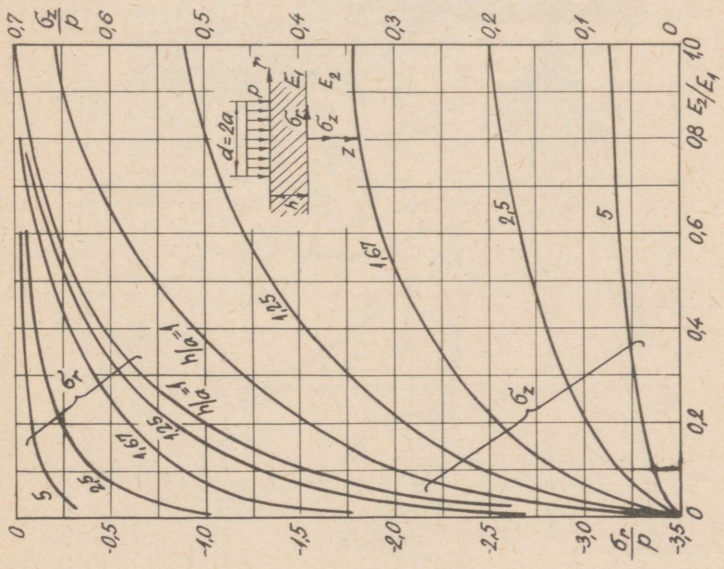
$$\tau_{zr} = \frac{3bz^2p}{2\pi} \int_0^a \int_0^{2\pi} \frac{\rho d\rho d\varphi}{(b^2 + \rho^2 + z^2 - 2b\rho \cos\varphi)^{5/2}}$$

