



МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ  
И ОХРАНЫ НЕДР СССР

Л. Л. ВАНЬЯН, Л. З. БОБРОВНИКОВ

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА  
ПО МЕТОДУ СТАНОВЛЕНИЯ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ

ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ

УЧР  
геои

550

В 17

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР СССР  
ОТДЕЛ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ВИМС

Л. Л. ВАНЬЯН, Л. З. БОБРОВНИКОВ

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА  
ПО МЕТОДУ СТАНОВЛЕНИЯ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР  
МОСКВА 1963

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы в связи с постоянно растущими потребностями народного хозяйства в минерально-сырьевой базе разрабатываются и внедряются новые мобильные эффективные методы геофизических исследований. Актуальной задачей при этом является разработка новых методов геофизической разведки для глубинного исследования обширных труднодоступных районов страны, а также для районов, где применение ранее разработанных методов (сейсморазведка, электроразведка на постоянном токе) ограничивалось.

Одним из новых перспективных методов геофизической разведки, особенно при производстве работ на нефть и газ, является рассматриваемый в настоящей работе метод становления магнитного поля, теоретические основы которого были заложены А. Н. Тихоновым в 1946 г. Этот метод разрабатывался в течение последних пяти лет во Всесоюзном научно-исследовательском институте геофизических методов разведки (ВНИИГеофизика) при непосредственном участии авторов.

В работе авторам помогали советами и ценными указаниями А. М. Загармистр, М. Н. Бердичевский, Е. И. Терехин, за что авторы выражают им глубокую благодарность.

Глава III (§3—9) написана Л. З. Бобровниковым, остальные главы — Л. Л. Ваньяном.

## ВВЕДЕНИЕ

В осадочной толще ряда районов страны (например, Волго-Уральская область Русской платформы, Восточно-Сибирская платформа), перспективных для поисков нефте-газовых месторождений, отмечается широкое развитие галогенных и карбонатных отложений, характеризующихся высокими значениями удельных электрических сопротивлений.

Наличие в разрезе таких горизонтов, практически являющихся экранами для постоянного тока, ограничивало применение электроразведки методом ВЭЗ для изучения глубинного геологического строения. Применение электроразведочных станций также не обеспечило уверенного изучения заэкранированной части разреза.

Только в последние годы благодаря использованию электромагнитных полей, меняющихся во времени, практически стало возможным и экономически целесообразным широкое применение электроразведки для глубинного изучения районов, характеризующихся неблагоприятным геоэлектрическим разрезом указанного выше типа. Одним из таких новых видов электроразведки является метод становления поля, основанный на изучении особенностей протекания неустановившихся процессов становления электромагнитного поля, наблюдаемых на дневной поверхности при включении прямоугольных импульсов тока в питающий диполь.

При этом анализ неустановившихся процессов поля можно вести по линии одновременной или раздельной регистрации его электрических и магнитных составляющих.

Теория и практика метода показывают, что в производственных условиях для изучения рельефа опорного горизонта, не перекрытого пластами с высокими значениями удельных сопротивлений (экранами), предпочтительнее регистрация и анализ становления электрического поля; при наличии в разрезе экранирующих слоев изучение рельефа опорного горизонта возможно только путем регистрации и анализа становления магнитного поля.

В настоящей работе рассматриваются вопросы, связанные с теорией и практикой полевых работ, основанных на регистрации становления магнитного поля. Поскольку в процессе производства работ на точке наблюдения выполняется зондирование изучаемого участка на глубину, обычно до консолидированного фундамента, рассматриваемый метод называют методом зондирования становлением поля, или сокращенно метод ЗСП. В зависимости от того, изучаются ли магнитная или электрическая часть поля, будем обозначать ЗСМ «магнитное», а ЗСЭ «электрическое» становление.

Начало изучению становления поля с целью использования его в электроразведке положили теоретические работы А. Н. Тихонова [18], С. М. Шейшмана [23], О. А. Скугаревской [19] и Д. Н. Четаева [22], ряд экспериментальных работ в области методики регистрации становления поля провели Б. С. Эпенштейн, Н. П. Владимиров и др. [9, 24]. С 1957 г. разработка метода становления магнитного поля проводится в лаборатории электроразведки ВНИИГеофизика. На основе развитой в этом институте теории становления поля в дальней зоне Л. Л. Ваньян, С. И. Терехин, Л. И. Штиммер [7] выполнили расчеты соответствующих теоретических кривых. Учитывая соотношение уровня помех и полезного сигнала, был сделан вывод о целесообразности регистрации не всего процесса становления поля, а только конечной его стадии. Макеты соответствующей аппаратуры были разработаны и изготовлены под руководством Л. З. Бобровникова, после чего метод был опробован в полевых условиях.

Результаты этих работ позволили установить, что метод ЗСП при высокой экономической эффективности дает возможность в ограниченные сроки исследовать большие площади. С 1961 г. этот метод получил широкое практическое применение при геофизических исследованиях.

---

## *Глава I*

### **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА СТАНОВЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

Как уже отмечалось, метод становления магнитного поля основан на изучении особенностей протекания неустановившихся процессов магнитного поля, наблюдаемых на дневной поверхности при включении прямоугольных импульсов тока в питающий диполь. Поэтому основными вопросами развития теории метода являются:

- 1) решение прямой задачи метода, т. е. расчет магнитного поля, создаваемого заземленным электрическим диполем, расположенным на поверхности горизонтально-слоистого разреза;
- 2) выработка рациональной методики полевых исследований, а также выбор характеристик поля, обладающих максимальной разрешающей способностью по отношению к параметрам разреза.

Для решения прямой задачи метода ЗСП (магнитного) выберем прямоугольную систему координат  $X, Y, Z$  с осью  $Z$ , направленной вниз. Плоскость  $XY$  расположим на дневной поверхности. Будем рассматривать анизотропные пласти, характеризуемые мощностью  $h_p$ , глубиной кровли  $H_p$ , продольным удельным сопротивлением  $\rho_{1p}$  ( $p$  — номер пласта) и поперечным удельным сопротивлением  $\rho_{pp}$ , причем индекс  $p$  будем изменять от 1 до  $N$ , рассматривая в общем случае  $N$ -слойный разрез.

#### **§ 1. Временной и спектральный методы в теории становления магнитного поля**

Существуют два основных метода анализа неустановившихся процессов. Можно составить уравнение для компонентов поля и непосредственно решать его как дифференциальное уравнение с четырьмя переменными (координаты  $X, Y, Z$  и время  $t$ ). Этот метод мы будем называть в дальнейшем изложении временным. Решение ряда задач временным методом дано в работах А. Н. Тихонова, О. А. Скугаревской, Д. Н. Четаева.

Вторым методом решения задач теории становления поля является спектральный метод. Согласно этому методу, прямоточный импульс питающего тока представляется в виде суммы синусоидальных (гармонических) колебаний с различными амплитудами и фазами. Зависимость амплитуды и фазы каждой гармоники питающего тока от частоты называется соответственно амплитудным и фазовым спектрами питающего тока.

Основой спектрального метода является представление периодической последовательности прямоугольных импульсов в виде бесконечной суммы синусоид с различными амплитудами, фазами и частотами (ряд Фурье). Математически ряд Фурье для магнитного поля  $B(t)$  выражается следующим образом:

$$B(t) = \sum_{n=1}^{\infty} |B_n| \cos\left(n \frac{2\pi t}{T} + \varphi_n\right),$$

где  $|B_n|$  — амплитуда;

$\varphi_n$  — фаза гармоники с номером  $n$ ;

$T$  — период колебаний..

Обычно пользуются символическим методом, приравнивая каждую гармонику действительной части некоторого комплексного выражения:

$$\begin{aligned} B(t) &= \operatorname{Re} \sum_{n=1}^{\infty} [|B_n| \cos(-\omega t + \varphi) + i |B_n| \sin(-\omega t + \varphi)] = \\ &= \operatorname{Re} \sum_{n=1}^{\infty} |B_n| e^{i\varphi} e^{-i\omega t}, \end{aligned}$$

где  $\omega$  — круговая частота колебаний.

Произведение  $B(\omega_n) = |B_n| e^{i\varphi}$  называется комплексной амплитудой данной гармоники. С помощью символического метода ряд Фурье записывается в таком виде:

$$B(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} B(\omega_n) e^{-i \frac{2\pi t}{T} n}.$$

При увеличении периода последовательность дискретных значений круговой частоты  $\omega_n$  заменяется непрерывно изменяющейся частотой. Ряд Фурье стремится к интегралу Фурье:

$$B(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} B(\omega) e^{-i\omega t} d\omega. \quad (1)$$

В проводящей среде каждая гармоника  $B(\omega)$  распространяется независимо, претерпевая определенные амплитудные и фа-

зовые искажения. В точке наблюдения регистрируется сумма гармоник с различной амплитудой и фазой.

Основное преимущество спектрального метода заключается в упрощении исходных уравнений для гармонических колебаний. Решая это более простое уравнение для каждой гармоники питающего тока, мы получаем зависимость амплитуд и фаз гармоник от частоты, т. е. спектр становления поля. Суммируя гармонические колебания, мы находим процесс становления поля или переходную характеристику среды.

Главная трудность в спектральном методе заключается в отыскании функции  $B(t)$  по  $B(\omega)$ . Интеграл выражения (1) вычисляется только для сравнительно небольшого числа простых функций  $B(\omega)$ .

В дальнейшем нам понадобится значение интеграла Фурье от функции  $\frac{e^{-a\sqrt{-l\omega}}}{-l\omega}$ .

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-a\sqrt{-l\omega}} \cdot \frac{e^{-l\omega t}}{-l\omega} d\omega = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0 \\ 1 - \Phi\left(a\sqrt{\frac{2}{t}}\right) & \text{при } t > 0, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\Phi\left(a\sqrt{\frac{2}{t}}\right) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$  — интеграл вероятности.

Полагая  $a=0$ , имеем:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-l\omega t}}{-l\omega} d\omega = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0 \\ 1 & \text{при } t > 0. \end{cases} \quad (3)$$

Интегрируя обе части равенства (3) по  $t$ , найдем:

$$\int_0^t \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-l\omega t}}{-l\omega} d\omega dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-l\omega t}}{(-l\omega)^2} d\omega = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0 \\ t & \text{при } t > 0. \end{cases} \quad (4)$$

В большинстве же случаев для вычисления интеграла (1) пользуются численными методами. Подробно этот вопрос будет рассмотрен ниже.

Для расчета  $B(\omega)$  в начале координат вдоль оси  $X$  расположим питающий диполь, являющийся источником электромагнитного поля. Будем считать, что момент диполя  $I$ , равный произведению силы тока на длину диполя  $AB$ , изменяется скачком в момент  $t=0$ :

$$I(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0 \\ I_0 & \text{при } t > 0. \end{cases}$$

При этом спектр импульса тока, согласно (2), равен  $I(\omega) = \frac{I_0}{-l\omega}$ .

## § 2. Первичное магнитное поле диполя

Под первичным вертикальным магнитным полем диполя обычно понимают поле, которое существовало бы в отсутствии проводящих пластов, т. е. в пустоте. Его амплитуда определяется по закону Био-Савара и выражается формулой:

$$B_z^0(\omega) = -\frac{I(\omega)\mu_0 x}{4\pi(r^2+z^2)^{3/2}}.$$

Эту формулу с помощью интеграла Вебера — Липшица можно представить в интегральном виде:

$$B_z^0(\omega) = \int_0^\infty \frac{I(\omega)\mu_0}{4\pi} \cdot \sin \Theta m e^{-mz} J_1(mr) dm,$$

при  $z \geq 0$

$$B_z^+(\omega) = \int_0^\infty \frac{I(\omega)\mu_0}{4\pi} \cdot \sin \Theta m e^{-mz} J_1(mr) dm,$$

$$\frac{\partial B_z^+(\omega)}{\partial z} = - \int_0^\infty \frac{I(\omega)\mu_0}{4\pi} \cdot \sin \Theta m^2 e^{-mz} J_1(mr) dm;$$

при  $z \leq 0$

$$B_z^-(\omega) = \int_0^\infty \frac{I(\omega)\mu_0}{4\pi} \sin \Theta m e^{mz} J_1(mr) dm,$$

$$\frac{\partial B_z^-(\omega)}{\partial z} = \int_0^\infty \frac{I(\omega)\mu_0}{4\pi} \sin \Theta m^2 e^{mz} J_1(mr) dm.$$

Очевидно, что при  $z=0$  первичное магнитное поле непрерывно [ $B_z^+(\omega) = B_z^-(\omega)$ ], а его вертикальная производная претерпевает разрыв, равный

$$\frac{\partial B_z^+(\omega)}{\partial z} - \frac{\partial B_z^-(\omega)}{\partial z} = - \int_0^\infty \frac{I(\omega)\mu_0}{4\pi} \sin \Theta 2m^2 J_1(mr) dm.$$

Разрыв вертикальной производной первичного магнитного поля при  $z=0$  обусловлен наличием источника поля на дневной поверхности. На остальных границах вертикальная производная  $B_z'(\omega)$  непрерывна.

## § 3. Использование принципа взаимности для расчета неустановившегося магнитного поля

Для вывода основного уравнения воспользуемся принципом взаимности, согласно которому вертикальное магнитное поле  $B_{zp}(\omega)$ , созданное в точке наблюдения горизонтальным электри-

ческим диполем, равно азимутальному электрическому полю  $E_{\varphi p}^*(\omega)$ , созданному в этой же точке вертикальным магнитным диполем, помещенным в начало цилиндрической системы координат  $r, z, \Theta$ . Поле вертикального магнитного диполя (горизонтальной рамочки бесконечно малых размеров) обладает цилиндрической симметрией. Оно описывается азимутальной электрической компонентой  $E_{\varphi p}^*$ , радиальной и вертикальной компонентами магнитной индукции  $B_{rp}^*$  и  $B_{zp}^*$ .

Соотношения между компонентами гармонического электромагнитного поля с частотой  $\omega$  в пласте, не содержащем источников, определяются уравнениями Максвелла, которые для случая вертикального магнитного диполя приобретают вид:

$$\frac{\partial B_{rp}^*(\omega)}{\partial z} - \frac{\partial B_{zp}^*(\omega)}{\partial r} = \frac{\mu_0}{\rho_{lp}} E_{\varphi p}^*(\omega), \quad (5)$$

$$-\frac{\partial E_{\varphi p}^*(\omega)}{\partial z} = i\omega B_{rp}^*(\omega), \quad (6)$$

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} [r E_{\varphi p}^*(\omega)] = i\omega B_{zp}^*(\omega). \quad (7)$$

Первое уравнение Максвелла выражает в дифференциальной форме закон Био-Савара, т. е. связывает магнитное поле с плотностью тока  $i_{\varphi p}(\omega) = \frac{1}{\rho_{lp}} E_{\varphi p}^*(\omega)$ , являющегося источником магнитного поля. Второе и третье уравнения выражают закон электромагнитной индукции. Они показывают, что при изменении магнитного поля возникает вихревое электрическое поле.

Уравнения (5), (6), (7) записаны для квазистационарного случая, т. е. в пренебрежении токами смещения.

Как известно, токи смещения в воздухе являются причиной конечной скорости распространения электромагнитных волн (скорость света  $C=3 \cdot 10^5$  км/сек): Пренебрежение токами смещения в воздухе эквивалентно допущению о мгновенном распространении электромагнитных колебаний. Но на расстояние, не превышающее 30 км, электромагнитные колебания распространяются за  $10^{-4}$  сек, что в сотни раз меньше самых малых времен, изучаемых в методе становления поля. Теория показывает, что еще с большим основанием можно пренебречь токами смещения в земле.

Подставляя в первое уравнение выражения

$B_{rp}^*(\omega)$  и  $B_{zp}^*(\omega)$  через  $E_{\varphi p}^*(\omega)$ ,

получим основное уравнение

$$\frac{\partial^2 E_{\varphi p}^*(\omega)}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 E_{\varphi p}^*(\omega)}{\partial r^2} + \frac{i}{r} \frac{\partial E_{\varphi p}^*(\omega)}{\partial r} - \frac{E_{\varphi p}^*(\omega)}{r^2} = k_p^2 E_{\varphi p}^*(\omega), \quad (8)$$

где  $k = \sqrt{\frac{-i\omega\mu_0}{\rho}}$  — волновая постоянная пласта с номером  $p$ .

Как известно, волновая постоянная связана с длиной волны в пласте  $\lambda_p$ , соотношением:  $k_p = \frac{2\pi}{\lambda_p} (1-i)$ , причем длина волны в метрах выражается через период колебаний  $T$  формулой

$$\lambda_p = \sqrt{10^7 \rho_{rp} T}.$$

Уравнение (8) обычно решается способом разделения переменных. Полагая, что  $E_{rp}^x(\omega)$  можно представить в виде произведения функции  $F_2$ , зависящей только от  $z$ , на функцию  $F_1$ , зависящую только от  $r$ , получим для  $F_1$  и  $F_2$  следующие уравнения:

$$F_1' + \frac{F_1'}{r} - \left( \frac{1}{r^2} - m^2 \right) F_1 = 0,$$

$$F_2' = (m^2 + k_p^2) F_2,$$

где  $m$  — произвольно введенный параметр разделения переменных, принимающий положительные значения.