$$\frac{\max \tau}{p}$$

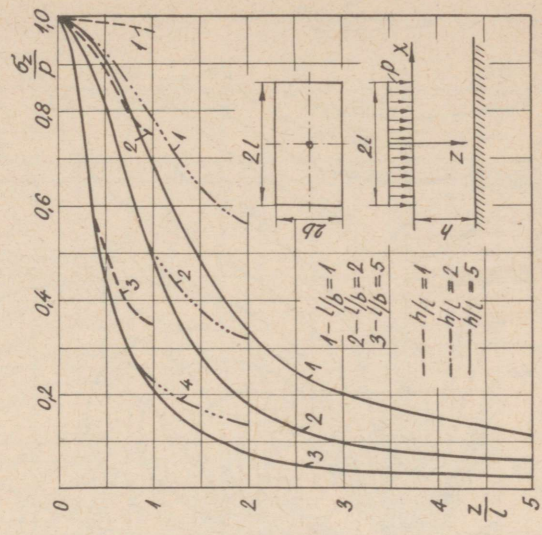
$$\frac{\tau_{zr}}{p}$$



Joon. 36



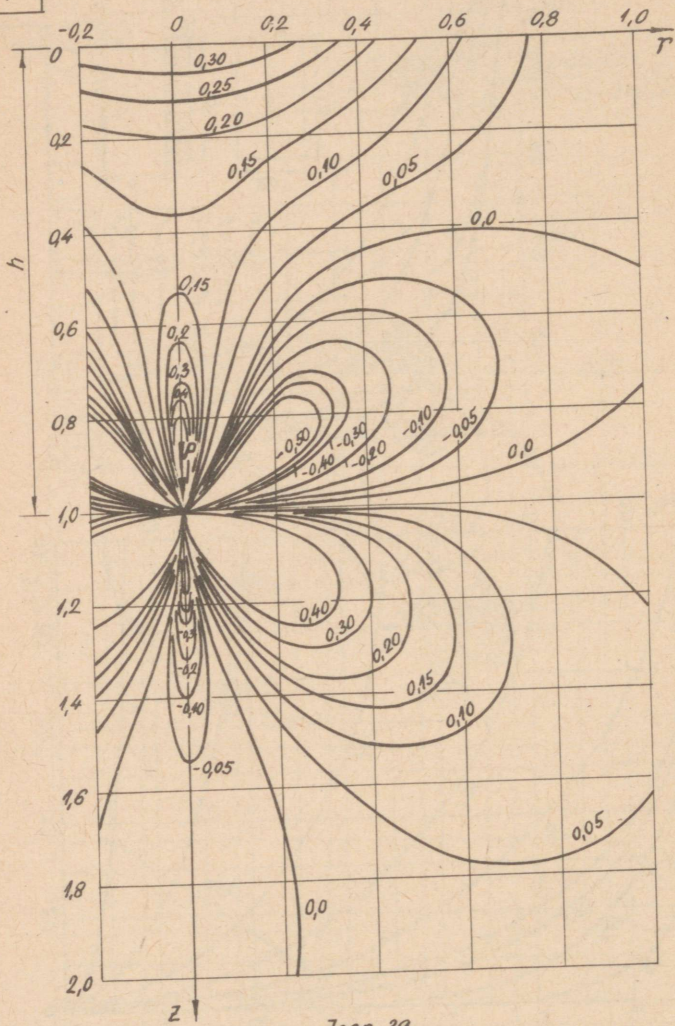
Жоон. 37



Жоон. 38

σ_r^*

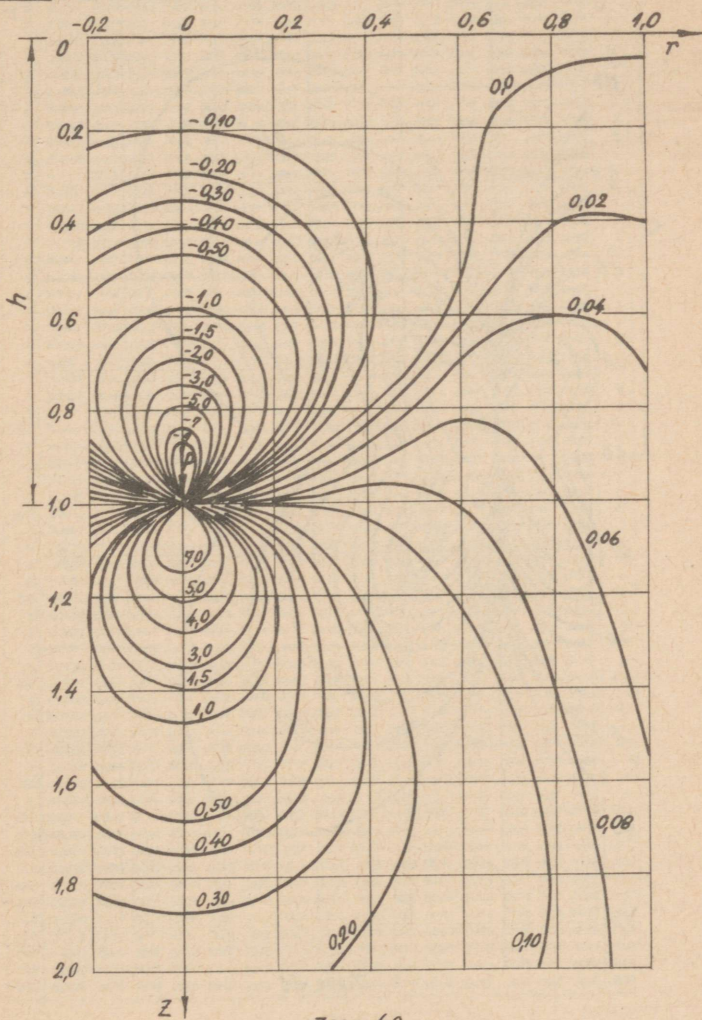
$$\sigma_r = \frac{P}{h^2} \sigma_r^*$$



Joon. 39

$$\sigma_z^*$$

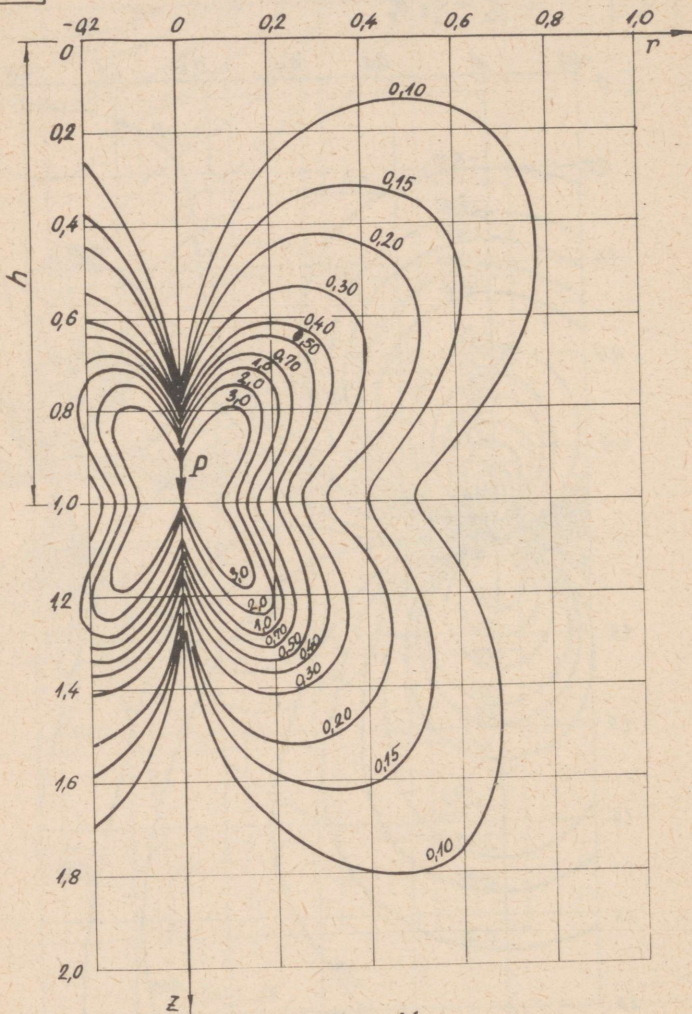
$$\sigma_z = \frac{P}{h^2} \sigma_z^*$$



Юон.40

$$\tau_{zr}^*$$

$$\tau_{zr} = \frac{\rho}{h^2} \tau_{zr}^*$$



Joon. 41

$\alpha_{\pi\pi}$ - tabel

π/π	400	402	404	406	408	410	412	414	416	418	420	422	426	430	434	π/π
0.0	0.2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	0.0
1	0.2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	2498	1
2	0.2486	2486	2486	2487	2487	2487	2488	2488	2488	2489	2489	2489	2489	2489	2489	2
3	0.2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2462	2463	2464	2464	2465	2465	2466	3
4	0.2401	2404	2406	2408	2410	2412	2414	2415	2417	2418	2420	2421	2421	2423	2425	4
5	0.2325	2329	2333	2336	2340	2343	2346	2349	2351	2354	2356	2358	2362	2366	2369	5
6	0.2229	2235	2241	2246	2251	2256	2260	2264	2268	2272	2275	2278	2284	2290	2294	6
7	0.2149	2127	2134	2141	2148	2154	2160	2165	2170	2175	2180	2185	2193	2200	2207	7
8	0.1999	2003	2018	2026	2035	2042	2049	2056	2063	2069	2075	2081	2091	2100	2109	8
9	0.1876	1887	1897	1907	1916	1925	1934	1942	1950	1957	1964	1971	1983	1995	2005	9
10	0.1752	1764	1776	1787	1797	1807	1817	1826	1835	1843	1851	1859	1873	1886	1898	10
1	0.1632	1644	1657	1668	1680	1690	1704	1714	1720	1730	1738	1747	1763	1777	1791	1
2	0.1516	1529	1542	1554	1566	1578	1589	1599	1609	1619	1629	1638	1655	1671	1685	2
3	0.1407	1420	1434	1446	1458	1470	1481	1492	1503	1513	1523	1533	1551	1567	1583	3
4	0.1305	1319	1332	1344	1357	1369	1380	1392	1402	1413	1423	1433	1452	1469	1485	4
5	0.1210	1223	1237	1250	1262	1274	1286	1297	1308	1318	1329	1339	1358	1376	1393	5
6	0.1123	1136	1149	1162	1174	1186	1197	1209	1220	1230	1241	1251	1270	1288	1305	6