Введение новой переменной  $U = mr$  первое уравнение приводится к уравнению Бесселя

$$\frac{\partial^2 F_1}{\partial u^2} + \frac{1}{u} \frac{\partial F_1}{\partial u} + \left(1 - \frac{1}{u^2}\right) F_1 = 0.$$

Решением этого уравнения является функция Бесселя первого рода первого порядка от аргумента  $mr$ :  $J_1(mr)$ . Решение второго уравнения находится в виде экспоненты  $e^{\pm npz}$ , где  $n = \sqrt{m^2 + k_p^2}$ . Общее решение уравнения для  $E_{rp}^x(\omega)$  должно представлять линейную комбинацию частных решений. Поскольку первичное магнитное поле выражается в виде интеграла, то и общее выражение для  $E_{rp}^x(\omega)$  следует искать в виде:

$$E_{rp}^x(\omega) = \int_0^\infty (a_p e^{npz} + b_p e^{-npz}) J_1(mr) dm,$$

где  $a_p$  и  $b_p$  не зависят от  $z$  и  $r$ , а связаны с интенсивностью источника, частотой и параметрами геоэлектрического разреза.

Для определения  $a_p$  и  $b_p$  следует воспользоваться граничными условиями, которые требуют непрерывности горизонтальных компонент электрического и магнитного поля, т. е.  $E_{rp}^x(\omega)$  и  $B_{rp}^x(\omega)$  на горизонтальных контактах между пластами. Но из

уравнения (6) следует, что  $B_{rp}^*(\omega)$  пропорционально  $\frac{\partial E_{rp}^*(\omega)}{\partial z}$ . Поэтому граничные условия можно сформулировать, как требование непрерывности  $E_{rp}^*(\omega)$  и  $\frac{\partial F_{rp}^*(\omega)}{\partial z}$ . Пользуясь принципом взаимности, мы заменим  $E_{rp}^*(\omega)$  на  $B_{zp}(\omega)$

$$B_{zp}(\omega) = E_{rp}(\omega) = \int_0^\infty (a_p e^{n_p m} + b_p e^{-n_p m}) J_1(mr) dm,$$

причем  $a_p$  и  $b_p$  должны быть определены из требования непрерывности  $B_{zp}(\omega)$  и  $\frac{\partial B_{zp}(\omega)}{\partial z}$  на всех границах, кроме дневной поверхности, на которой находится источник. На дневной поверхности  $B_z(\omega)$  непрерывна, а  $\frac{\partial B_z(\omega)}{\partial z}$  терпит разрыв,

$$\text{равный} - \int_0^\infty \frac{I(\omega) \mu_0}{4\pi} \sin \Theta \cdot 2m^2 J_1(mr) dm.$$

Очевидно, что в верхнем полупространстве ( $z \leq 0$ ) следует положить  $b_0 = 0$ , кроме того, ясно, что  $n_0 = m$ . С учетом этого граничные условия на дневной поверхности запишутся в таком виде:

$$\begin{aligned} \int_0^\infty a_0 J_1(mr) dm &= \int_0^\infty (a_1 + b_1) J_1(mr) dm, \\ \int_0^\infty n_1 (a_1 - b_1) J_1(mr) dm - \int_0^\infty m a_0 J_1(mr) dm &= \\ &= - \int_0^\infty \frac{I(\omega) \mu_0}{4\pi} \sin \Theta \cdot 2m^2 J_1(mr) dm. \end{aligned}$$

Приравнивая подынтегральные функции и сокращая  $J_1(mr)$ , получим

$$a_1 + b_1 = a_0, \quad (9)$$

$$n_1(a_1 - b_1) - m a_0 = - \frac{I(\omega) \mu_0}{4\pi} \sin \Theta \cdot 2m^2. \quad (10)$$

На кровле пласта с номером  $p$  имеем

$$a_p e^{n_p H_p} + b_p e^{-n_p H_p} = a_{p+1} e^{n_{p+1} H_p} + b_{p+1} e^{-n_{p+1} H_p}, \quad (11)$$

$$a_p e^{n_p H_p} - b_p e^{-n_p H_p} = \frac{n_{p+1}}{n_p} (a_{p+1} e^{n_{p+1} H_p} - b_{p+1} e^{-n_{p+1} H_p}). \quad (12)$$

Для определения  $B_z(\omega)$  на дневной поверхности воспользуемся формулой

$$B_z(\omega) = \int_0^{\infty} a_0 J_1(mr) dm, \quad (13)$$

а значение  $a_0$  определим из уравнений (9) и (10). После несложных преобразований найдем, что

$$a_0 = \frac{\frac{I(\omega) \mu_0}{4\pi} \sin \theta 2m^2}{m + \frac{n_1}{\frac{b_1 + a_1}{b_1 - a_1}}}. \quad (14)$$

Данная формула является весьма удобной, потому что геоэлектрические параметры пластов входят только в дробь  $\frac{b_1 + a_1}{b_1 - a_1}$ , которую мы обозначим символом  $R_N^*$ . Следовательно,

$$a_0 = \frac{\frac{I(\omega) \mu_0}{4\pi} \sin \theta 2m^2}{m + \frac{n_1}{R_N^*}}. \quad (15)$$

Для определения  $R_N^*$  разделим уравнение (11) на (12):

$$\frac{b_p e^{-n_p H_p} + a_p e^{n_p H_p}}{b_p e^{-n_p H_p} - a_p e^{n_p H_p}} = \frac{n_p}{n_{p+1}} \cdot \frac{b_{p+1} e^{-n_{p+1} H_p} + a_{p+1} e^{n_{p+1} H_p}}{b_{p+1} e^{-n_{p+1} H_p} - a_{p+1} e^{n_{p+1} H_p}}$$

и воспользуемся известным тождеством, которое легко непосредственно проверить,

$$\begin{aligned} & \frac{b_p e^{-n_p (H_p - h_p)} + a_p e^{n_p (H_p - h_p)}}{b_p e^{-n_p (H_p - h_p)} - a_p e^{n_p (H_p - h_p)}} = \\ & = \operatorname{cth} \left( n_p h_p + \operatorname{arctanh} \frac{b_p e^{-n_p H_p} + a_p e^{n_p H_p}}{b_p e^{-n_p H_p} - a_p e^{n_p H_p}} \right). \end{aligned}$$

Подставив в правую часть тождества значение

$$\frac{b_p e^{-n_p H_p} + a_p e^{n_p H_p}}{b_p e^{-n_p H_p} - a_p e^{n_p H_p}}$$

в соответствии с уравнением (14), получим

$$\frac{b_p e^{-n_p(H_p-h_p)} + a_p e^{n_p(H_p-h_p)}}{b_p e^{-n_p(H_p-h_p)} - a_p e^{n_p(H_p-h_p)}} =$$

$$= \operatorname{cth} \left( n_p h_p + \operatorname{arcth} \frac{n_p}{n_{p+1}} \cdot \frac{b_{p+1} e^{-n_{p+1} H_p} + a_{p+1} e^{n_{p+1} H_p}}{b_{p+1} e^{-n_{p+1} H_p} - a_{p+1} e^{n_{p+1} H_p}} \right).$$

Нетрудно видеть, что при  $p=1$  левая часть последнего равенства равна  $\frac{b_1 + a_1}{b_1 - a_1} = R_N^*$ . Обозначим через  $\bar{R}_{N-p+1}$  дробь

$$\frac{b_{p+1} e^{-n_{p+1} H_p} + a_{p+1} e^{n_{p+1} H_p}}{b_{p+1} e^{-n_{p+1} H_p} - a_{p+1} e^{n_{p+1} H_p}}.$$

Тогда

$$R_N^* = \operatorname{cth} \left( n_1 h_1 + \operatorname{arcth} \frac{n_1}{n_2} R_{N-1}^* \right),$$

$$R_{N-1}^* = \operatorname{cth} \left( n_2 h_2 + \operatorname{arcth} \frac{n_2}{n_3} R_{N-2}^* \right) \text{ и т. д.}$$

Подставляя значение  $\bar{R}_{N-1}^*$ ,  $\bar{R}_{N-2}^*$  и т. д. в формулу для символа  $\bar{R}_N^*$ , который мы выразим через параметры геоэлектрического разреза, частоту и параметр разделения переменных  $m$ , получим

$$R_N^* = \operatorname{cth} \left\{ n_1 h_1 + \operatorname{arcth} \frac{n_1}{n_2} \operatorname{cth} \left[ n_2 h_2 + \right. \right. \\ \left. \left. + \operatorname{arcth} \frac{n_2}{n_3} \operatorname{cth} \left( n_3 h_3 + \dots + \operatorname{arcth} \frac{n_{N-1}}{n_N} \right) \right] \right\}. \quad (16)$$

Из формулы (16) очевидно правило написания функции  $R_N^*$  для любого  $N$ . В дальнейшем мы будем иметь дело только с геоэлектрическими разрезами, в основании которых залегает изолятор, для которых  $k_N = 0$  и  $n_N = m$ .

Тогда

$$R_N^* = \operatorname{cth} \left\{ n_1 h_1 + \operatorname{arcth} \frac{n_1}{n_2} \operatorname{cth} \left[ n_2 h_2 + \right. \right. \\ \left. \left. + \operatorname{arcth} \frac{n_2}{n_3} \operatorname{cth} \left( n_3 h_3 + \dots + \operatorname{arcth} \frac{n_{N-1}}{m} \right) \right] \right\}.$$

Для двухслойного разреза

$$R_2^* = \operatorname{cth} \left( n_1 h_1 + \operatorname{arcth} \frac{n_1}{m} \right).$$

Для трехслойного разреза

$$R_3^* = \operatorname{cth} \left[ n_1 h_1 + \operatorname{arctg} \frac{n_1}{n_2} \operatorname{cth} \left( n_2 h_2 + \operatorname{arctg} \frac{n_2}{m} \right) \right].$$

Для четырехслойного разреза

$$R_4^* = \operatorname{cth} \left\{ n_1 h_1 + \operatorname{arctg} \frac{n_1}{n_2} \operatorname{cth} \left[ n_2 h_2 + \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_3} \operatorname{cth} \left( n_3 h_3 + \operatorname{arctg} \frac{n_3}{m} \right) \right] \right\}.$$

Важно отметить, что во все волновые постоянные  $k_1, k_2, k_3$  входят только продольные удельные сопротивления анизотропных пластов. Вертикальное неустановившееся магнитное поле оказывается связанным только с продольными удельными сопротивлениями.

Пользуясь формулой (13), получаем окончательно интегральное выражение спектральной плотности становления вертикального магнитного поля на дневной поверхности

$$B_z(\omega) = \frac{I(\omega) \mu_0}{4\pi} \sin \theta \int_0^\infty \frac{2m^2 J_1(mr) dm}{m + \frac{n_1}{R_N^*}}.$$

Учитывая, что  $I(\omega) = \frac{I}{-\omega}$ , с помощью интеграла Фурье можно перейти от спектра к становлению вертикального магнитного поля

$$\begin{aligned} B_z(t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} B_z(\omega) e^{-i\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \mu_0}{4\pi} \times \\ &\times \sin \theta \int_0^\infty \frac{2m^2 J_1(mr) e^{-i\omega t}}{\left( m + \frac{n_1}{R_N^*} \right) \cdot (-i\omega)} dm d\omega. \end{aligned} \quad (17)$$

## Глава II

### РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ КРИВЫХ

#### § 1. О численных расчетах становления магнитного поля

Выведенную в предыдущем параграфе формулу для  $B_z(t)$  практически нельзя использовать до вычисления входящего в нее двойного интеграла. Каждый из интегралов, входящих в формулу (17), не приводится к табличным<sup>1</sup> (за исключением одного частного случая однородного полупространства, который мы рассматривать не будем). Поэтому единственным способом вычисления  $B_z(t)$  в общем случае является расчет по одной из формул численного интегрирования.

Для того чтобы подчеркнуть трудности подобного интегрирования, рассмотрим вычисление интеграла для

$$B_z(\omega) = \frac{I\mu_0}{4\pi} \sin \Theta \int_0^{\infty} \frac{2m^2 J_1(mr)}{m + \frac{n_1}{R_N^*}} dm.$$

Подынтегральная функция благодаря наличию множителя  $J_1(mr)$  является осциллирующей с периодом, близким к  $2\pi$ . Значения параметра  $m$ , при которых вычисляется подынтегральная функция, обычно изменяются от 0 до  $M=10-20$ , поскольку остаток интеграла можно легко вычислять по асимптотическим формулам. Если спектр  $B(\omega)$  вычисляется для разноса  $r=30$  (в долях  $n_1$ ), то аргумент функции Бесселя изменяется в пределах интегрирования от 0 до 600, что включает примерно 100 периодов колеблющейся функции. Для более или менее точного интегрирования осциллирующей функции необходимо вычислять ее значения не менее чем в 10 точках на период. Следовательно, для интегрирования требуется вычислять значение подынтегральной функции около 1000 раз при каждой частоте.

Поскольку спектр становления поля должен включать не менее нескольких сотен частот, необходимо вычислять подынте-

гральную функцию десятки тысяч раз. Столь большой объем вычислений теоретических кривых становления магнитного поля привел к тому, что в настоящее время основным способом анализа интегрального выражения (17) стало изучение асимптотического поведения неустановившегося магнитного поля.

## § 2. Асимптотическое поведение становления вертикального магнитного поля

Для данного геоэлектрического разреза процесс становления магнитного поля сложным образом зависит от двух независимых переменных величин: а) расстояния между точкой наблюдения и питающим диполем и б) времени, отсчитываемого от момента включения импульса питающего тока до начала регистрации процесса становления. Вследствие трудностей, отмеченных в предыдущем параграфе, внимание исследователей обращается к вычислению интеграла (17) при таких значениях  $r$  и  $t$ , при которых расчет упрощается. Рассмотрим поведение  $B_z(t)$  при  $r \rightarrow \infty$ ,  $t \rightarrow 0$  и  $r \rightarrow \infty$ ,  $t \rightarrow \infty$ . Практически это означает изучение  $B_z(t)$  при достаточно больших разносах, сравнительно малых и больших временах. Производившиеся оценки показывают, что  $B_z(t)$  приближается к своему предельному значению при разносах, в несколько раз превышающих глубину опорного горизонта.

Основой изучения асимптотического поведения  $B_z(t)$  при больших разносах является доказанная А. Н. Тихоновым теорема [20], из которой следует, что

$$\lim_{t \rightarrow \infty} B_z(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \mu_0}{4\pi} \cdot \sin \Theta \int_0^{\infty} \lim_{m \rightarrow 0} \frac{2m^2 J_1(mr) e^{-l\omega t}}{\left(m + \frac{n_1}{R_N}\right)(-l\omega)} dm d\omega. \quad (18)$$

Таким образом, оказывается, что магнитное поле при больших разносах зависит от значений функции  $\frac{2m^2}{m + \frac{n_1}{R_N}}$  при  $m \rightarrow 0$ .

Аналогичные теоремы доказываются и в теории интеграла Фурье. Они связывают ранние стадии переходного процесса с высокочастотной частью соответствующего спектра, а поздние стадии — с низкочастотной частью. Математически это выражается следующим образом:

$$\lim_{t \rightarrow 0} B_z(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \mu_0}{4\pi} \cdot \sin \Theta \int_0^{\infty} \lim_{n_1 \rightarrow \infty} \frac{2m^2 J_1(mr) e^{-l\omega t}}{\left(m + \frac{n_1}{R_N}\right)(-l\omega)} dm d\omega,$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} B_z(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \mu_0}{4\pi} \cdot \sin \Theta \int_0^{\infty} \lim_{\kappa_1 \rightarrow 0} \frac{2m^2 J_1(mr) e^{-l\omega t}}{\left(m + \frac{n_1}{R_N^*}\right)(-l\omega)} dm d\omega. \quad (19)$$

Поскольку волновые постоянные прямо связаны с частотой, то последние равенства можно выразить как

$$\lim_{t \rightarrow 0} B_z(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \mu_0}{4\pi} \cdot \sin \Theta \int_0^{\infty} \lim_{\kappa_1 \rightarrow \infty} \frac{2m^2 J_1(mr) e^{-l\omega t}}{\left(m + \frac{n_1}{R_N^*}\right)(-l\omega)} dm d\omega,$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} B_z(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \mu_0}{4\pi} \cdot \sin \Theta \int_0^{\infty} \lim_{\kappa_1 \rightarrow 0} \frac{2m^2 J_1(mr) e^{-l\omega t}}{\left(m + \frac{n_1}{R_N^*}\right)(-l\omega)} dm d\omega. \quad (19a)$$

Следует сделать несколько замечаний относительно терминологии. Область разносов, значительно превышающих глубину опорного горизонта, будем называть дальней зоной. Таким образом, дальнняя зона характеризуется соотношением  $\frac{r}{H_N} \rightarrow \infty$ . В процессе становления поля, наблюдаемом на разносе, соответствующем дальней зоне, выделим две стадии.

Назовем волновой стадией ту стадию неустановившегося процесса, в формировании которой основную роль играют волны, значительно меньшие разноса. Следовательно, условие волновой стадии следующее:  $\frac{r}{H_N} \rightarrow \infty, \frac{r}{\lambda_1} \rightarrow \infty$  или  $k_1 r \rightarrow \infty$ . Поздней стадией назовем ту стадию становления поля, в формировании которой главную роль играют волны, значительно превышающие по длине глубину опорного горизонта:  $\frac{r}{H_N} \rightarrow \infty, \frac{\lambda}{H_N} \rightarrow \infty, k_1 H_N \rightarrow 0$ .

Очевидно, что понятие дальней зоны является более общим и включает понятия волновой стадии и поздней стадии. Поэтому сначала выведем формулу для  $B_z(t)$  в дальней зоне, а затем специализируем ее для волновой и поздней стадий.

Как видно из равенства (18), для вывода формулы, интересующей нас, необходимо найти  $\lim_{m \rightarrow 0} \frac{2m^2}{m + \frac{n_1}{R_N^*}}$ . Значение предела,

равное нулю, нас не может удовлетворить. Для анализа поведения функции  $\frac{2m^2}{m + \frac{n_1}{R_N^*}}$  при  $m \rightarrow 0$  разложим дробь  $\frac{n_1}{R_N^*}$  в ряд

Маклорена и ограничимся двумя членами

$$\frac{n_1}{R_N^*} \approx \left. \frac{\kappa_1}{R_N^*|_{m=0}} + m \frac{\partial \frac{n_1}{R_N^*}}{\partial m} \right|_{m=0}$$

Здесь

$$\begin{aligned} R_N^*|_{m=0} &= \operatorname{cth} \left\{ \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \frac{\kappa_1}{\kappa_2} \operatorname{cth} \left[ \kappa_2 h_2 + \dots + \operatorname{arcth} \frac{\kappa_{N-1}}{m} \right] \right\} = \\ &= \operatorname{cth} \left\{ \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \operatorname{cth} \left[ \kappa_2 h_2 + \dots + \operatorname{arcth} \frac{\kappa_{N-1}}{m} \right] \right\}. \quad (20) \end{aligned}$$

Значение  $\bar{R}_N^*$  при  $m=0$  обозначим через  $R_N^*$ . Для отыскания входящей в последнюю формулу производной заметим, что

$$\frac{\partial}{\partial m} \cdot \frac{n_1}{R_N^*} = - \frac{R_N^* \frac{m}{n_1} - n_1 \frac{\partial R_N^*}{\partial m}}{R_N^{*2}}.$$

$$\text{При } m=0 \quad \frac{\partial}{\partial m} \frac{n_1}{R_N^*} = - \left. \frac{\kappa_1}{R_N^2} \frac{\partial R_N^*}{\partial m} \right|_{m=0}.$$

Воспользовавшись рекуррентным соотношением (16), выражим производную  $\frac{\partial R_N^*}{\partial m}$  через  $\frac{\partial R_{N-1}^*}{\partial m}$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial R_N^*}{\partial m} &= \frac{\partial}{\partial m} \operatorname{cth} \left( n_1 h_1 + \operatorname{arcth} \frac{n_1}{n_2} R_{N-1}^* \right) = - \frac{\frac{\partial n_1 h_1}{\partial m} + \frac{1}{1 - \left( \frac{n_1}{n_2} R_{N-1}^* \right)^2} \frac{n_1}{n_2} \frac{\partial R_{N-1}^*}{\partial m}}{\operatorname{sh}^2 \left( n_1 h_1 + \operatorname{arcth} \frac{n_1}{n_2} R_{N-1}^* \right)} = \\ &= - \left( R_{N-1}^2 \right) \left\{ \frac{m h_1}{n_1} + \frac{1}{1 - \left( \frac{n_1}{n_2} R_{N-1}^* \right)^2} \left[ \frac{m \left( \frac{n_2}{n_1} - \frac{n_1}{n_2} \right)}{n_2^2} \cdot R_{N-1}^* + \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{\partial R_{N-1}^*}{\partial m} \right] \right\}. \end{aligned}$$

$$\text{При } m=0 \quad \frac{\partial R_N^*}{\partial m} = \frac{R_N^2 - 1}{\frac{\rho_2}{\rho_1} R_{N-1}^2 - 1} \cdot \frac{\kappa_1}{\kappa_2} \cdot \frac{\partial R_{N-1}^*}{\partial m}.$$

Аналогично

$$\frac{\partial R_{N-1}^*}{\partial m} = \frac{R_{N-1}^2 - 1}{\frac{\rho_3}{\rho_2} R_{N-2}^2 - 1} \cdot \frac{\kappa_2}{\kappa_3} \cdot \frac{\partial R_{N-2}^*}{\partial m},$$

$$\frac{\partial R_{N-2}^*}{\partial m} = \frac{R_{N-2}^2 - 1}{\frac{p_4}{p_3} R_{N-3}^2 - 1} \cdot \frac{\kappa_3}{\kappa_4} \cdot \frac{\partial R_{N-3}^*}{\partial m} \text{ и т. д.}$$

$$\frac{\partial R_2^*}{\partial m} = (R_2^2 - 1) \cdot \frac{\kappa_{N-2}}{\kappa_{N-1}} \cdot \frac{\partial}{\partial m} \left( \operatorname{arcth} \frac{n_{N-1}}{m} \right).$$

Продифференцировав правую часть последнего равенства, найдем  $\frac{\partial R_2^*}{\partial m}$  при  $m=0$ .

$$\frac{\partial R_2^*}{\partial m} = (R_2^2 - 1) \cdot \frac{\kappa_{N-2}}{\kappa_{N-1}} \cdot \frac{1}{\kappa_{N-1}}.$$

Перемножив левые и правые части написанных формул, получим

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial R_{N-1}^*}{\partial m} \right|_{m=0} &= \frac{R_N^2 - 1}{\frac{p_2}{p_1} R_{N-1}^2 - 1} \cdot \frac{R_{N-1}^2 - 1}{\frac{p_3}{p_2} R_{N-2}^2 - 1} \cdots \frac{R_3^2 - 1}{\frac{p_{N-2}}{p_{N-1}} R_2^2 - 1} \times \\ &\times (R_2^2 - 1) \frac{\kappa_1}{\kappa_2} \cdot \frac{\kappa_2}{\kappa_3} \cdots \frac{\kappa_{N-2}}{\kappa_{N-1}} \cdot \frac{1}{\kappa_{N-1}}. \end{aligned}$$

Подставляя полученное выражение в формулы (19a) и (19), найдем

$$\frac{n_1}{R_N^*} \approx \frac{\kappa_1}{R_N} + m \frac{\pi_N}{R_N^2},$$

$$\text{где } \pi_N = \frac{R_{N-1}^2 - 1}{R_{N-1}^2 - \frac{p_1}{p_2}} \cdot \frac{R_{N-2}^2 - 1}{R_{N-2}^2 - \frac{p_2}{p_3}} \cdots \frac{R_2^2 - 1}{R_2^2 - \frac{p_{N-2}}{p_{N-1}}}.$$

С помощью полученного выражения формула для становления магнитного поля в дальней зоне запишется в следующем виде:

$$B_z(t) \approx \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \mu_0}{4\pi} \sin \Theta \int_0^\infty \frac{2m^2 J_1(mr)}{\frac{\kappa_1}{R_N} + m \frac{\pi_N}{R_N^2}} \cdot \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega dm. \quad (21)$$

Эта формула справедлива как для  $\frac{r}{\lambda_1} \rightarrow \infty$ , так и для  $\frac{\lambda_1}{H_N} \rightarrow \infty$ .

Дальнейшее исследование асимптотического поведения  $B_z(t)$  удобно провести раздельно для волновой и поздней стадии. При

фиксированием  $r$  волновая стадия характеризуется условием  $k_1 \rightarrow \infty$ . Поэтому функцию  $\frac{2m^2}{m \frac{R_N^2 + \pi_N}{R_N^2 + R_N} + k_1}$  можно разложить в геометрическую прогрессию

$$\frac{\frac{2m^2 R_N}{\kappa_1}}{1 + m \cdot \frac{R_N^2 + \pi_N}{\kappa_1 R_N}} = \frac{2m^2 R_N}{\kappa_1} - 2m^3 \frac{R_N^2 + \pi_N}{\kappa_1^2} + \dots$$

Подставив два первых члена прогрессии в формулу (21), получим

$$B_z(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_{\mu_0}}{4\pi} \sin \Theta \int_0^\infty \left[ \frac{2m^2 R_N}{\kappa_1} - \frac{2m^3 (R_N^2 + \pi_N)}{\kappa_1^2} \right] \times \\ \times J_1(mr) \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} dm d\omega.$$

Поскольку  $\int_0^\infty m^2 J_1(mr) dm = 0$ ,  $-\int_0^\infty m^3 J_1(mr) dm = \frac{3}{r^4}$ , то волновая стадия приобретает следующий вид:

$$B_z(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{3I_{\mu_0}}{2\pi r^4} \sin \Theta \frac{\rho(\omega)}{\kappa_1^2} \cdot \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega, \quad (22)$$

где спектральная функция  $\rho(\omega)$  определяется равенством

$$\rho(\omega) = R_N^2 + \pi_N.$$

### § 3. Кажущееся удельное сопротивление в методе становления магнитного поля

Прежде чем ставить вопрос о расчете волновой стадии неуставновившегося магнитного поля, отметим некоторые его особенности, имеющие место при весьма малых временах.

В соответствии с предельными свойствами интеграла Фурье

$$B_{t=0}(t) \approx \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_{\mu_0}}{2\pi r^4} \sin \Theta \cdot \lim_{\omega \rightarrow \infty} \frac{\rho(\omega)}{\kappa_1^2} \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega.$$

Используя формулу (16) нетрудно показать, что

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} \rho(\omega) = 1.$$

Следовательно, при  $\omega \rightarrow \infty$   $\frac{\rho(\omega)}{k_1^2} \approx \frac{1}{k_1^2} = -\frac{\rho_{l_1}}{i\omega\rho_0}$ . Подставив получено выражение в формулу для  $B_z(t)$ , получим

$$B_{z(t)} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{3I\rho_{l_1}}{2\pi r^4} \sin \Theta \frac{e^{-i\omega t}}{(-i\omega)^2} d\omega.$$

По формуле (4)

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-i\omega t}}{(-i\omega)^2} d\omega = t.$$

Следовательно,

$$B_{z(t)} = \frac{3I\rho_{l_1} \cdot \sin \Theta}{2\pi r^4} t. \quad (23)$$

Таким образом, в начальной стадии неустановившееся магнитное поле растет прямо пропорционально времени. При этом производная  $\frac{\partial B_z(t)}{\partial t}$  не зависит от времени, а связана лишь с продольным удельным сопротивлением первого слоя, с геометрическими размерами установки и силой питающего тока. Следовательно, кажущееся удельное сопротивление в методе становления магнитного поля целесообразно ввести, исходя не из величины магнитного поля, а из скорости его изменения.

Под кажущимся удельным сопротивлением  $\rho_t$  мы будем понимать функцию

$$\rho_t = \frac{2\pi r^4}{3I \cdot \sin \Theta} \cdot \frac{\partial B_z(t)}{\partial t}.$$

При  $t \rightarrow 0$  как следует из выражения (23)  $\rho_t \rightarrow \rho_{l_1}$ . Таким образом, введенное кажущееся удельное сопротивление  $\rho_t$  обладает основным свойством всех кажущихся удельных сопротивлений — стремлением к удельному сопротивлению первого пласта при уменьшении некоторого параметра, контролирующего глубину исследования.

В соответствии с формулами (22) и (23) отношение кажущегося удельного сопротивления к продольному удельному сопротивлению первого слоя имеет для волновой стадии следующий вид:

$$\frac{\rho_t}{\rho_{l_1}} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(\omega) \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega. \quad (24)$$

Из уравнения (24) следует, что расчет теоретических кривых становления поля является весьма трудоемкой задачей, поскольку неустановившееся магнитное поле сложным образом зависит от времени и разноса. Только в течение волновой ста-

дии зависимость  $\rho_s$  от разноса упрощается настолько, что может быть исключена простым геометрическим коэффициентом. В результате  $\rho_s$  в волновой стадии зависит лишь от времени и параметров геоэлектрического разреза. Поскольку граница волновой стадии связана с условием  $r > \lambda_1$ , где  $\lambda_1$  — максимальная длина волны той части спектра, которая формирует волновую стадию становления поля, то очевидно, что с увеличением разноса граница волновой стадии будет перемещаться в сторону больших значений  $\lambda_1$  и соответственно  $t$ . При  $r \rightarrow \infty$ , весь процесс становления поля будет описываться формулами волновой стадии. Соответствующие теоретические кривые  $\rho_s$  будем называть предельными волновыми.

#### § 4. Расчет предельных волновых кривых становления магнитного поля

Расчет волновых кривых становления магнитного поля производится в два этапа: первый этап — вычисление комплексной спектральной функции становления магнитного поля, второй этап — численное интегрирование.

Рассмотрим методику расчета спектральной функции  $\rho(\omega)$ , определяемой формулами (20) и (21). Например, для четырехслойной среды необходимо рассчитать функции

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= \operatorname{clh} \left( \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_{I_2}}{\rho_{I_1}}} R_2 \right), \\ R_2 &= \operatorname{csh} \left( \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_{I_2}}{\rho_{I_1}}} R_2 \right), \\ R_3 &= \operatorname{clh} \kappa_3 h_3, \\ \pi_4 &= (R_3^2 - 1) \cdot \frac{R_3^2 - 1}{R_3^2 - \frac{\rho_{I_4}}{\rho_{I_3}}} \cdot \frac{R_2^2 - 1}{R_2^2 - \frac{\rho_{I_4}}{\rho_{I_3}}} \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Для трехслойной среды

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= \operatorname{clh} \left( \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_{I_2}}{\rho_{I_1}}} R_2 \right), \\ R_2 &= \operatorname{clh} \kappa_2 h_2, \\ \pi_3 &= (R_3^2 - 1) \frac{R_2^2 - 1}{R_2^2 - \frac{\rho_{I_4}}{\rho_{I_3}}} \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Из формул (25) и (26) следует, что для определения величин  $R_4$  и  $\pi_4$  необходимо рассчитать функцию  $R_2$ , соответствующую двухслойному разрезу с  $\rho_i = \rho_{I_2}$ , затем перейти к  $R_3$ , с  $\rho_i = \rho_1$ ,  $\rho_i = \rho_2$ , после чего найти  $R_4$  и  $\pi_4$ . Переход от  $R_2$  к  $R_3$  и от  $R_3$  к  $R_4$  совершается однотипно по формулам (26) и (25).

I. Рассмотрим расчет  $R_2 = \operatorname{clh} h_3 h_3$  [7].

Исходными величинами при расчете являются значения

$$\kappa_8 h_3 = \frac{2\pi}{\lambda_3} - i \frac{2\pi}{\lambda_3} = y_1 - i \bar{x}_1.$$

При расчете густоту точек необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы значения спектральной функции  $\rho(\omega)$  можно было бы уверенно интерполировать между двумя соседними значениями  $\frac{\lambda}{h}$ . Анализ показывает, что функция  $\rho(\omega)$  быстро изменяется при малых  $\frac{\lambda}{h}$  и медленно — при больших  $\frac{\lambda}{h}$ . Поэтому интерполяция становится наиболее надежной при выборе значений  $\frac{\lambda}{h}$  в геометрической прогрессии. Из опыта расчетов, выполненных в лаборатории электроразведки ВНИИГеофизика, следует, что для большинства геоэлектрических разрезов удовлетворительные результаты получаются при выборе знаменателя геометрической прогрессии, равном  $\sqrt[4]{2}$ . Обычно используются следующие значения  $\frac{\lambda}{h_8}$ :

|          |          |          |          |         |
|----------|----------|----------|----------|---------|
| 0,50000; | 0,59460; | 0,70710; | 0,74097; | 1,0000; |
| 1,1891;  | 1,4142;  | 1,6818;  | 2,0000;  | 2,3784; |
| 2,8284;  | 3,3632;  | 4,0000;  | 4,7564;  | 5,6568; |
| 6,7264;  | 8,0000;  | 9,5128;  | 11,314;  | 13,453; |
| 16,000;  | 19,026;  | 22,627;  | 26,906;  | 32,000; |
| 38,051;  | 45,254;  | 64,000;  | 76,102;  | 90,509; |
| 107,62;  | 128,00;  | 152,20;  | 181,00;  | 215,24; |
| 256,00;  | 304,44;  | 362,04;  | 430,49;  | 512,00; |
| 608,82;  | 724,07;  | 860,98;  | 1024,0.  |         |

Гиперболические котангенсы комплексных аргументов определяются по четырехзначным таблицам, составленным Р. Гавелкой [11] (см. приложение 1). В этих таблицах коэффициент при мнимой части аргумента котангенса выражен в долях прямого угла

$$\bar{x}_1 = \frac{2}{\pi} x,$$

откуда

$$\bar{x}_1 = \frac{4}{\lambda_3}, \quad y_1 = \frac{2\pi}{\lambda_3},$$

$$R_2 = \operatorname{cth}(y_1 - ix_1),$$

В таблицах для каждой пары значений  $x$  и  $y$  даны значения модуля  $t$  и аргумента  $\tau$ , выраженного в прямых углах.

Значения  $y$ , приведенные в таблицах, изменяются от 0,00 через 0,02 до 1,00. Для  $|y| > 1$  приведены обратные значения  $y$  от 1,00 до 0,20 ( $y \leq 5,00$ ) через 0,02. При  $y \leq 0,02$  допустима линейная интерполяция, при  $y \geq 5,00$ ,  $t=1,00$ ,  $\tau=1,00$ .