7	0.1043	1058	1068	1081	1093	1104	1118	1127	1138	1148	1159	1169	1188	1206	1224	7
8	0.0989	0982	0994	1008	1018	1029	1040	1051	1062	1072	1083	1092	1112	1130	1147	8
9	0.0902	0914	0926	0937	0949	0960	0971	0982	0992	1002	1012	1022	1041	1059	1076	9
2.0	0.0840	0852	0863	0875	0886	0896	0907	0917	0928	0938	0947	0957	0975	0993	1010	20
1	0.0784	0795	0806	0817	0828	0838	0848	0858	0868	0878	0887	0897	0915	0932	0949	1
2	0.0732	0743	0754	0764	0774	0784	0794	0804	0814	0823	0832	0841	0859	0876	0892	2
3	0.0685	0696	0706	0716	0726	0735	0745	0754	0763	0772	0781	0790	0807	0824	0839	3
4	0.0642	0652	0662	0671	0681	0690	0699	0708	0717	0726	0734	0743	0759	0775	0791	4
5	0.0602	0612	0621	0630	0639	0648	0657	0666	0674	0683	0691	0699	0715	0731	0746	5
6	0.0566	0575	0584	0593	0604	0610	0618	0627	0635	0643	0651	0659	0676	0693	0709	6
7	0.0533	0541	0550	0558	0566	0575	0583	0591	0599	0606	0614	0621	0637	0654	0669	7
8	0.0502	0510	0518	0526	0534	0542	0550	0557	0565	0573	0580	0587	0602	0618	0634	8
9	0.0474	0481	0489	0497	0504	0512	0519	0527	0534	0541	0548	0555	0569	0583	0597	9
3.0	0.0447	0455	0462	0470	0477	0484	0491	0498	0505	0512	0519	0526	0539	0552	0565	3.0
2	0.0401	0408	0416	0421	0428	0435	0441	0448	0454	0460	0467	0473	0485	0497	0509	2
4	0.0361	0367	0373	0380	0386	0392	0398	0404	0410	0416	0421	0427	0439	0450	0461	4
5	0.0326	0332	0338	0344	0349	0355	0360	0366	0371	0377	0382	0387	0398	0408	0419	5
6	0.0296	0302	0307	0312	0317	0323	0328	0333	0338	0343	0348	0353	0362	0372	0382	6
8	0.0270	0275	0280	0285	0290	0294	0299	0304	0308	0313	0317	0322	0331	0340	0349	8
4.0	0.0247	0252	0256	0261	0265	0270	0274	0278	0283	0287	0291	0295	0304	0312	0320	4.0
2	0.0227	0234	0235	0239	0244	0248	0252	0256	0260	0264	0268	0272	0280	0287	0295	4
6	0.0209	0213	0217	0221	0225	0228	0232	0236	0240	0243	0247	0251	0258	0265	0272	6
8	0.0193	0197	0200	0204	0208	0211	0215	0218	0222	0225	0229	0232	0238	0246	0252	8
5.0	0.0179	0182	0186	0189	0192	0196	0199	0202	0206	0209	0212	0215	0222	0228	0234	5.0