Для определения  $|\operatorname{cth}(y \pm ix_1)|$  и  $\operatorname{argcth}(y \pm ix_1)$  при  $0 \leq x_1 \leq 0,50$  следует найти для  $y$  и  $x_1$  значения  $t$  и  $\tau$ , а затем воспользоваться формулами

$$|\operatorname{cth}(y \pm ix)| = \frac{1}{t}, \quad \operatorname{argcth}(y \pm ix) = \pm(1 - \bar{\tau}).$$

Если  $0,50 \leq \bar{x} \leq 1,00$ , то определяется разность  $\bar{x}^i = i - \bar{x}$ , для которой находятся  $t$  и  $\tau$ , и используются формулы:

$$\begin{aligned} |\operatorname{cth}(y \pm ix)| &= t, \\ \operatorname{argcth}(y \pm ix) &= \pm(1 - \bar{\tau}). \end{aligned}$$

Если  $\bar{x} > 1,00$ , следует прибавить или вычесть из  $x$  четное число  $(2n)$  прямых углов так, чтобы результат не превышал по абсолютной величине 1,00. При этой операции значение  $\operatorname{cth}(y \pm ix)$  не изменяется:

$$\operatorname{cth}[y \pm i(\bar{x} \pm 2n)] = \operatorname{cth}(y \pm ix).$$

При определении  $t$  и  $\tau$  для промежуточных значений  $\bar{x}$  и  $y$  следует пользоваться линейной интерполяцией.

Коэффициенты линейной интерполяции  $a_{xt}$ ,  $a_{yt}$ ,  $a_{x\tau}$ ,  $a_{y\tau}$  указаны между соответствующими значениями  $t$  и  $\tau$ . Интерполяционные коэффициенты представляют собой разности двух соседних значений  $t_r$  или  $\tau_r$ , выраженные в десятитысячных долях и отнесенные к 0,01 значения  $\bar{x}$  или  $y$ . Окончательно

$$\begin{aligned} t &= t_r + 10^{-2}(a_{xt}\Delta\bar{x} + a_{yt}\Delta y), \\ \bar{\tau} &= \bar{\tau}_r + 10^{-2}(a_{x\tau}\Delta\bar{x} + a_{y\tau}\Delta y). \end{aligned}$$

Знак интерполяционных коэффициентов в таблицах не указан. Он выбирается положительным, если при возрастании аргумента функция возрастает, и отрицательным, если при возрастании аргумента функция убывает.

Рассмотрим пример определения по таблицам гиперболического котангенса комплексного аргумента.

Пусть необходимо определить  $\operatorname{cth}(1,8332 - i \cdot 3,0769)$ .

1. Прибавляем к  $\bar{x}$  четыре прямых угла:  $\operatorname{cth}(1,8332 - i \cdot 3,0769) = -\operatorname{cth}(1,8332 + i \cdot 0,9231)$ .

2. Поскольку  $|\bar{x}| > 0,5$ , находим разность  $| -0,923 | = 0,0769$ .

3. Так как  $y > 1$ , то находим  $\frac{1}{y} = \frac{1}{1,8332} = 0,5451$ .

4. Ближайшие табличные значения  $x_T = 0,08$ ,  $\frac{1}{y_T} = 0,54$ . Соответствующие им значения  $t_T = 0,9534$ ,  $\tau_T = 0,9922$ .

5. Разность между данным  $\bar{x}$  и ближайшим табличным значением составляет  $\Delta x = \bar{x} - \bar{x}_T = -0,0031$ , разность между данным  $\frac{1}{y}$  и ближайшим табличным значением составляет  $\Delta y = \frac{1}{y} - \frac{1}{y_T} = 0,0051$ .

6. Выписываем интерполяционные коэффициенты:

$$a_{xt} = +3, \quad a_{x\tau} = -10,$$

$$a_{yt} = -32, \quad a_{y\tau} = -6,$$

7. Находим  $t$  и  $\tau$ :

$$t = 0,9534 + 10^{-2} [3(-0,0031) + (-32) \cdot 0,0051] = 0,9517,$$

$$\tau = 0,9922 + 10^{-2} [(-10) \cdot (-0,0031) + (-6) \cdot 0,0051] = 0,9922.$$

8. В соответствии с формулами приведения

$$|\operatorname{cth}(1,8332 - i \cdot 3,0769)| = 0,9517,$$

$\arg \operatorname{cth}(1,8332 - i \cdot 3,0769) = \arg \operatorname{cth}(1,8332 + i \cdot 0,9231) = -(1 - 0,9922) = -0,0078$ , причем аргумент выражен в прямых углах, т. е. для перевода в градусы его надо умножить на 90.

11. Для перехода от  $R_2$  к  $R_3$  необходимо вычислять обратные гиперболические функции комплексного аргумента:  $\operatorname{arcth} \sqrt{\frac{p_t}{p_{t_1}}} R_2$  (приложение I), значения которых также приведены в таблицах Р. Гавелки [11]. В таблицах даны значения  $x$  и  $y$  в зависимости от  $t$  и  $\tau$ .

Обратные гиперболические функции представлены в виде:

$$\operatorname{Re}(\operatorname{arcth} te^{\pm i\tau}) = y, \quad \operatorname{Im}(\operatorname{arcth} ie^{\pm i\tau}) = \mp(1 - \bar{x}).$$

Значения  $t$  в таблицах изменяются от 0,02 через 0,02 до 1,00. При  $t > 1$  следует пользоваться формулой приведения:

$$\operatorname{Re}\left(\operatorname{arcth} \frac{1}{t} e^{\pm i\tau}\right) = y, \quad \operatorname{Im}\left(\operatorname{arcth} \frac{1}{t} \cdot e^{\pm i\tau}\right) = \mp \bar{x}.$$

Значения  $\tau$  приведены в прямых углах от 0,00 через 0,02 до 1,00. Интерполяция для промежуточных значений  $t$  и  $\tau$  выполняется как описано выше.

Рассмотрим пример определения  $\operatorname{arcth} ie^{i\tau}$ .

Пусть  $t = 0,1607$ ,  $\tau = 0,2225$ .

1. Ближайшие табличные значения  $t = 0,1600$ ,  $\tau = 0,2200$ , соответствующие им по таблицам значения:

$$\bar{x}_T = 0,0353 \text{ и } y_T = 0,1512.$$

2. Разности между данными и ближайшими табличными значениями  $t$  и  $\tau$  соответственно равны:

$$\Delta t = -0,0003, \Delta \tau = 0,0025.$$

3. Выписываем интерполяционные коэффициенты:

$$a_{tx} = 23, \quad a_{t\tau} = 15,$$

$$a_{ty} = 95, \quad a_{t\tau} = -9.$$

4. Находим  $y$  и  $\bar{x}$ :

$$y = y_T + 10^{-2} (a_{tx} \Delta t + a_{ty} \Delta \tau) = 0,1512 + 10^{-2} [23 \times (-0,0003) + (-9) \cdot 0,0025] = 0,1421,$$

$$\bar{x} = \bar{x}_T + 10^{-2} (a_{t\tau} \Delta t + a_{t\tau} \Delta \tau) = 0,0353 + 10^{-2} [23 \times (-0,0003) + 15 \cdot 0,0025] = 0,0336.$$

5. В соответствии с формулой приложения находим  $-(1 - \bar{x}) = -0,9664$ , причем  $\bar{x}$  выражен в прямых углах.

Далее для вычисления  $R_3$  найденные значения  $y$  и  $x$  складываются с учетом знаков с  $y_2$  и  $x_2$

$$y_2 = \frac{2\pi}{\lambda_2} = \frac{2\pi}{\lambda_3} \cdot \frac{h_3}{h_2} \sqrt{\frac{p_{I_2}}{p_{I_3}}},$$

$$x_2 = \frac{4}{\lambda_1} \cdot \frac{h_2}{h_3} \sqrt{\frac{p_{I_1}}{p_{I_2}}}.$$

После этого по таблицам гиперболических функций комплексного аргумента определяется

$$R_3 = \operatorname{cth} [(y + y_2) + i(x + x_2)].$$

Каждое полученное значение  $R_3$  относится к длине волны

$$\frac{\lambda_1}{h_1} = \frac{\lambda_2}{h_2} \cdot \frac{h_3}{h_1} \sqrt{\frac{p_{I_1}}{p_{I_2}}}.$$

Аналогично осуществляется переход от  $R_3$  к  $R_4$ . Используя полученные комплексные величины  $R_2$ ,  $R_3$  и  $R_4$  нетрудно найти значения  $\lambda_3$  и  $\lambda_4$  по обычным правилам действий с комплексными числами в соответствии с формулами (25) и (26).

Для достаточно больших и малых значений  $\frac{\lambda_1}{h_1}$  можно получить асимптотические выражения спектральной функции.

Если

$$\frac{\lambda_1}{h_1} \rightarrow 0 \quad (|\kappa_1 h_1| \rightarrow \infty), \text{ то } \operatorname{cth} \kappa_1 h_1 \rightarrow 1.$$

Следовательно,  $\rho(\omega) \approx 1$ . В области коротких волн спектральная функция становится действительной величиной ( $\arg \rho(\omega) = 0$ ).

При достаточно малой величине  $|\kappa_1 h_1| \left( \frac{\lambda_1}{h_1} \rightarrow \infty \right)$

$$R_2 = \operatorname{ctg} \kappa_1 h_1 \approx \frac{a_2}{\kappa_1 h_1} + \frac{\kappa_1 h_1}{3} b_2,$$

где  $a_2 = b_2 = 1$ .

Аналогично

$$R_3 \approx \frac{a_3}{\kappa_1 h_1} + \frac{\kappa_1 h_1}{3} b_3,$$

$$R_4 \approx \frac{a_4}{\kappa_1 h_1} + \frac{\kappa_1 h_1}{3} b_4.$$

Подставляя приближенное значение  $R_2$  в формулу для  $R_3$ , а полученный результат в формулу для  $R_4$ , находим значения  $a_3, b_3, a_4, b_4$ .

$$\begin{aligned} a_3 &= \frac{S_1}{S_1 + S_2}, \quad a_4 = \frac{S_1}{S_1 + S_2 + S_3}, \quad a_N = \frac{S_1}{S}, \\ b_3 &= 1 + \frac{S_2}{S_1 + S_2} + \left( \frac{S_2}{S_1 + S_2} \right)^2 \cdot \frac{h_1 + h_2}{h_1}, \\ b_4 &= 1 + \frac{S_2 + S_3}{S_1 + S_2 + S_3} + \left( \frac{S_2 + S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \right)^2 + \frac{h_2}{h_1} \left( \frac{S_2 + S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \right)^2 + \\ &+ \frac{h_2}{h_1} \frac{(S_2 + S_3) S_3}{(S_1 + S_2 + S_3)^2} + \frac{S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot \frac{h_2 + h_3}{h_1}. \end{aligned}$$

При  $|\kappa_1 h_1| \rightarrow 0$ ,  $R_2^2 \approx \frac{a_2^2}{(\kappa_1 h_1)^2} + \frac{2}{3} (a_2 b_2)$ . Следовательно, действительная часть спектральной функции не зависит от частоты, а мнимая ее часть неограниченно возрастает с понижением частоты.

Аналогично

$$R_3^2 \approx \frac{a_3^2}{(\kappa_1 h_1)^2} + \frac{2}{3} a_3 b_3,$$

$$R_4^2 \approx \frac{a_4^2}{(\kappa_1 h_1)^2} + \frac{2}{3} a_4 b_4,$$

$$R_N^2 \approx \frac{a_N^2}{(\kappa_1 h_1)^2} + \frac{2}{3} a_N b_N.$$

Подставляя приближенные значения  $R_2, R_3$  и  $R_4$  в формулы (25) и (26) и разделяя действительные и мнимые части, находим:

Для двухслойного разреза

при  $\frac{\lambda_1}{h_1} \rightarrow \infty$  или  $\omega \rightarrow 0$ :

$$\lim \rho(\omega) = \frac{2a_1^2}{(\kappa_1 h_1)^2} + \lim \operatorname{Re} \rho(\omega), \quad (27)$$

где  $\lim \operatorname{Re} \rho(\omega) = \frac{1}{3}$ .

Для трехслойного разреза

$$\lim \operatorname{Re} \rho(\omega) = \frac{4}{3} a_1 b_1 - 1 + a_3^2 \frac{h_1 S_2}{h_1 S_1} \cdot \left( \frac{\rho_{I_1}}{\rho_{I_2}} - 1 \right). \quad (28)$$

Для четырехслойного разреза

$$\begin{aligned} \lim \operatorname{Re} \rho(\omega) = & \frac{4}{3} a_1 b_1 - 1 + a_4^2 \left[ \frac{h_1 S_2}{h_1 S_1} \left( \frac{\rho_{I_1}}{\rho_{I_2}} - 1 \right) \left( \frac{S_2 + S_3}{S_2} \right)^2 + \right. \\ & \left. + \frac{h_1 S_3}{h_1 S_1} \left( \frac{\rho_{I_2}}{\rho_{I_3}} - 1 \right) \right]. \end{aligned} \quad (29)$$

Перейдем к рассмотрению методики вычисления интеграла Фурье

$$\frac{\rho_1}{\rho_1} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(\omega) \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega.$$

Прежде всего отметим, что при  $\omega \rightarrow 0 |\rho(\omega)| \rightarrow \infty$ . Чтобы сделать возможными расчеты, вычтем из функции  $\rho(\omega)$  ее предельное значение  $\frac{a_N^2}{(k_1 h_1)^2} = i \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2$ :

$$\begin{aligned} \frac{\rho_1}{\rho_1} = & \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[ \rho(\omega) - i \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2 \right] \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega + \\ & + \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} i \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2 \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega. \end{aligned}$$

В соответствии с формулой (4)

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} i \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2 \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega = & \left( \frac{S_1}{2\pi S} \right)^2 \frac{10^7 \cdot \rho_{I_1}}{h_1^2} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{2\pi e^{-i\omega t}}{(-i\omega)^2} d\omega = \\ = & \left( \frac{S_1}{2\pi S} \right)^2 \frac{10^7 \rho_{I_1} 2\pi t}{h_1^2} \quad \text{при } t > 0. \end{aligned}$$

Введем новый параметр  $\tau_1$ , являющийся аналогом длины волны в гармонических процессах.

Пусть

$$\tau_1 = \sqrt{10^7 \rho_{I_1} \cdot 2\pi t},$$

тогда

$$\frac{\rho_t}{\rho_{I_1}} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[ \rho(\omega) - i \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2 \right] \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega + \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2.$$

Величину  $\tau_1$ , имеющую размерность длины, будем называть параметром становления. Параметр становления является аналогом разноса в методах постоянного тока; он контролирует глубину исследования в методе становления магнитного поля. Напомним, что  $e^{-i\omega t} = \cos \omega t - i \sin \omega t$ , и обозначим  $\rho(\omega) - i \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2 = \operatorname{Re} \rho(\omega) + i \operatorname{Im} \rho(\omega)$ .

Преобразуем интеграл Фурье к виду, удобному для вычислений:

$$\begin{aligned} \frac{\rho_t}{\rho_{I_1}} - \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2 &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[ \operatorname{Re} \rho(\omega) \frac{\sin \omega t}{\omega} - \operatorname{Im} \rho(\omega) \frac{\cos \omega t}{\omega} \right] d\omega + \\ &+ \frac{i}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[ \operatorname{Im} \rho(\omega) \frac{\sin \omega t}{\omega} - \operatorname{Re} \rho(\omega) \frac{\cos \omega t}{\omega} \right] d\omega. \end{aligned}$$

Как известно, действительная часть является четной функцией частоты, а мнимая часть — нечетной. Это следует из соотношений:

$$\operatorname{Re} \rho(\omega) = |\rho(\omega)| \cdot \cos \varphi_\omega;$$

$$\operatorname{Im} \rho(\omega) = |\rho(\omega)| \cdot \sin \varphi_\omega,$$

где  $|\rho(\omega)|$  и  $\varphi_\omega$  — модуль и аргумент комплексной спектральной функции.

Из приведенных соотношений следует нечетность суммы  $\operatorname{Im} \rho(\omega) \frac{\sin \omega t}{\omega} + \operatorname{Re} \rho(\omega) \frac{\cos \omega t}{\omega}$  и равенство нулю второго интеграла в формуле для  $\frac{\rho_t}{\rho_{I_1}}$ .

Поэтому

$$\frac{\rho_t}{\rho_{I_1}} - \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\lambda_1}{h_1} \right)^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{+\infty} \left[ \operatorname{Re} \rho(\omega) \frac{\sin \omega t}{\omega} - \operatorname{Im} \rho(\omega) \frac{\cos \omega t}{\omega} \right] d\omega. \quad (30)$$

Заметим теперь, что при  $t < 0$  по условиям задачи  $\frac{P_t}{P_1} = 0$ .

Следовательно,

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \left[ \operatorname{Re} \rho(\omega) \frac{\sin(-\omega t)}{\omega} - \operatorname{Im} \rho(\omega) \frac{\cos(-\omega t)}{\omega} \right] d\omega = \\ = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \left[ -\operatorname{Re} \rho(\omega) \frac{\sin \omega t}{\omega} - \operatorname{Im} \rho(\omega) \frac{\cos \omega t}{\omega} \right] = 0. \end{aligned}$$

Вычитая последнее выражение из формулы (30), получим окончательно:

$$\frac{P_t}{P_1} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} \rho(\omega) \frac{\sin(\omega t)}{\omega} d\omega + \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\tau_1}{h_1} \right)^2. \quad (31)$$

Основная трудность при вычислении интеграла Фурье согласно формуле (31) связана с осцилирующим характером синуса. Для численного расчета интеграла Фурье Филоном [16], М. В. Николаевой [15] и В. В. Солодовниковым [17] были предложены способы, основная идея которых заключается в расчете значений спектральной функции по относительно редкой сетке значений независимой переменной и в получении промежуточных значений функций, необходимых для интегрирования, с помощью интерполяции.

Поскольку спектральная функция является сравнительно медленно меняющейся, в данном случае можно ограничиться линейной интерполяцией. В соответствии с этим заменим функцию  $\rho(\omega)$  отрезками прямых между двумя соседними вычисленными значениями.

Пусть расчет действительной части спектральной функции выполнен при  $n$  значениях частоты от  $\omega_1$  до  $\omega_n$ . Обозначим соответствующие значения через  $\operatorname{Re}_1', \operatorname{Re}_2', \dots, \operatorname{Re}_n'$ . При этом выберем частоту  $\omega$  настолько низкой, чтобы

$$\operatorname{Re}_1' \approx \lim_{\omega \rightarrow 0} \operatorname{Re}' \rho(\omega),$$

$$\operatorname{Re}_n' \approx \lim_{\omega \rightarrow \infty} \operatorname{Re}' \rho(\omega) = 1.$$

Приближенные равенства должны соблюдаться с заданной погрешностью (обычно около 1%). Используя высокочастотное предельное значение  $\rho(\omega)$ , можно записать:

$$\frac{P_t}{P_1} - \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\tau_1}{h_1} \right)^2 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \left[ \operatorname{Re}' \rho(\omega) - 1 \right] \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega.$$

Второй интеграл в данной формуле равен единице.

Поэтому

$$\frac{\rho_t}{\rho_{I_1}} = 1 + \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} [\operatorname{Re}' \rho(\omega) - 1] \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega.$$

Поскольку выражение в квадратных скобках равно нулю при  $\omega > \omega_n$ , в качестве верхнего предела интегрирования можно выбрать значение  $\omega_n$ :

$$\frac{\rho_t}{\rho_{I_1}} - \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\tau_1}{h_1} \right)^2 = 1 + \frac{2}{\pi} \int_0^{\omega_n} [\operatorname{Re}' \rho(\omega) - 1] \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega.$$

Значения ординат функции  $\operatorname{Re}' \rho(\omega) - 1$  в точках  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  обозначим  $\operatorname{Re}_1, \operatorname{Re}_2, \dots, \operatorname{Re}_n$ , причем  $\operatorname{Re}_n = 0, \operatorname{Re}_{n-1} = \Delta_{n-1}, \operatorname{Re}_{n-2} = \Delta_{n-1} + \Delta_{n-2}, \dots, \operatorname{Re}_2 = \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_{n-1}, \operatorname{Re}_1 = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_{n-1}$ , где  $\Delta_p$  есть разность  $\operatorname{Re}_p - \operatorname{Re}_{p+1}$  ( $p = 1, 2, \dots, n$ ), а  $\Delta_n = 0$ .

Заменим на отрезке между  $\omega_p$  и  $\omega_{p+1}$   $\operatorname{Re}' \rho(\omega) - 1$  его приближенным значением:

$$\operatorname{Re}' \rho(\omega) - 1 = \operatorname{Re}_{p+1} + \Delta_p \frac{\omega - \omega_{p+1}}{\omega_p - \omega_{p+1}} = \sum_{k=p+1}^n \Delta_k + \Delta_p \frac{\omega - \omega_{p+1}}{\omega_p - \omega_{p+1}}.$$

Тогда

$$\int_0^{\omega_n} [\operatorname{Re}' \rho(\omega) - 1] \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \approx \int_0^{\omega_1} \operatorname{Re}_1 \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \sum_{p=1}^{n-1} \int_{\omega_p}^{\omega_{p+1}} \left( \sum_{k=p+1}^n \Delta_k + \Delta_p \frac{\omega - \omega_{p+1}}{\omega_p - \omega_{p+1}} \right) \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega.$$

Поскольку  $\operatorname{Re}_1, \sum_{k=p+1}^n \Delta_k$  и  $\Delta_p$  не зависят от частоты, интересующий нас интеграл можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} \int_0^{\omega_n} [\operatorname{Re}' \rho(\omega) - 1] \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega &= (\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_{n-1}) \times \\ &\times \int_0^{\omega_1} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + (\Delta_2 + \dots + \Delta_{n-1}) \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \\ &+ \Delta_1 \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\omega - \omega_2}{\omega_1 - \omega_2} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \dots + \Delta_{n-1} \int_{\omega_{n-2}}^{\omega_{n-1}} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \Delta_{n-1} \int_{\omega_{n-2}}^{\omega_{n-1}} \frac{\omega - \omega_{n-1}}{\omega_{n-1} - \omega_{n-2}} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \Delta_{n-1} \int_{\omega_{n-1}}^{\omega_n} \frac{\omega - \omega_n}{\omega_n - \omega_{n-1}} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega = \\
& = \left( \Delta_1 \int_0^{\omega_1} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \Delta_2 \int_0^{\omega_2} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \dots + \Delta_{n-1} \int_0^{\omega_{n-1}} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \right) + \\
& + \left( \Delta_1 \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\omega - \omega_2}{\omega_2 - \omega_1} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \Delta_2 \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\omega - \omega_2}{\omega_2 - \omega_1} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \right. \\
& \left. + \dots + \Delta_{n-1} \int_{\omega_{n-1}}^{\omega_n} \frac{\omega - \omega_n}{\omega_n - \omega_{n-1}} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \right) = \Delta_1 \left( \int_0^{\omega_1} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \right. \\
& \left. + \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\omega - \omega_2}{\omega_2 - \omega_1} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \right) + \Delta_2 \left( \int_0^{\omega_2} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \right. \\
& \left. + \int_{\omega_2}^{\omega_3} \frac{\omega - \omega_3}{\omega_3 - \omega_2} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \right) + \dots + \Delta_{n-1} \left( \int_0^{\omega_{n-1}} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \right. \\
& \left. + \int_{\omega_{n-1}}^{\omega_n} \frac{\omega - \omega_n}{\omega_n - \omega_{n-1}} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \right) = \sum_{p=1}^{n-1} \Delta_p \left( \int_0^{\omega_p} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \right. \\
& \left. + \int_{\omega_p}^{\omega_{p+1}} \frac{\omega - \omega_{p+1}}{\omega_{p+1} - \omega_p} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \right).
\end{aligned}$$

Используя известные формулы интегрирования, а также учитывая, что  $\omega_{p+1} \sqrt{2} \omega_p$ , выражение в скобках можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned}
& \int_0^{\omega_p} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega + \int_{\omega_p}^{\omega_{p+1}} \frac{\omega - \omega_{p+1}}{\omega_{p+1} - \omega_p} \cdot \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega = \frac{\sin(\omega_p t) - \sqrt{2} \sin(\sqrt{2} \omega_p t)}{\sqrt{2} - 1} - \\
& - \frac{\cos \omega_p t - \cos \sqrt{2} \omega_p t}{(\sqrt{2} - 1) \omega_p t} = F(\omega_p t).
\end{aligned}$$

Произведение  $\omega_p t$  можно заменить квадратом отношения параметра становления в первом пласте  $t_1$  к соответствующей длине волны  $\lambda_{1p}$ .

$$\left( \frac{t_1}{\lambda_{1p}} \right)^2 = \left( \frac{\sqrt{10^7 2\pi t \rho_{l_1}}}{\sqrt{10^7 T_p \rho_{l_1}}} \right)^2 = \left( \sqrt{\frac{2\pi t}{T_p}} \right) = \omega_p t.$$

Следовательно,

$$\frac{\rho_t}{\rho_{t_1}} = \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\tau_1}{h_1} \right)^2 + \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \text{Re } \rho(\omega) \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \approx$$

$$\approx 1 + \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\tau_1}{h_1} \right)^2 + \frac{2}{\pi} \sum_{p=1}^n \Delta_p F \left( \frac{\tau_1}{\lambda_{1p}} \right).$$

Анализ теоретических кривых становления магнитного поля показывает, что кажущееся удельное сопротивление  $\rho_t$ , аналогично спектральной функции  $\rho(\omega)$ , сильно изменяется при малых значениях параметра становления и слабо изменяется при больших  $\tau_1$ . Поэтому при расчете теоретических кривых с помощью последней формулы обычно выбирают значения  $\frac{\tau_1}{h_1}$  со знаменателем, равным знаменателю геометрической прогрессии для  $\frac{\lambda_1}{h_1}$ , т. е.  $\sqrt[4]{2}$ . Соответственно значения  $\omega$  и  $t$  образуют геометрические прогрессии со знаменателем  $q = \sqrt[4]{2}$ . Произведения  $\omega_p t$  также образуют геометрическую прогрессию с  $q = \sqrt[4]{2}$ , а отношение  $\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}}$  — геометрическую прогрессию с  $q = \sqrt[4]{2}$ .

Значения вспомогательной функции  $F \left( \frac{\tau_1}{\lambda_{1p}} \right)$  приведены в табл. 1, из которой видно, что

при  $\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}} \rightarrow 0$   $F \left( \frac{\tau_1}{\lambda_{1p}} \right) \rightarrow 0$ , а при  $\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}} \gg 8$   $F \left( \frac{\tau_1}{\lambda_{1p}} \right) \approx 1,00$ .

Для расчета кривых становления на узкой полосе бумаги выписываются в горизонтальную строку значения  $\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}}$ , для которых рассчитана функция  $F$ , а под ними, во вторую строку — значения  $F \left( \frac{\tau_1}{\lambda_{1p}} \right)$ .

Практические операции по расчету волновых кривых становления поля сводятся к следующему.

1. Рассчитывается ряд значений спектральной функции и определяется  $\text{Re } \rho(\omega) - 1$  в зависимости от  $\frac{\lambda_1}{h_1}$ . Пределы изменения  $\frac{\lambda_1}{h_1}$  выбираются таким образом, чтобы при  $\left( \frac{\lambda_1}{h_1} \right)_{\min}$   $\text{Re } \rho(\omega) \approx 1,00$ , а при  $\left( \frac{\lambda_1}{h_1} \right)_{\max}$   $\text{Re } \rho(\omega) \approx \lim_{\omega \rightarrow 0} \text{Re } \rho(\omega)$ .

2. Значения  $\frac{\lambda_1}{h_1}$  выписываются в первую горизонтальную строку расчетной таблицы в порядке возрастания  $\frac{\lambda_1}{h_1}$  слева

Таблица 1

| $\tau_1/\lambda_{1p}$                       | 0,105  | 0,125  | 0,140  | 0,176  | 0,210  | 0,250  |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $F\left(\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}}\right)$ | 0,0058 | 0,0083 | 0,0115 | 0,0170 | 0,0230 | 0,0341 |
| $\tau_1/\lambda_{1p}$                       | 0,290  | 0,351  | 0,420  | 0,500  | 0,595  | 0,707  |
| $F\left(\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}}\right)$ | 0,0460 | 0,0678 | 0,0915 | 0,136  | 0,191  | 0,269  |
| $\tau_1/\lambda_{1p}$                       | 0,811  | 1,00   | 1,19   | 1,41   | 1,68   | 2,00   |
| $F\left(\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}}\right)$ | 0,376  | 0,521  | 0,703  | 0,922  | 1,111  | 1,162  |
| $\tau_1/\lambda_{1p}$                       | 2,38   | 2,93   | 3,36   | 4,00   | 4,76   | 5,66   |
| $F\left(\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}}\right)$ | 1,013  | 0,935  | 1,057  | 0,977  | 1,001  | 0,997  |
| $\tau_1/\lambda_{1p}$                       | 6,73   | 8,00   |        |        |        |        |
| $F\left(\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}}\right)$ | 1,00   | 1,00   |        |        |        |        |

направо, а соответствующие значения  $Re_p(\omega) - 1$  выписываются под ними, во вторую горизонтальную строку.

3. Для каждой пары  $Re_p(\omega) - 1$  находится разность  $\Delta Re_p(\omega) = Re_{p+1} - Re_p$ , которая выписывается в третью горизонтальную строку под  $Re_p$ . Очевидно, что полученные разности в начале и в конце строки должны приближаться к нулю.

4. Полоска бумаги с выписанными в строку значениями функции  $F$  накладывается на расчетную таблицу так, чтобы  $\frac{\tau_1}{\lambda_{1p}}$ , равное единице, находилось под крайним левым значением  $\frac{\tau_1}{\lambda_1}$  первой горизонтальной строки.

5. Каждая разность  $\Delta Re$  умножается на значение функции  $F$ , находящейся под ней, а полученное произведение записывается под  $\Delta Re$  в четвертую горизонтальную строку.

6. Полоска бумаги с функцией  $F$  сдвигается на одну колонку вправо и повторяются те же операции.

7. В результате расчетная таблица заполняется произведениями  $\Delta Re \cdot F$ , которые суммируются по вертикальным колон-

кам. Каждая полученная сумма соответствует значению  $\frac{\tau_1}{h_1}$ , равному тому  $\frac{\lambda_1}{h_1}$ , которое находится в первой строке данной колонки.

8. К каждой сумме прибавляется  $1 + \left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\tau_1}{h_1} \right)^2$ , в результате чего в последней горизонтальной строке таблицы образуются значения каждогося удельного сопротивления волновой кривой становления поля для разреза с подстилающим изолятором.

В заключение следует отметить, что описанная приближенная методика расчета становления магнитного поля может применяться не только для  $r \rightarrow \infty$ , но и для любых разносов, если имеется соответствующая спектральная функция. При этом отпадает необходимость прибавления функции  $\left( \frac{S_1}{2\pi S} \cdot \frac{\tau_1}{h_1} \right)^2$  к конечному результату.

### § 5. Расчет теоретических кривых поздней стадии становления магнитного поля

Рассмотрев вопросы расчета волновой стадии теоретических кривых становления поля в дальней зоне, перейдем к изучению поздней стадии. Воспользовавшись асимптотическим свойством интеграла Фурье, в силу которого поведение  $\rho$ , при  $i \rightarrow \infty$  определяется поведением спектральной функции при  $\omega \rightarrow 0$ , получим приближенную формулу для расчета поздней стадии становления поля.

$$B_z(t) \approx \frac{I \mu_0}{4\pi} \sin \Theta \int_0^\infty \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{2m^2 J_1(mr)}{m \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\rho(\omega)}{R_N^2} + \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\kappa_1}{R_N}} \cdot \frac{e^{-i\omega t}}{i\omega} d\omega dm. \quad (32)$$

В соответствии с формулами (27) — (29)

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \rho(\omega) = \frac{2a^3}{(\kappa_1 h_1)^3} \left[ 1 - \frac{c}{2a^3} (\kappa_1 h_1)^2 \right],$$

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\kappa_1}{R_N} = \frac{\kappa_1^2 h_1}{a} \left[ 1 - \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2 \right],$$

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\rho(\omega)}{R_N^2} = 2 \left[ 1 - \left( \frac{2}{3} \frac{b}{a} - \frac{c}{2a^3} \right) (\kappa_1 h_1)^2 \right],$$

где  $c = \lim_{\omega \rightarrow 0} \operatorname{Re} \rho(\omega)$ .

Отметим, что данные равенства имеют одинаковый вид независимо от числа слоев геоэлектрического разреза. Параметры слоев входят лишь в коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Подставляя предельные значения в выражение для подынтегральной функции (32), найдем:

$$\begin{aligned} \frac{2m^2}{m \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\rho(\omega)}{R_N^2} + \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\kappa_1}{R_N}} &= \frac{2m^2}{2m \left[ 1 - \left( \frac{2}{3} \frac{b}{a} - \frac{c}{a^2} \right) (\kappa_1 h_1)^2 \right] + \frac{\kappa_1^2 h_1}{a} \left[ 1 - \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2 \right]} \approx \\ &\approx \frac{2m^2 \left[ 1 + \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2 \right]}{2m + \frac{\kappa_1^2 h_1}{a} \left[ 1 - \left( \frac{2}{3} b - \frac{2c}{a} \right) m h_1 \right]} = \\ &= \frac{2m^2 \left[ 1 + \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2 \right]}{\left[ 1 - \left( \frac{2}{3} b - \frac{2c}{a} \right) m h_1 \right] \left[ \frac{\kappa_1^2 h_1}{a} + \frac{2m}{1 - \left( \frac{2}{3} b - \frac{2c}{a} \right) m h_1 a} \right]}. \end{aligned}$$

Пренебрегая в знаменателях дробей вторыми и более высокими степенями  $m$ , получим более простое выражение при  $\omega \rightarrow 0$ :

$$\begin{aligned} \frac{2m^2}{\frac{m \rho(\omega)}{R_N^2} + \frac{\kappa_1}{R_N}} &\approx \frac{2m^2 \left[ 1 + \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2 \right] \left[ 1 + \left( \frac{2}{3} b - \frac{c}{a} \right) m h_1 \right]}{2m + \frac{\kappa_1^2 h_1}{a}} = \\ &= \frac{\left[ 2m^2 + 2m^3 h_1 \left( \frac{2}{3} b - \frac{c}{a} \right) \right] \left[ 1 + \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2 \right]}{2m + \frac{\kappa_1^2 h_1}{a}}. \end{aligned}$$

С помощью полученной формулы интегральное выражение для поздней стадии становления магнитного поля можно записать в следующем виде:

$$B_z(t) \approx \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \mu_0}{4\pi} \sin \Theta \int_0^{\infty} \frac{\left[ 2m^2 + 2m^3 h_1 \left( \frac{2}{3} b - \frac{c}{a} \right) \right] \cdot \left[ 1 + \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2 \right] J_1(mr)}{2m + \frac{\kappa_1^2 h_1}{a}} \times \times \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} dm d\omega.$$

Для вычисления интеграла изменим порядок интегрирования:

$$B_z(t) \approx \frac{I\mu_0}{4\pi} \sin \Theta \int_0^{\infty} \left[ 2m^2 + 2m^3 h_1 \left( \frac{2}{3} b - \frac{c}{a} \right) \right] J_1(mr) \times \\ \times \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1 + \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2}{2m + \frac{\kappa_1^2 h_1}{a}} \cdot e^{-i\omega t} d\omega dm. \quad (33)$$

Как было показано выше, производная по времени от вертикальной компоненты магнитной индукции  $\frac{\partial B_z(t)}{\partial t}$  более наглядно отображает характер геоэлектрического разреза, чем  $B_z(t)$ .