2	0.0166	0169	0173	0176	0179	0182	0185	0188	0191	0194	0197	0200	0206	0212	0218	2
4	0.0155	0158	0164	0164	0167	0169	0172	0175	0178	0181	0184	0187	0192	0198	0203	4
6	0.0145	0147	0150	0153	0155	0158	0161	0164	0166	0169	0172	0174	0180	0185	0190	6
8	0.0135	0138	0140	0143	0145	0148	0151	0153	0156	0158	0161	0163	0168	0173	0178	8
6.0	0.0127	0129	0132	0134	0136	0139	0141	0144	0146	0148	0151	0153	0158	0162	0167	6.0
5	0.0109	0111	0113	0115	0117	0119	0121	0123	0125	0127	0129	0131	0135	0139	0144	5
7.0	0.0094	0096	0098	0099	0102	0103	0105	0107	0109	0111	0112	0114	0118	0121	0125	7.0
5	0.0082	0084	0086	0087	0089	0090	0092	0094	0095	0097	0098	0099	0103	0106	0109	5
8.0	0.0073	0074	0076	0077	0078	0080	0081	0083	0084	0085	0087	0088	0091	0094	0097	8.0
5	0.0065	0066	0067	0068	0070	0071	0072	0073	0075	0076	0077	0078	0081	0083	0086	5
9.0	0.0058	0059	0060	0061	0062	0063	0065	0066	0067	0068	0069	0070	0072	0075	0077	9.0
5	0.0052	0053	0054	0055	0056	0057	0058	0059	0060	0061	0062	0063	0065	0067	0069	5
10.0	0.0047	0048	0049	0050	0051	0052	0053	0053	0054	0055	0056	0057	0059	0061	0063	10.0
11.0	0.0039	0040	0041	0041	0042	0043	0044	0044	0045	0046	0047	0047	0049	0050	0052	11.0
12.0	0.0033	0033	0034	0035	0035	0036	0037	0037	0038	0039	0039	0040	0041	0042	0044	12.0
13.0	0.0026	0029	0029	0030	0030	0031	0031	0032	0032	0033	0034	0034	0035	0036	0037	13.0
14.0	0.0024	0025	0025	0026	0026	0027	0027	0028	0028	0029	0029	0029	0030	0031	0032	14.0
15.0	0.0021	0022	0022	0022	0023	0023	0024	0024	0024	0025	0025	0026	0027	0027	0028	15.0
16.0	0.0019	0019	0019	0020	0020	0020	0021	0021	0022	0022	0022	0023	0023	0024	0025	16.0
17.0	0.0016	0017	0017	0017	0018	0018	0018	0019	0019	0019	0020	0020	0021	0021	0022	17.0
18.0	0.0015	0015	0015	0016	0016	0016	0016	0017	0017	0017	0018	0018	0019	0019	0020	18.0
19.0	0.0013	0013	0013	0014	0014	0014	0015	0015	0015	0016	0016	0016	0017	0017	0018	19.0
20.0	0.0012	0012	0012	0013	0013	0013	0013	0014	0014	0014	0014	0015	0015	0015	0016	20.0