Поэтому продифференцируем формулу (33) по  $t$ :

$$\frac{\partial B_z(t)}{\partial t} \approx \frac{I\mu_0}{4\pi} \sin \Theta \int_0^{\infty} \left[ 2m^2 + 2m^3 h_1 \left( \frac{2}{3} b - \frac{c}{a} \right) \right] J_1(mr) \times \\ \times \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1 + \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2}{2m + \frac{\kappa_1^2 h_1}{a}} \cdot e^{-i\omega t} d\omega dm. \quad (34)$$

Рассмотрим второй интеграл в выражении (34):

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1 + \frac{b}{3a} (\kappa_1 h_1)^2}{2m + \frac{\kappa_1^2 h_1}{a}} \cdot e^{-i\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-i\omega t} d\omega}{\mu_0 S \left( \frac{2m}{\mu_0 S} - i\omega \right)} + \\ + \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\frac{b}{3a} \cdot \frac{\mu_0 \kappa_1^2}{\rho_1} (-i\omega) e^{-i\omega t} d\omega}{\mu_0 S \left( \frac{2m}{\mu_0 S} - i\omega \right)}$$

$$\text{Известно [16], что } \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-i\omega t} d\omega}{\frac{2m}{\mu_0 S} - i\omega} = e^{-\frac{2mt}{\mu_0 S}}.$$

Дифференцируя это равенство по  $t$ , получим:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(-i\omega) e^{-i\omega t} d\omega}{\frac{2m}{\mu_0 S} - i\omega} = \left( -\frac{2m}{\mu_0 S} \right) e^{-\frac{2mt}{\mu_0 S}}.$$

Подставляя значения интегралов в формулу (34), получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial B_s(t)}{\partial t} \approx & \frac{I\mu_0}{4\pi} \sin \Theta \int_0^{\infty} \left[ 2m^2 + 2m^3 h_1 \left( \frac{2}{3} b - \frac{c}{a} \right) \right] \times \\ & \times \left[ 1 + \frac{1}{3} \frac{b}{a} \frac{\mu_0 h_1^2}{\rho_1} \left( -\frac{2m}{\mu_0 S} \right) \right] e^{-\frac{2mt}{\mu_0 S}} J_1(mr) dm. \end{aligned}$$

Пренебрегая четвертыми степенями малой величины  $m$ , найдем:

$$\frac{\partial B_s(t)}{\partial t} \approx \frac{I\mu_0}{4\pi} \sin \Theta \int_0^{\infty} \frac{2m^3}{\mu_0 S} e^{-\frac{2mt}{\mu_0 S}} \left( 1 - mh_1 \frac{c}{a} \right) J_1(mr) dm.$$

Вычисляя последний интеграл с помощью известной формулы Вебера — Липшица, получим окончательное выражение для  $\rho_1$ :

$$\frac{\rho_1}{\rho_{J_1}} = \frac{r}{h_1} \cdot \frac{S_1}{S} \left\{ \frac{q^2}{(1+q^4)^{1/2}} + A \left[ \frac{1}{(1+q^4)^{1/2}} - \frac{5q^4}{(1+q^4)^{1/2}} \right] \right\},$$

$$\text{где } q = \frac{\frac{r}{h_1}}{2\pi \sqrt{\frac{r}{h_1} \cdot \frac{S}{S_1}}} :$$

$$A = \frac{h_1}{r} \cdot \frac{S}{S_1} \lim_{\omega \rightarrow 0} \rho(\omega).$$

Как видно из полученной формулы, поздняя стадия неуставновившегося магнитного поля зависит от двух обобщенных параметров геоэлектрического разреза: суммарной продольной проводимости и предельного значения спектральной функции  $\rho(\omega)$  при  $\omega \rightarrow 0$ . Нетрудно заметить, что относительное влияние этих двух параметров изменяется с увеличением разноса. Чем больше

$r$ , тем слабее влияет величина  $A$  на позднюю стадию становления магнитного поля. При  $r \rightarrow \infty$   $\frac{\rho_t}{\rho_{l_1}} \approx \frac{r}{h_1} \cdot \frac{S_1}{S} \cdot \frac{q^2}{(1+q^4)^{0.5}}$ , т. е. для достаточно больших разносов, поздняя стадия неустановившегося магнитного поля зависит только от одного обобщенного параметра разреза — суммарной продольной проводимости.

Следовательно, в области больших разносов и больших значений времени всю совокупность проводящих пластов можно заменить эквивалентной плоскостью с поверхностью проводимостью  $S$ . Впервые неустановившееся магнитное поле в присутствии проводящей плоскости было изучено С. М. Шейнманом [23].

## § 6. Палетки становления магнитного поля

В предыдущем параграфе были выведены формулы для расчета теоретических кривых становления поля.

С помощью этих формул в лаборатории электроразведки ВНИИГеофизики были выполнены расчеты волновых кривых становления поля для типичных трехслойных и четырехслойных разрезов, а также расчеты кривых поздней стадии (рис. 1).

Всего было рассчитано 62 трехслойные кривые для  $\rho_t = \infty$  и 11 четырехслойных кривых для  $\rho_t = \infty$  (приложение 2). При этом продольные удельные сопротивления промежуточных пластов принимали следующие значения.

Для трехслойных разрезов

$$\frac{\rho_{l_2}}{\rho_{l_1}} = \frac{21}{3}, \frac{3}{7}, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{19}, \frac{3}{2}, \frac{7}{3}, 4, 9, 19.$$

Для четырехслойных разрезов

$$\begin{array}{ll} \frac{\rho_{l_3}}{\rho_{l_1}} = \frac{7}{12}, & \frac{\rho_{l_3}}{\rho_{l_1}} = \frac{1}{4}, \\ \frac{\rho_{l_3}}{\rho_{l_1}} = \frac{39}{9}, & \frac{\rho_{l_3}}{\rho_{l_1}} = \frac{1}{9}, \\ \frac{\rho_{l_3}}{\rho_{l_1}} = \infty, & \frac{\rho_{l_3}}{\rho_{l_1}} = \frac{1}{9}. \end{array}$$

Кроме того, с помощью спектральной функции для двухслойного разреза с подстилающим изолятором, вычисленной на быстродействующей электронной машине под руководством Д. Н. Шахсуварова (Институт физики Земли АН СССР), во-

ВНИИГеофизике была рассчитана двухслойная палетка становления магнитного поля при  $\frac{r}{h_1} = 2,88; 3,43; 4,08; 4,86; 5,76; 6,86; 8,16$  и  $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \infty$  (рис. 2).

Волновые палетки становления поля имеют шифр, первые две буквы которого (ВС) означают «волновые становления».

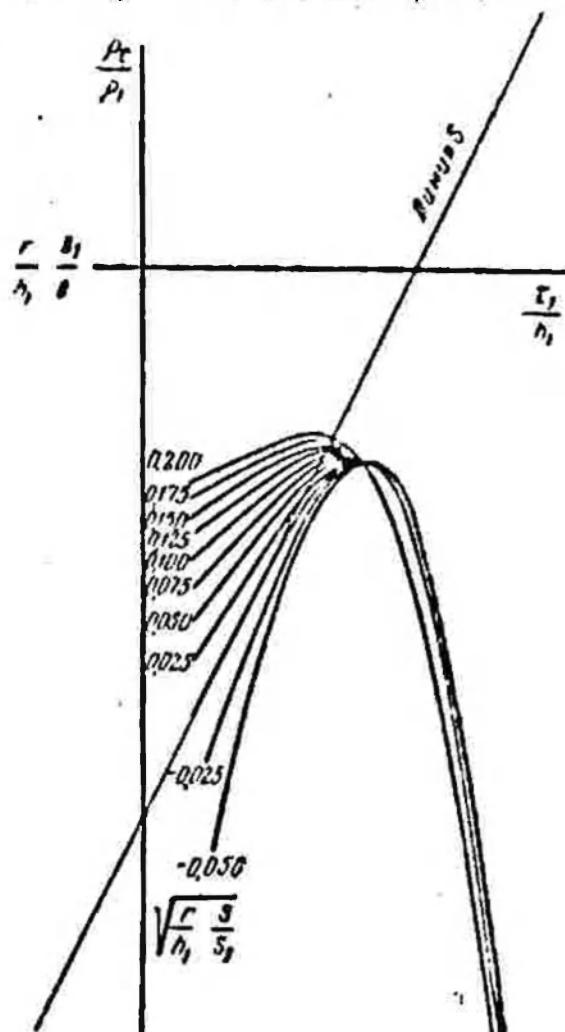


Рис. 1. Палетка поздней стадии становления магнитного поля (па кривых указаны значения параметра  $A$ )

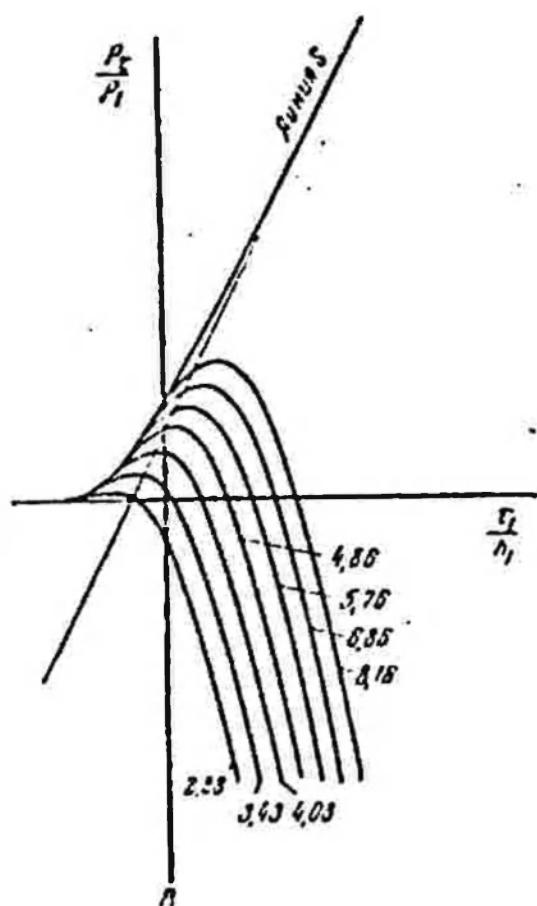


Рис. 2. Двухслойная палетка становления магнитного поля (в кружках указаны значения  $\frac{r}{h_1}$ )

Следующие затем две цифры характеризуют относительное удельное сопротивление, мощность второго пласта, и т. д. Например,  $BC-\frac{1}{4}-1-\infty$  — шифр трехслойной волновой палетки становления поля для разреза с  $\frac{\rho_{1s}}{\rho_{1t}}=\frac{1}{4}$ ,  $\frac{h_2}{h_1}=1$  и  $\rho_3=\infty$ . По горизонтальной оси палетки в логарифмическом масштабе отложено отношение  $\frac{r_1}{h_1}$ , а по вертикальной оси — в логарифмическом масштабе отношение  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ . Ордината горизонтальной оси —

палетки равна 1. За абсциссу вертикальной оси палетки указателя глубины принято значение  $\frac{\tau_1}{h_1} = 8$ .

На каждой палетке собраны кривые с закрепленным  $\frac{P_{I_2}}{P_{I_1}}$  и переменным отношением  $\frac{h_2}{h_1}$ . Шифр такой палетки  $BC - \frac{P_{I_2}}{P_{I_1}} - M - \infty$  (мощность переменная).

Оси палетки поздней стадии отличаются тем, что их координаты зависят от разноса. При изменении последнего палетка поздней стадии смещается, не изменяя своей формы, параллельно координатным осям.

Вертикальная ось палетки поздней стадии имеет абсциссу  $\frac{\tau_1}{h_1} = \sqrt{\frac{r \cdot S}{h_1 \cdot S_1}}$ , а горизонтальная —  $\frac{p_t}{p_1} = \frac{r}{h_1} \cdot \frac{S_1}{S}$ . Каждая кривая оцифрована соответствующим значением  $A$ .

### § 7. Построение кривых становления магнитного поля в дальней зоне

Процесс становления магнитного поля при сравнительно малых временах и больших разносах описывается волновыми кривыми, а при больших временах и больших разносах — кривыми поздней стадии. Следовательно, сочетая волновые кривые и кривые поздней стадии, можно построить кривую становления поля в дальней зоне для любых моментов времени от 0 до  $\infty$ . В качестве исходных величин при этом используются геоэлектрические параметры разреза и значение  $\frac{r}{h_1}$ . Первым этапом построения является расчет волновой кривой или интерполяции между ближайшими палеточными кривыми. Результат расчета наносится на прозрачный бланк ВЭЗ. Затем подсчитывается значение  $A = \frac{r}{h_1} \cdot \frac{S}{S_1} \cdot \lim_{\omega \rightarrow 0} \text{Rep}(\omega)$ , а также отношение  $\frac{r}{h_1} \cdot \frac{S_1}{S}$  и  $\sqrt{\frac{r}{h_1} \cdot \frac{S}{S_1}}$ . Крест палетки поздней стадии помещается в точку с координатами  $\frac{p_t}{p_1} = \frac{r}{h_1} \cdot \frac{S_1}{S}$  и  $\frac{\tau_1}{h_1} = \sqrt{\frac{r}{h_1} \cdot \frac{S}{S_1}}$ .

На бланк переносится кривая для вычисленного значения  $A$  (либо полученная в результате интерполяции). На рис. 3 показано построение кривых становления поля в дальней зоне. Обычно при таком построении волновая кривая плавно переходит в кривую поздней стадии. Однако, если разнос выбран недостаточно большим, кривые могут не сомкнуться. В этом случае средняя часть кривой становления поля получается путем интерполяции. Таким образом, большая часть кривой становления строится с помощью волновой кривой и лишь правая ветвь — с помощью одной из кривых поздней стадии.

Следует отметить, что геоэлектрический разрез совершенно по-разному влияет на волновую и позднюю стадии. Как видно из рассмотрения волновых кривых, они значительно дифференцируются в зависимости от изменения каждого из пара-

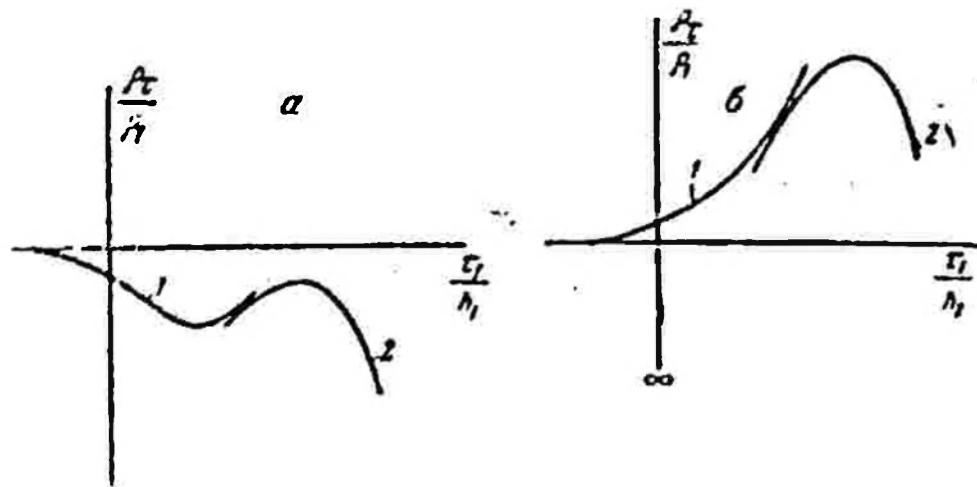


Рис. 3. Построение кривых становления магнитного поля в дальней зоне

$$\text{а)} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{4}, \quad \frac{h_2}{h_1} = 1, \quad r = \infty, \quad \frac{r}{h_1 + h_2} = 7; \quad \text{б)} \frac{\rho_2}{\rho_1} = 4, \quad \frac{h_2}{h_1} = 2, \quad r = \infty, \quad \frac{r}{h_1 + h_2} = 5$$

*1*—волновая кривая, *2*—кривые поздней стадии

метров геоэлектрического разреза. Наоборот, кривые поздней стадии зависят лишь от обобщенных параметров  $S$  и  $A$ , параметры же отдельных пластов не проявляются раздельно на кривых поздней стадии.

### § 8. Анализ теоретических кривых становления магнитного поля

Важнейшим свойством кривых становления поля, определяющим их практическую ценность, является ослабление экранирующего влияния промежуточных пластов высокого удельного сопротивления. В качестве примера рассмотрим четырехслойный разрез с подстилающим изолятором, в котором второй пласт обладает весьма высоким удельным сопротивлением, а  $\rho_2 = \rho_3$ . Поведение кажущегося удельного сопротивления  $\frac{\rho_e}{\rho_1}$  определяется спектральной функцией  $\rho(\omega)$ , а поведение кривой ВЭЗ, как показано в работе [2], зависит от функции  $\bar{R}$ .

Для рассматриваемого случая

$$\rho(\omega) = \operatorname{cth} \left[ \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \operatorname{cth} (\kappa_2 h_2 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} \operatorname{cth} \kappa_1 h_3) \right],$$

$$\bar{R} = \operatorname{cth} \left[ m h_1 + \operatorname{arcth} \frac{\rho_e}{\rho_1} \operatorname{cth} \left( m h_2 + \operatorname{arcth} \frac{\rho_1}{\rho_2} \operatorname{cth} m h_3 \right) \right].$$

Пусть удельное сопротивление второго пласта возрастает, а мощность уменьшается.

Тогда

$$\begin{aligned}\rho(\omega) &= \operatorname{cth} \left[ \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} \cdot \frac{1 + \operatorname{cth} \kappa_2 h_2 \sqrt{\frac{p_1}{p_2}} \operatorname{cth} \kappa_1 h_3}{\operatorname{cth} \kappa_2 h_2 + \sqrt{\frac{p_1}{p_2}} \operatorname{cth} \kappa_1 h_3} \right] \approx \\ &\approx \operatorname{cth} \left[ \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \left( \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} \cdot \frac{1}{\operatorname{cth} \kappa_2 h_2} + \operatorname{cth} \kappa_1 h_3 \right) \right] \approx \\ &\approx \operatorname{cth} [\kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} (\kappa_1 h_2 + \operatorname{cth} \kappa_1 h_3)], \\ \bar{R} &= \operatorname{cth} \left[ m h_1 + \operatorname{arcth} \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{1 + \operatorname{cth} m h_2 \frac{p_1}{p_2} \operatorname{cth} m h_3}{\operatorname{cth} m h_2 + \frac{p_1}{p_2} \operatorname{cth} m h_3} \right] \approx \\ &\approx \operatorname{cth} \left[ m h_1 + \operatorname{arcth} \left( m h_2 \frac{p_2}{p_1} + \operatorname{cth} m h_3 \right) \right].\end{aligned}$$

Основное различие между  $\rho(\omega)$  и  $\bar{R}$  заключается в том, что  $\rho(\omega)$  при сделанных допущениях не зависит от удельного сопротивления экрана. Поэтому при  $h_2 \rightarrow 0$ ,  $\rho(\omega) \approx \operatorname{cth} \kappa_1 (h_1 + h_3)$ , т. е.

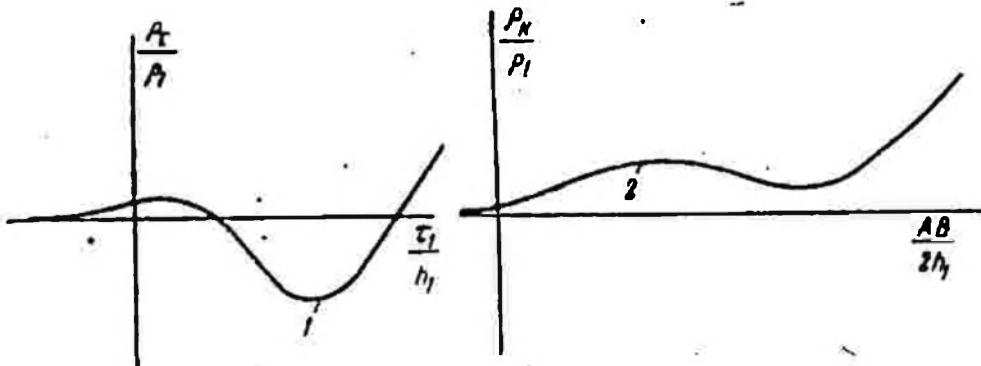


Рис. 4. Сравнение разрешающей способности четырехслойных кривых  $\rho_\tau$  и  $\rho_\kappa$

1 — кривая  $\rho_\tau$  при  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{39}{9}$ ,  $\frac{h_2}{h_1} = 1$ ,  $\frac{p_3}{p_1} = \frac{1}{9}$ ,  $\frac{h_3}{h_1} = 1$ ,  $p_4 = \infty$ ;

2 — кривая  $\rho_\kappa$  при  $\frac{p_2}{p_1} = 4$ ,  $\frac{h_2}{h_1} = 1$ ,  $\frac{p_3}{p_1} = \frac{1}{9}$ ,  $\frac{h_3}{h_1} = 1$ ,  $p_4 = \infty$ .

тонкий экран не влияет на  $\rho(\omega)$  и  $\rho_\tau$ . Наоборот,  $\bar{R}$  зависит от произведения  $T_2 = h_2 \cdot p_2$  и, если  $h_2$  мало, но  $\frac{p_2}{p_1} \rightarrow \infty$ , то  $\bar{R} \approx \operatorname{cth} m h_1$ , т. е. соответствует случаю абсолютного экрашивания. Что касается экранов конечной мощности, то, как показывают теоретические кривые (рис. 4) в методе становления магнитного поля, их влияние существенно ослаблено по сравнению с методом ВЭЗ. Следует отметить [6], что непроводящие пласти

влияют на процесс становления электрического поля столь же сильно, как и на кривые зондирования постоянным током.

Теоретические кривые, показанные на рис. 4, иллюстрируют повышенную разрешающую способность становления магнитного поля по отношению к геоэлектрическим параметрам заэкранированных пластов. Экранирующее влияние второго пласта завышает значение кажущегося удельного сопротивления в минимуме кривой ВЭЗ до  $1,2\rho_1$ , в то время как на кривой становления поля величина  $\rho_{\text{такж}}$  составляет всего лишь  $0,67 \rho_1$ .

Второй отличительной особенностью теоретических кривых становления магнитного поля является исключение влияния анизотропии горизонтальных напластований. Эта особенность становления магнитного поля очевидна, поскольку согласно формулам (25) и (26) кажущееся удельное сопротивление  $\frac{\rho_t}{\rho_1}$  для анизотропного горизонтальнослойного геоэлектрического разреза зависит только от продольных удельных сопротивлений отдельных пластов. Поскольку поперечное удельное сопротивление не входит в формулы, анизотропия не влияет на кривые  $\frac{\rho_t}{\rho_1}$ .

Исследуем некоторые основные черты волновых кривых становления магнитного поля. Рассмотрим левую ветвь кривых, причем будем исходить из основной формулы для кажущегося удельного сопротивления

$$\frac{\rho_t}{\rho_1} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(\omega) \frac{e^{-I\omega t}}{-i\omega} d\omega,$$

где  $\rho(\omega)$  — определяется формулами (25) и (26).

Из этих формул следует, что при достаточно высоких частотах ( $k_1 h_1 \rightarrow \infty$ )  $R_{k-1} \approx 1$ , в результате чего

$$\rho(\omega) \approx \operatorname{ctth}^2 \left( \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_{I_2}}{\rho_{I_1}}} \right).$$

Подставив приближенное выражение спектральной функции в интеграл Фурье, найдем кажущееся удельное сопротивление в области малых времен ( $t \rightarrow 0$ ):

$$\frac{\rho_t}{\rho_1} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \operatorname{ctth}^2 \left( \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_{I_2}}{\rho_{I_1}}} \right) \frac{e^{-I\omega t}}{-i\omega} d\omega.$$

Таким образом, левая ветвь многослойной кривой становления поля зависит лишь от продольных удельных сопротивлений первого и второго пластов, т. е. является двухслойной. Для вы-

числения двухслойной кривой разложим подынтегральную функцию в ряд по степеням  $e^{-2\kappa_1 h_1}$ :

$$\operatorname{cth} \left( \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_{I_2}}{\rho_{I_1}}} \right) = \frac{1 + Q_2 e^{-2\kappa_1 h_1}}{1 - Q_2 e^{-2\kappa_1 h_1}} = 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} Q_2^n e^{-2\kappa_1 h_1 n},$$

$$\text{где } Q_2 = \frac{\sqrt{\rho_{I_2}} - \sqrt{\rho_{I_1}}}{\sqrt{\rho_{I_2}} + \sqrt{\rho_{I_1}}}.$$

Отсюда

$$\begin{aligned} \frac{\rho_\tau}{\rho_{I_1}} &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left( 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} Q_2^n e^{-2\kappa_1 h_1 n} \right)^2 \frac{e^{-t\omega t}}{-t\omega} d\omega = \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left( 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} n Q_2^n e^{-2\kappa_1 h_1 n} \right) \frac{e^{-t\omega t}}{-t\omega} d\omega. \end{aligned}$$

Используя формулу (2), получим

$$\frac{\rho_\tau}{\rho_{I_1}} = 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} n Q_2^n \left[ 1 - \Phi \left( \frac{4\pi n}{\frac{\tau_1}{h_1}} \right) \right].$$

При  $\frac{\tau_1}{h_1} \rightarrow 0$  волновые кривые становления поля имеют горизонтальную асимптоту. Уравнение этой асимптоты легко получить из формулы (2), если учесть, что при  $x \rightarrow \infty$ ,  $\Phi(x) \rightarrow 1$ . Следовательно, при  $\frac{\tau_1}{h_1} \rightarrow 0$ ,  $\frac{\rho_\tau}{\rho_{I_1}} \approx 1$ .

Докажем, что кажущееся удельное сопротивление монотонно приближается к левой асимптоте с ординатой, равной единице.

Для этого необходимо доказать, что  $\frac{\rho_\tau}{\rho_{I_1}}$  убывает при  $Q_2 < 0$  и возрастает при  $Q_2 > 0$  или  $\frac{\frac{\partial \rho_\tau}{\partial \tau_1}}{\frac{\partial \rho_\tau}{\partial h_1}} < 0$  при  $Q_2 < 0$  и  $\frac{\frac{\partial \rho_\tau}{\partial \tau_1}}{\frac{\partial \rho_\tau}{\partial h_1}} > 0$  при  $Q_2 > 0$ .

Из формулы (31) следует, что

$$\begin{aligned} \frac{\partial \frac{\rho_\tau}{\rho_{I_1}}}{\partial \frac{\tau_1}{h_1}} &= \frac{1}{4\pi} \frac{\partial \frac{\rho_\tau}{\rho_{I_1}}}{\partial y} = 4 \sum_{n=1}^{\infty} n Q_2^n \left[ -\frac{\partial}{\partial y} \Phi \left( \frac{n}{y} \right) \right] = \\ &= \frac{16}{V^{2\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n^3}{y^3} Q_2^n e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{n}{y} \right)^2}, \end{aligned} \tag{35}$$

где  $y = 4\pi \frac{\tau_1}{h_1}$ .

При  $Q_2 > 0$  все члены суммы выражения (35) положительны,

а следовательно,  $\frac{\frac{\partial p_t}{\partial \tau_1}}{\frac{p_1}{h_1}} > 0$ . Аналогично можно доказать и монотонное убывание  $\frac{p_t}{p_1}$  при  $Q_2 < 0$ .

Монотонность левой ветви волновых кривых становления поля является важным свойством, обусловливающим простой характер волновых кривых, их наглядность и внешнее сходство с кривыми ВЭЗ. Грубо говоря, пласт относительно низкого продольного удельного сопротивления вызывает понижение  $p_t$ , а пласт высокого удельного сопротивления — повышение  $p_t$ .

Для исследования поведения правой ветви волновых кривых рассмотрим выражение (31) при достаточно больших значениях  $\frac{\tau_1}{h_1}$ . Как следует из формулы (29), при  $\frac{\tau_1}{h_1} \rightarrow \infty$  волновая стадия кривой кажущегося удельного сопротивления может быть приближенно заменена следующим выражением:

$$\frac{p_t}{p_1} = \left( \frac{s_1}{2\pi S} \frac{\tau_1}{h_1} \right)^2.$$

В двойном логарифмическом масштабе уравнение правой асимптоты волновой кривой имеет вид  $\lg \frac{p_t}{p_1} = 2 \lg \frac{\tau_1}{h_1} - 2 \lg \frac{2\pi S}{s_1}$ .

Это уравнение описывает прямую, образующую с осью  $\lg \frac{\tau_1}{h_1}$  угол  $\arctg 2 = 63^\circ 25'$ . Продолжение правой волновой асимптоты пересекает ось  $\lg \frac{p_t}{p_1} = 0$ .

$$\left( \frac{p_t}{p_1} = 1 \right) \text{ в точке, где } \frac{\tau_1}{h_1} = \frac{2\pi S}{s_1}.$$

Важнейшими параметрами трехслойной кривой типа  $H$  является значение абсциссы и ординаты кажущегося удельного сопротивления в минимуме кривой. Анализ волновых теоретических кривых позволяет сделать вывод о том, что при достаточно большой мощности второго слоя абсцисса минимума определяется равенством

$$\left( \frac{\tau_1}{h_1} \right)_{\min} = 3,75 \frac{\frac{H}{h_1}}{\frac{p_{t_0}}{p_{t_1}}} . \quad (36)$$

Для ординаты минимума справедлива формула

$$\left( \frac{p_t}{p_1} \right)_{\min} = - \frac{p_1^2}{p_{t_1} \cdot p_{t_0}}.$$

На рис. 5 представлены графики зависимости отношений

$$\frac{\left(\frac{\tau_1}{n_1}\right)_{\text{мин}}}{\frac{H}{h_1}} \text{ и } \frac{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{\text{мин}}}{\frac{P_1^2}{P_2}} \text{ от } \frac{h_2}{h_1} \quad (37)$$

$$3,75 \frac{\sqrt{\frac{P_2}{P_1}}}{h_1}$$

при различных  $\frac{P_2}{P_1}$ . Эти графики построены на основе анализа волновых теоретических кривых становления магнитного поля. Как видно из рис. 5, равенства (36) и (37) практически выполняются при  $\frac{h_2}{h_1} \geq 1,5$ .

### § 9. Максимальная разрешающая способность кривых становления магнитного поля

Разрешающая способность кривых становления магнитного поля изменяется в зависимости от разноса. Поэтому представляет интерес соотношение времени и разноса, при котором разрешающая способность кривых становления поля будет максимальной. Такой областью является волновая стадия становления поля. Для того чтобы убедиться в этом, рассмотрим формулу (17). Параметры геоэлектрического разреза (кроме удельного сопротивления первого пласта) входят в эту формулу только через функцию  $R_M$ , которая в то же время зависит от параметра интегрирования  $m$ . Продольное удельное сопротивление пласта с номером  $p$  входит в функцию  $R_M$  через радикал  $n_p = \sqrt{m^2 - \frac{1}{\rho_p}}$ . Очевидно, что при определенном изменении  $\rho_p$  радикал изменяется тем

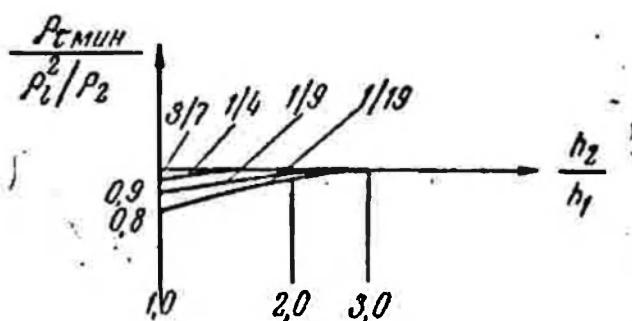
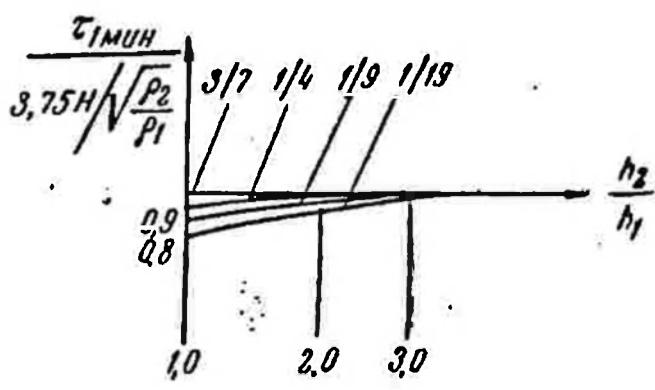


Рис. 5. Графики абсциссы и ординаты минимума трехслойных кривых II (в кругах указаны значения  $\frac{P_2}{P_1}$ )

значительнее, чем меньше величина  $t$ . При  $t=0$  мы будем иметь максимально возможное относительное изменение  $n_p$ . Но, как следует из формулы (18), поведение подынтегральной функции при  $t \rightarrow 0$  определяет характер процесса становления поля при  $r \rightarrow \infty$ . Следовательно, волновые кривые становления поля, которые рассчитываются при  $r \rightarrow \infty$ , могут служить для оценки максимально возможной разрешающей способности метода. При любых конечных разносах разрешающая способность не превышает разрешающей способности волновых кривых.

### § 10. Об эквивалентности кривых становления магнитного поля

При оценке области распространения принципа эквивалентности на кривые становления поля воспользуемся в соответствии с результатами предыдущего раздела волновыми кривыми.