α_n - tabel

$\frac{77}{m}$	138	142	146	150	155	160	165	170	180	190	200	220	240	260	280	$\frac{77}{n}$
0.0	0.2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	0.0
1	0.2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	1
2	0.2490	2490	2490	2490	2491	2491	2491	2491	2491	2491	2491	2492	2492	2492	2492	2
3	0.2468	2468	2469	2469	2470	2470	2471	2471	2472	2472	2473	2473	2473	2474	2474	3
4	0.2428	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2442	4
5	0.2372	2374	2376	2378	2380	2382	2384	2385	2388	2390	2391	2393	2395	2396	2397	5
6	0.2299	2301	2306	2309	2312	2315	2318	2320	2324	2327	2330	2333	2336	2337	2338	6
7	0.2242	2248	2253	2257	2262	2266	2270	2273	2279	2283	2287	2292	2296	2298	2299	7
8	0.2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2229	2234	2239	2244	2249	2252	2253	8
9	0.2144	2149	2154	2159	2164	2169	2174	2179	2185	2190	2195	2200	2205	2208	2209	9
10	0.1909	1919	1928	1936	1946	1955	1962	1969	1981	1991	1999	2012	2020	2026	2034	10
1	0.1803	1814	1825	1835	1846	1856	1865	1873	1887	1899	1909	1924	1934	1942	1947	1
2	0.1699	1711	1723	1734	1746	1758	1768	1777	1793	1807	1818	1836	1849	1858	1865	2
3	0.1598	1611	1624	1636	1649	1662	1673	1683	1702	1717	1730	1750	1765	1776	1784	3
4	0.1501	1515	1526	1541	1556	1569	1581	1593	1613	1630	1644	1667	1684	1696	1705	4
5	0.1409	1424	1438	1454	1466	1480	1493	1505	1527	1545	1561	1586	1604	1619	1630	5
6	0.1322	1337	1351	1365	1381	1396	1409	1422	1445	1465	1482	1509	1530	1545	1557	6
7	0.1240	1256	1270	1284	1301	1316	1330	1343	1367	1388	1406	1436	1458	1473	1488	7
8	0.1164	1179	1194	1208	1225	1241	1255	1269	1294	1315	1334	1365	1388	1408	1422	8
9	0.1092	1108	1123	1137	1154	1170	1185	1199	1224	1246	1265	1299	1324	1344	1358	9
20	0.1026	1042	1057	1074	1088	1104	1118	1133	1159	1181	1202	1236	1263	1284	1300	20
1	0.0965	0980	0995	1009	1026	1041	1057	1074	1097	1120	1144	1176	1204	1226	1244	1
2	0.0908	0923	0937	0951	0968	0984	0999	1013	1039	1063	1084	1120	1149	1172	1190	2
3	0.0855	0869	0884	0897	0914	0929	0944	0958	0985	1008	1030	1067	1096	1120	1140	3
4	0.0806	0820	0834	0847	0863	0879	0894	0908	0934	0958	0979	1016	1041	1071	1092	4
5	0.0760	0774	0788	0801	0817	0832	0846	0860	0886	0910	0934	0969	0999	1025	1046	5
6	0.0718	0732	0745	0758	0773	0788	0802	0816	0842	0865	0887	0924	0955	0984	1005	6
7	0.0679	0692	0705	0717	0732	0747	0761	0774	0800	0823	0844	0882	0913	0940	0962	7
8	0.0642	0655	0668	0680	0695	0709	0722	0736	0761	0783	0805	0842	0874	0900	0923	8
9	0.0609	0621	0633	0645	0659	0673	0686	0699	0724	0746	0767	0805	0836	0863	0886	9
30	0.0577	0589	0601	0612	0626	0640	0653	0665	0689	0712	0732	0769	0804	0838	0861	30
2	0.0521	0532	0543	0554	0567	0580	0592	0604	0627	0648	0668	0704	0735	0762	0786	2
4	0.0474	0482	0492	0502	0515	0527	0538	0550	0574	0592	0611	0646	0677	0704	0727	4
6	0.0428	0438	0448	0457	0469	0480	0491	0502	0523	0542	0560	0594	0624	0651	0674	6
8	0.0394	0400	0409	0418	0429	0439	0450	0460	0479	0498	0516	0548	0577	0603	0626	8
40	0.0358	0366	0375	0383	0393	0403	0413	0422	0441	0459	0475	0507	0535	0560	0583	40
2	0.0329	0337	0344	0352	0362	0371	0380	0389	0407	0423	0439	0469	0496	0521	0543	2
4	0.0303	0310	0317	0325	0334	0342	0351	0360	0376	0392	0407	0436	0462	0485	0507	4
6	0.0279	0286	0293	0300	0309	0317	0325	0333	0349	0364	0378	0405	0430	0453	0474	6
8	0.0259	0265	0272	0278	0286	0294	0302	0309	0324	0338	0352	0378	0402	0424	0444	8
50	0.0240	0247	0253	0259	0265	0273	0281	0288	0302	0315	0328	0353	0376	0397	0417	50
2	0.0224	0229	0235	0240	0248	0255	0262	0268	0284	0294	0307	0330	0352	0373	0392	2
4	0.0209	0214	0220	0225	0234	0238	0244	0251	0263	0275	0287	0309	0331	0350	0369	4
6	0.0195	0200	0205	0210	0217	0223	0229	0235	0247	0258	0269	0294	0314	0330	0347	6
8	0.0185	0186	0192	0197	0203	0209	0215	0220	0234	0242	0253	0275	0293	0311	0328	8
60	0.0172	0176	0182	0186	0194	0199	0202	0207	0218	0228	0238	0257	0276	0293	0310	60
5	0.0164	0162	0165	0169	0174	0179	0184	0189	0201	0209	0216	0236	0254	0270	0287	5
7	0.0148	0152	0155	0159	0164	0167	0171	0175	0188	0194	0201	0220	0237	0252	0268	7
8	0.0142	0143	0145	0148	0152	0155	0158	0161	0174	0179	0185	0204	0220	0235	0250	8
10	0.0128	0132	0135	0138	0143	0147	0151	0155	0168	0173	0180	0199	0214	0229	0244	10
5	0.0124	0125	0128	0131	0135	0138	0141	0144	0157	0162	0169	0188	0203	0218	0233	5
80	0.0109	0112	0115	0118	0123	0126	0129	0132	0144	0149	0156	0175	0190	0205	0220	80
5	0.0108	0094	0093	0096	0099	0102	0105	0107	0113	0119	0125	0143	0161	0178	0195	5
90	0.0079	0084	0083	0086	0088	0091	0094	0096	0102	0107	0112	0122	0132	0142	0152	90
5	0.0071	0073	0075	0077	0080	0082	0084	0087	0092	0096	0101	0111	0120	0128	0137	5
100	0.0064	0066	0068	0070	0072	0074	0076	0079	0083	0087	0092	0100	0109	0117	0125	100
110	0.0053	0055	0056	0058	0060	0062	0064	0066	0069	0073	0076	0084	0094	0097	0104	110
120	0.0045	0048	0048	0049	0050	0052	0054	0055	0058	0061	0065	0074	0077	0083	0088	120
130	0.0038	0040	0041	0042	0043	0044	0046	0047	0050	0053	0055	0060	0066	0071	0076	130
140	0.0033	0034	0035	0036	0037	0038	0040	0041	0043	0045	0048	0052	0057	0061	0066	140
150	0.0029	0030	0031	0032	0033	0034	0035	0036	0038	0040	0042	0046	0050	0054	0058	150
160	0.0026	0026	0027	0028	0029	0030	0030	0031	0033	0035	0037	0040	0044	0047	0051	160
170	0.0023	0023	0024	0025	0025	0026	0027	0028	0029	0031	0033	0036	0039	0042	0045	170
180	0.0020	0021	0021	0022	0023	0023	0024	0025	0026	0028	0029	0032	0035	0038	0040	180
190	0.0018	0019	0019	0020	0020	0021	0022	0022	0024	0025	0026	0029	0031	0034	0036	190
200	0.0016	0017	0017	0018	0018	0019	0020	0021	0021	0022	0024	0026	0028	0031	0033	200

α_n -tabel

$\frac{\pi}{n}$	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.40	4.80	5.20	5.60	6.00	6.40	6.80	7.20	7.60	$\frac{\pi}{m}$
0.1	0.2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	0.1
2	0.2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2
3	0.2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	3
4	0.2442	2442	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	4
5	0.2397	2397	2398	2398	2398	2398	2398	2398	2399	2399	2399	2399	2399	2399	2399	5
6	0.2339	2340	2340	2341	2341	2341	2341	2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	6
7	0.2274	2272	2273	2274	2274	2274	2275	2275	2275	2275	2276	2276	2276	2276	2276	7
8	0.2216	2198	2199	2199	2200	2200	2201	2201	2202	2202	2202	2202	2202	2202	2202	8
9	0.2161	2148	2149	2149	2150	2150	2151	2151	2152	2152	2152	2152	2152	2152	2152	9
10	0.2104	2037	2038	2040	2041	2041	2042	2043	2044	2044	2045	2045	2045	2045	2045	10
1	0.1954	1954	1957	1959	1960	1961	1963	1964	1965	1965	1965	1966	1966	1966	1966	1
2	0.1870	1874	1876	1879	1880	1882	1884	1885	1886	1887	1887	1887	1888	1888	1888	2
3	0.1790	1794	1798	1801	1803	1804	1807	1808	1810	1810	1811	1811	1812	1812	1812	3
4	0.1712	1716	1722	1725	1728	1730	1733	1735	1736	1737	1738	1738	1739	1739	1739	4
5	0.1636	1644	1649	1653	1656	1658	1662	1664	1665	1667	1668	1668	1669	1669	1670	5
6	0.1567	1574	1579	1584	1587	1590	1594	1597	1599	1600	1601	1602	1602	1603	1603	6
7	0.1498	1506	1513	1518	1522	1525	1529	1533	1535	1537	1538	1539	1539	1540	1540	7
8	0.1434	1443	1450	1455	1460	1463	1469	1472	1475	1477	1478	1479	1480	1480	1481	8
9	0.1372	1382	1390	1396	1401	1405	1411	1415	1418	1420	1422	1423	1424	1424	1425	9
20	0.1316	1294	1333	1340	1345	1350	1356	1361	1364	1368	1368	1370	1371	1371	1372	20
1	0.1258	1269	1279	1286	1292	1297	1305	1310	1314	1318	1318	1320	1321	1322	1322	1
2	0.1205	1218	1227	1236	1242	1248	1256	1262	1266	1269	1271	1272	1274	1274	1275	2
3	0.1155	1168	1179	1188	1195	1204	1209	1216	1220	1224	1226	1228	1229	1230	1231	3
4	0.1108	1122	1133	1142	1150	1156	1165	1172	1177	1181	1184	1186	1187	1188	1189	4
5	0.1063	1077	1089	1099	1107	1114	1124	1131	1137	1141	1144	1146	1147	1149	1150	5
6	0.1020	1035	1047	1058	1066	1073	1085	1092	1098	1103	1106	1108	1110	1111	1112	6
7	0.0980	0995	1008	1018	1028	1035	1047	1056	1062	1066	1070	1072	1074	1076	1077	7
8	0.0944	0957	0970	0982	0994	0999	1011	1020	1027	1032	1036	1039	1041	1042	1044	8
9	0.0905	0921	0935	0946	0956	0964	0977	0987	0994	0999	1003	1006	1009	1011	1012	9
30	0.0870	0887	0904	0913	0923	0931	0945	0955	0963	0968	0973	0976	0979	0984	0982	30
2	0.0806	0823	0838	0850	0861	0870	0885	0896	0904	0911	0916	0919	0922	0925	0926	2
4	0.0747	0765	0780	0793	0805	0814	0830	0842	0851	0858	0864	0868	0871	0876	0876	4
6	0.0694	0712	0728	0741	0753	0763	0780	0793	0803	0810	0816	0821	0825	0828	0830	6
8	0.0646	0664	0680	0693	0705	0717	0734	0748	0758	0765	0773	0778	0782	0785	0788	8
40	0.0603	0620	0636	0650	0663	0674	0692	0706	0717	0726	0733	0739	0743	0746	0749	40
2	0.0563	0581	0596	0610	0623	0634	0653	0668	0679	0689	0696	0702	0707	0711	0714	2
4	0.0526	0544	0560	0574	0586	0598	0617	0632	0644	0654	0662	0668	0673	0678	0681	4
6	0.0483	0510	0526	0540	0553	0564	0584	0599	0612	0622	0630	0637	0643	0647	0651	6
8	0.0443	0480	0495	0509	0522	0533	0553	0569	0582	0592	0601	0608	0614	0618	0622	8
50	0.0435	0451	0466	0480	0493	0504	0524	0540	0554	0564	0573	0581	0587	0592	0596	50
2	0.0409	0425	0440	0454	0466	0478	0497	0514	0527	0538	0548	0555	0562	0567	0571	2
4	0.0386	0404	0416	0429	0441	0453	0472	0489	0503	0514	0524	0534	0538	0544	0548	4
6	0.0364	0379	0393	0406	0418	0430	0449	0466	0480	0491	0501	0509	0516	0522	0527	6
8	0.0344	0359	0372	0385	0397	0408	0428	0444	0458	0470	0480	0488	0495	0501	0506	8
60	0.0325	0340	0353	0366	0377	0388	0407	0423	0438	0450	0460	0468	0476	0482	0487	60
5	0.0285	0298	0310	0322	0333	0344	0362	0378	0392	0404	0415	0424	0431	0438	0443	5
70	0.0251	0263	0275	0286	0296	0306	0323	0339	0353	0365	0376	0385	0393	0400	0405	70
5	0.0222	0234	0245	0255	0265	0274	0291	0306	0319	0331	0342	0351	0359	0366	0372	5
80	0.0199	0209	0219	0228	0238	0246	0262	0277	0290	0304	0312	0321	0329	0336	0342	80
5	0.0178	0188	0197	0206	0214	0222	0238	0251	0264	0275	0285	0294	0302	0309	0316	5
90	0.0161	0169	0178	0185	0194	0202	0215	0229	0241	0252	0262	0271	0279	0285	0292	90
5	0.0146	0154	0162	0169	0177	0184	0197	0210	0221	0231	0241	0250	0257	0265	0271	5
100	0.0132	0140	0147	0154	0161	0168	0181	0192	0203	0213	0222	0231	0238	0245	0252	100
110	0.0111	0117	0124	0130	0136	0142	0153	0163	0173	0183	0191	0199	0206	0213	0219	110
120	0.0094	0100	0105	0111	0116	0121	0134	0144	0154	0163	0173	0179	0186	0192	0198	120
130	0.0081	0086	0091	0095	0099	0104	0113	0122	0130	0137	0144	0151	0157	0163	0169	130
140	0.0070	0074	0079	0083	0087	0091	0099	0106	0114	0120	0127	0133	0139	0145	0150	140
150	0.0064	0068	0069	0073	0078	0080	0087	0094	0100	0106	0112	0118	0124	0129	0134	150
160	0.0054	0058	0061	0064	0068	0071	0077	0083	0089	0095	0100	0105	0110	0115	0120	160
170	0.0048	0051	0054	0057	0060	0063	0069	0074	0080	0085	0090	0095	0099	0104	0108	170
180	0.0043	0046	0049	0051	0054	0057	0062	0067	0072	0076	0081	0085	0090	0094	0098	180
190	0.0039	0041	0044	0046	0049	0051	0056	0060	0065	0069	0073	0077	0081	0085	0089	190
200	0.0035	0037	0040	0042	0044	0046	0050	0055	0059	0063	0067	0070	0074	0078	0081	200

α_n -tabel

$n \backslash m$	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	$\frac{m}{n}$
0.0	0.2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	0.0
1	0.2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	2499	1
2	0.2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2492	2
3	0.2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	2474	3
4	0.2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	4
5	0.2399	2399	2399	2399	2399	2399	2399	2399	2399	2399	2399	2399	2399	5
6	0.2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	2342	6
7	0.2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	7
8	0.2202	2202	2202	2202	2203	2203	2203	2203	2203	2203	2203	2203	2203	8
9	0.2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	2125	9
10	0.2045	2045	2046	2046	2046	2046	2046	2046	2046	2046	2046	2046	2046	10
1	0.1965	1965	1966	1966	1966	1966	1966	1966	1966	1966	1966	1966	1966	1
2	0.1888	1888	1888	1888	1888	1888	1888	1888	1888	1888	1888	1888	1888	2
3	0.1812	1812	1813	1813	1813	1813	1813	1813	1813	1813	1813	1813	1813	3
4	0.1739	1739	1740	1740	1740	1740	1740	1740	1740	1740	1740	1740	1740	4
5	0.1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	5
6	0.1603	1604	1604	1604	1604	1604	1604	1604	1604	1604	1604	1604	1604	6
7	0.1541	1541	1541	1541	1542	1542	1542	1542	1542	1542	1542	1542	1542	7
8	0.1481	1482	1482	1482	1482	1483	1483	1483	1483	1483	1483	1483	1483	8
9	0.1425	1426	1426	1427	1427	1427	1427	1427	1427	1427	1427	1427	1427	9
20.0	0.1372	1373	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374	20
1	0.1323	1324	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1
2	0.1276	1277	1277	1278	1278	1278	1278	1278	1278	1278	1278	1278	1278	2
3	0.1232	1233	1233	1234	1234	1234	1234	1234	1235	1235	1235	1235	1235	3
4	0.1190	1191	1192	1192	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193	4
5	0.1151	1152	1153	1153	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154	5
6	0.1113	1115	1116	1116	1117	1117	1117	1117	1117	1117	1117	1117	1117	6
7	0.1078	1080	1081	1081	1082	1082	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	7
8	0.1045	1047	1048	1048	1049	1049	1049	1050	1050	1050	1050	1050	1050	8
9	0.1013	1015	1016	1017	1018	1018	1018	1019	1019	1019	1019	1019	1019	9
30.0	0.0983	0985	0987	0988	0988	0989	0989	0989	0989	0989	0989	0989	0989	30
2	0.0928	0930	0932	0933	0934	0934	0934	0935	0935	0935	0935	0935	0935	2
4	0.0878	0880	0882	0883	0884	0885	0885	0885	0886	0886	0886	0886	0886	4
6	0.0832	0835	0837	0839	0839	0840	0840	0841	0841	0841	0841	0841	0841	6
8	0.0790	0794	0796	0798	0799	0799	0800	0800	0800	0801	0801	0801	0801	8
10	0.0752	0756	0758	0760	0761	0762	0763	0763	0763	0764	0764	0764	0764	10
2	0.0716	0721	0724	0726	0727	0728	0729	0729	0729	0730	0730	0730	0730	2
4	0.0684	0689	0692	0694	0696	0697	0697	0698	0698	0699	0699	0699	0699	4
6	0.0654	0659	0663	0665	0667	0668	0669	0669	0670	0670	0670	0670	0670	6
8	0.0626	0632	0635	0638	0640	0641	0642	0643	0643	0644	0644	0644	0644	8
50.0	0.0599	0606	0610	0613	0615	0616	0617	0618	0618	0619	0619	0619	0619	50
2	0.0575	0582	0586	0589	0592	0593	0594	0595	0595	0596	0596	0596	0597	2
4	0.0552	0559	0564	0568	0570	0571	0573	0573	0574	0575	0575	0575	0575	4
6	0.0534	0538	0544	0547	0549	0551	0552	0553	0554	0555	0555	0555	0556	6
8	0.0519	0524	0528	0532	0534	0535	0536	0537	0538	0539	0539	0539	0539	8
60	0.0494	0500	0506	0510	0512	0514	0516	0517	0518	0518	0519	0519	0520	60
5	0.0468	0476	0481	0485	0487	0488	0489	0490	0491	0492	0492	0492	0493	5
70	0.0441	0449	0456	0463	0467	0469	0471	0473	0474	0475	0476	0476	0477	70
5	0.0377	0388	0396	0401	0406	0409	0411	0413	0414	0415	0416	0416	0417	5
80	0.0348	0359	0367	0373	0378	0384	0388	0388	0387	0389	0390	0390	0391	80
5	0.0322	0333	0342	0348	0353	0357	0360	0362	0364	0365	0366	0367	0368	5
90	0.0298	0310	0319	0326	0334	0335	0338	0341	0342	0344	0345	0346	0347	90
5	0.0277	0289	0298	0305	0311	0315	0319	0321	0323	0325	0326	0327	0328	5
100	0.0258	0270	0279	0287	0293	0297	0301	0304	0306	0308	0309	0310	0311	100
110	0.0225	0237	0247	0254	0261	0265	0269	0273	0275	0277	0279	0280	0281	110
120	0.0197	0209	0219	0227	0233	0239	0243	0246	0249	0252	0254	0255	0256	120
130	0.0174	0186	0195	0203	0210	0216	0220	0224	0227	0229	0232	0233	0235	130
140	0.0155	0166	0175	0183	0190	0196	0200	0204	0208	0210	0213	0214	0216	140
150	0.0136	0149	0158	0166	0172	0178	0183	0187	0190	0193	0196	0198	0200	150
160	0.0124	0134	0143	0151	0157	0163	0168	0172	0175	0178	0181	0183	0185	160
170	0.0112	0122	0130	0137	0144	0149	0154	0158	0162	0165	0168	0170	0172	170
180	0.0104	0111	0118	0125	0132	0137	0142	0146	0150	0153	0156	0158	0161	180
190	0.0092	0101	0108	0115	0121	0127	0131	0136	0139	0142	0145	0148	0150	190
200	0.0084	0092	0099	0106	0112	0117	0122	0126	0130	0133	0136	0138	0140	200

Hind 10 kop.

A-26295

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00480786 5