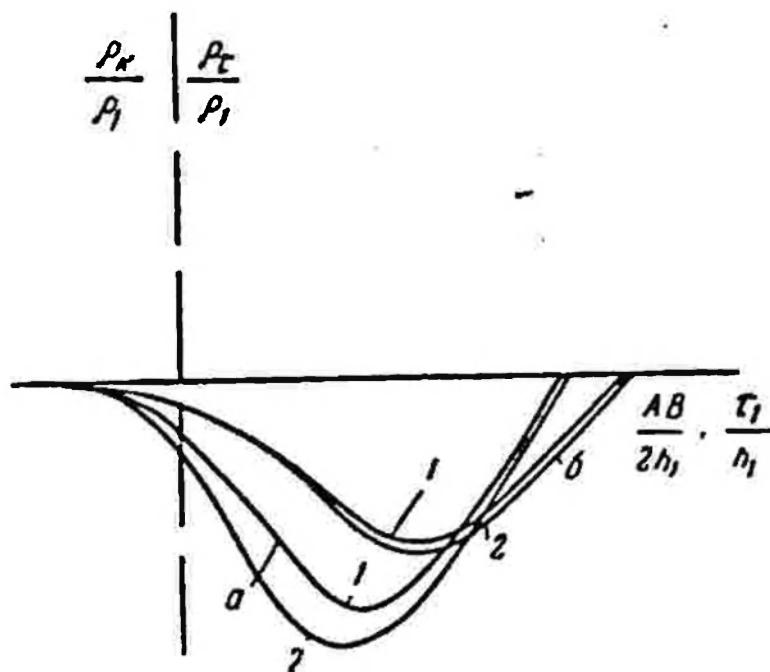


Рис. 6. Сравнение разрешающей способности трехслойных кривых  $\rho_t$  (a) и  $\rho_z$  (б)

$$\frac{\rho_z}{\rho_1} = \frac{1}{9}, \quad \frac{h_2}{h_1} = 1, \quad \text{и} \quad \frac{\rho_t}{\rho_1} = \frac{1}{13}, \quad \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2}, \quad \rho_0 = \infty$$

Покажем на примере трехслойной кривой (типа H), что при достаточно малой мощности второго слоя кривая становления поля зависит только от его продольной проводимости. Рассмотрим спектральную функцию

$$\rho(\omega) = \operatorname{cth} \left( \kappa_1 n_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \cdot \operatorname{cth} \kappa_2 h_2 \right).$$

При  $h_2 \rightarrow 0$

$$\begin{aligned} p(\omega) &\approx \operatorname{cth} \left( \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \cdot \frac{1}{\kappa_2 h_2} \right) \approx \\ &\approx \operatorname{cth} \left( \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \frac{\kappa_2^2 h_2}{\kappa_1} \right) = \operatorname{cth} \left[ \kappa_1 h_1 + \operatorname{arcth} \left( \frac{-i \omega \mu_0 S_2}{\kappa_1} \right) \right]. \end{aligned}$$

Однако эта эквивалентность имеет место при значительно меньших значениях  $\frac{h_2}{h_1}$ , чем в методе ВЭЗ. Сравнение волновых кривых, имеющих одинаковое значение суммарной продольной проводимости, показывает, что они дифференцированы значительно лучше, чем соответствующие кривые  $p_k$  для постоянного тока. В качестве примера на рис. 6 приведены кривые ВЭЗ и становления магнитного поля для двух разрезов.

Геоэлектрические параметры первого разреза  $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{9}$ ;  $\frac{h_2}{h_1} = 1$ ,  $\frac{\rho_3}{\rho_1} = \infty$ ,  $\frac{S}{S_1} = 10$ . Геоэлектрические параметры второго разреза  $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{19}$ ,  $\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2}$ ,  $\frac{\rho_3}{\rho_1} = \infty$ ,  $\frac{S}{S_1} = 9,5$ . Кривые ВЭЗ для этих двух разрезов различаются примерно на 5%, в то время как волновые кривые становления поля — на 40%. Обращает на себя внимание тот факт, что кривые наиболее дифференцированы с области минимума.

## Глава III

### АППАРАТУРА

#### § 1. Регистрация становления магнитного поля

Анализ процесса становления магнитного поля позволил установить, что важнейшими преимуществами метода ЗСП по сравнению с методами ВЭЗ и ДЭЗ на постоянном токе являются: во-первых, резкое уменьшение экранирующего влияния пластов повышенного удельного сопротивления в разрезе при изучении заэкранированных горизонтов; во-вторых, исключение влияния анизотропии горизонтальных напластований. Третьим, основным преимуществом метода ЗСП является возможность получения кривой ЗСП при регистрации процесса становления поля лишь при одном разносе между питающим диполем и приемной установкой.

Из анализа теоретических кривых следует, что с уменьшением разноса разрешающая способность кривых ЗСП быстро падает. Теория и опыт полевых работ показывают, что оптимальными следует считать разносы, превышающие в среднем в пять раз глубину исследований.

Прежде чем перейти к оценке величины сигнала в типичных условиях, преобразуем формулу (23) в вид, удобный для использования в полевых условиях. При этом следует учесть, что наиболее удобным и простым способом измерения скорости изменения магнитного поля является регистрация электродвижущей силы  $e(t)$ , индуцируемой магнитным полем в замкнутом контуре.

Для измерения  $\frac{dB}{dt}$  плоскость приемного контура должна быть горизонтальной. Если площадь приемного контура  $q \text{ м}^2$ , то из формулы (23) получаем

$$\rho_t = \frac{2\pi r^4}{3ABq \cdot \sin \Theta} \cdot \frac{e(t)}{J}. \quad (38)$$

Таким образом, выражение для  $\rho_t$  совпадает по форме с хорошо известным выражением кажущегося удельного сопротив-

ления в методе ВЭЗ  $\rho_b = k \frac{\Delta V}{I}$ . С помощью формулы (38) оценим величину  $e(t)$  для следующих условий:  $\rho_t = 10 \text{ ом} \cdot \text{м}$ ,  $AB = 3 \text{ км}$ ,  $\Theta = 90^\circ$ ,  $r = 15 \text{ км}$ .

Если э. д. с. измеряется в микровольтах, а площадь незаземленного контура — в квадратных километрах, то  $e(t) \approx \approx 0,3 \cdot q \cdot J$ . Следовательно, при площади  $q$ , равной 1 км<sup>2</sup>, и силе тока (по схеме удвоения)  $60a \cdot e(t) = 18 \text{ мкв}$ . Эти цифры дают представление о порядке величин, измеряемых при глубинном зондировании методом становления магнитного поля. Из небольшой величины  $e(t)$ , полученной в результате расчета, следует, что сила питающего тока должна быть не менее 25—30 а, а приведенная площадь приемного контура (т. е. фактическая площадь, помноженная на число витков) должна измеряться квадратными километрами.

## § 2. Соотношение помех и полезного сигнала

Уровень помех в методе ЗСП имеет весьма существенное значение, поскольку для неискаженной записи процесса регистрирующая аппаратура должна быть весьма широкополосной. Помехи, наблюдаемые на осцилограммах, можно разделить на ветровые, промышленные и естественные.

Ветровые помехи являются результатом колебания измерительного контура в постоянном магнитном поле Земли. Эффективным средством борьбы с ними является присыпка кабеля землей.

Промышленные помехи наблюдаются вблизи электросиловых установок (электрифицированные железные дороги, заводы, электрические молотилки и т. п.). Высокочастотные промышленные помехи наблюдаются также на расстоянии 1—2 км от линий связи. Для уменьшения влияния промышленных помех следует удалять измерительную установку от промышленных объектов. При этом расстояние до таких мощных источников помех, как электрифицированные железные дороги, должно быть не менее 10—20 км.

Естественные электромагнитные поля создают помехи, которые можно разделить на низко- и высокочастотные. Низкочастотные вариации вертикального магнитного поля, как правило, не оказывают сильного влияния на записи становления поля. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, в электромагнитных волнах, падающих на Землю из ионосферы, вертикальная компонента магнитного поля мала. Во-вторых, низкочастотные вариации естественного магнитного поля имеют обычно периоды длиннее 20 сек, вследствие чего э. д. с., наводимая ими в измерительном контуре, мала. Высокочастотные естественные помехи имеют частоты свыше 2—3 гц. Они связаны с быстрыми вариациями естественного электромагнитного поля

Земли и с дальними атмосферными разрядами. Средний уровень высокочастотных естественных помех на клеммах контура с  $q \approx 1 \text{ км}^2$  обычно превышает десятки микровольт.

Поэтому при регистрации процессов становления магнитного поля необходимо использование фильтров, ослабляющих влияние высокочастотных помех. Естественно, при этом будет значительноискажаться ранняя стадия становления поля. Фактически в результате фильтрации получают запись конечной стадии становления поля. Поскольку наиболее интенсивные помехи имеют частоты от 2—3 гц и выше, то применяемые фильтры должны обеспечивать неискаженное пропускание частот от 0 до 1 гц. Соответствующую часть кривой становления поля будем называть конечной стадией.

Если частотная характеристика фильтра такова, что частоты ниже  $f_0 = 1 \text{ гц}$  пропускаются практически без искажений, то прямоугольный импульс, поданный на фильтр, не будет искажаться в конечной части при  $t > \frac{0.16}{f_0} = 0.16 \text{ сек}$ . Поэтому под конечной стадией становления магнитного поля принято понимать процессы становления при  $t > 0.1 \text{ сек}$ , считая от момента включения импульса питающего тока.

В зависимости от характера геоэлектрического разреза конечная стадия может включать минимум кривой  $r_t$  и позднюю стадию, либо только позднюю стадию. В случае значительных проводимостей конечная стадия может включать левую ветвь кривой становления.

При глубине опорного горизонта свыше 1,5 км и средних значениях суммарной продольной проводимости не менее 200  $\mu\Omega$  регистрация конечной стадии становления магнитного поля дает сведения о двух обобщенных параметрах геоэлектрического разреза:  $r_{t_{\min}}$  и  $S$ .

Из анализа уровня полезного сигнала и его соотношения с помехами вытекают следующие требования к аппаратуре метода становления.

1. Через питающий диполь с сопротивлением 10—20  $\Omega$  должны пропускаться токи 25—30 а (50—60 а по схеме удвоения).

2. Длительность переходных процессов, возникающих при переключении тока, не должна превышать 0,1 сек.

3. Усилительно-измерительная аппаратура должна позволять регистрировать сигналы величиной в 10—15 мкв в полосе частот 0—1 гц.

4. Входное сопротивление усилителя должно превышать в 10—15 раз сопротивление приемного контура.

В качестве генераторной стадии могут быть использованы стандартные электроразведочные генераторы ЭРГГ-16,5-57 или ЭРГГ-60.

Усиление сигналов становления может быть осуществлено с помощью усилителей типа УМС-1, УС-2, УС-3 и ЭЛУ-61. Усилители ЭЛУ-61 входят в комплект аппаратуры электроразведочных универсальных лабораторий ЭУЛ-60.

### § 3. Блок-схема аппаратуры метода становления магнитного поля

На рис. 7 представлена блок-схема генераторной станции для работ по методу становления магнитного поля. Основное назначение генераторной станции — создание прямоугольных импульсов тока заданной величины и длительности, с фронтом нарастания, не превышающим допустимый.

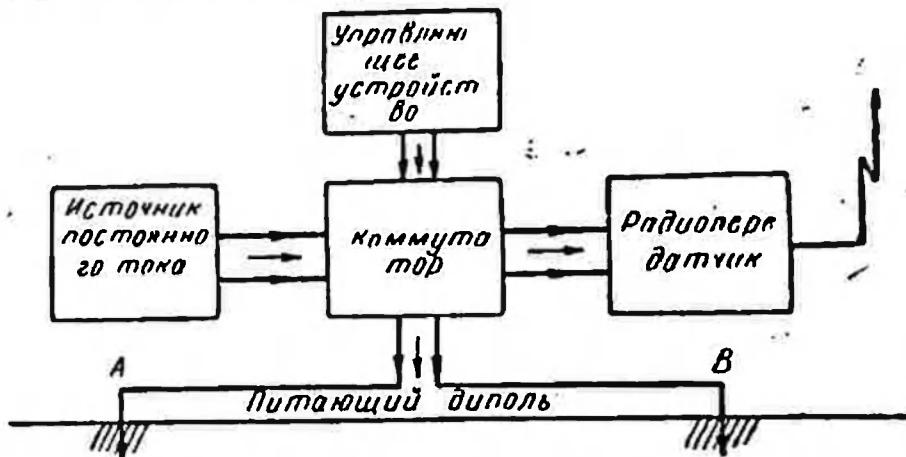


Рис. 7. Блок-схема питающей установки



Рис. 8. Блок-схема приемной станции

Постоянный ток, вырабатываемый электромашинным генератором, поступает на устройство, производящее переключение тока в питающем диполе в заданные моменты времени. В моменты переключения тока в питающем диполе на приемную станцию с помощью радиостанции передаются синхронные импульсы. Тракт радиопередачи синхронных импульсов должен обладать необходимой помехоустойчивостью и достаточно широкой полосой пропускания для уменьшения времени запаздывания синхронного импульса при прохождении его через радиопредающее и радиоприемное устройство.

В качестве коммутирующих устройств могут быть применены разнообразные переключающие системы: механические, электромеханические, ионные и электрооптические.

На рис. 8 дана блок-схема приемной станции, которая предназначена для приема, усиления и регистрации напряжения сигнала становления магнитного поля. В качестве приемника поля используется горизонтальный незаземленный контур. Величина напряжения сигнала, снимаемого с незаземленного приемника поля в обычных условиях, не превышает десятков микровольт. Поэтому усилительное устройство должно иметь весьма малые шумы — не более 1 мкв.

#### § 4. Генераторная аппаратура

В настоящее время почти во всех геологических организациях Советского Союза, проводящих глубинные исследования с применением геофизических методов, имеются электроразведочные генераторные группы типа ЭРГГ-60, ЭРС-23 и ЭРГГ-16,5-57 [13]. Эти генераторные группы предназначены для проведения работ методами постоянного тока, в основном ВЭЗ и ДЭЗ.

Генераторные группы типа ЭРГГ-60 и ЭРС-23 имеют по два генератора постоянного тока типа ПН-100 с nominalным током  $I=25a$ , при напряжении  $U=460$  в nominalная мощность каждого генератора  $P=11,5$  квт. Генераторы могут отдавать ток в нагрузку, работая последовательно или параллельно. В схеме генераторной группы имеется коммутирующее устройство, позволяющее изменять полярность тока в цепи нагрузки. Коммутатор выполнен на четырех стандартных контакторах типа КИ-1. В режиме переключения прямоугольный импульс тока обычно имеет фронт нарастания около 0,1—0,15 сек, а при тщательной регулировке может быть доведен до нескольких сотых долей секунды.

При переключении происходит размыкание первой группы и замыкание второй группы контактов. Процесс размыкания длится около 0,01—0,05 сек, замыкания — 0,07—0,10 сек. Благодаря тому, что время размыкания меньше, чем время замыкания, исключается возможность короткого замыкания генераторов через контакторы (т. е. обе группы контактов никогда не оказываются включенными одновременно).

Однако при работе с максимальной мощностью при неизвестных дугогасительных камерах возможно замыкание генераторов через дугу. Это приводит к обгоранию контактов, а также увеличивает время нарастания переднего фронта импульса тока. Благодаря разнице времени размыкания и замыкания генераторы оказываются разгруженными на какое-то весьма малое время, и напряжение на их выходе увеличивается. Разгружается также двигатель машины, а число оборотов его увеличивается. Это приводит к тому, что после переключения контакторов возникает переходный процесс в системе двигатель — генераторы ПН-100, и ток в диполе в течение нескольки-

ких десятых долей секунды изменяется в пределах нескольких процентов.

Время нарастания переднего фронта импульса тока при переключении можно уменьшить до 0,05 сек. Для этого увеличивается напряжение питания втягивающих катушек контакторов в момент замыкания до 24 в; увеличивается натяжение возвращающих пружин, применяется предварительное подмагничивание и уменьшается напряжение питания втягивающих катушек к моменту размыкания до 7—8 в.

Следует отметить, что с помощью контакторов КП-1 можно добиться фронта нарастания порядка 0,01 сек. Для этого надо отказаться от схемы удвоения и работать с балластной нагрузкой на линию. При этом время срабатывания и опускания контактов уже не имеет значения. На крутизну переднего фронта импульса тока в этом случае влияет лишь время смыкания контакторов — от момента касания неровностями контактных поверхностей до полного контакта (это время не превышает нескольких миллисекунд). Переходный процесс возникает при разгрузке генераторов и закорачивании их дугой (при близких временах замыкания — размыкания контакторов, когда разница времен меньше 0,01 сек). Длительность заднего фронта оказывается несколько большей за счет дуги, возникающей при размыкании.

Генераторная группа типа ЭРС-16,5-57 отличается от генераторной группы типа ЭРГГ-60 и ЭРС-23 тем, что в ней имеется один генератор типа ПН-145 ( $I=33$  а,  $U=460$  в,  $P=16,5$  кват).

Таким образом, стандартные генераторные установки успешно могут быть использованы для работы по методу становления магнитного поля.

## § 5. Измерительная аппаратура

Существуют два пути усиления медленно меняющихся напряжений: непосредственное усиление с помощью электрониполамповых или полупроводниковых усилителей и усиление с преобразованием постоянного напряжения в переменное с последующим усилением и детектированием.

Непосредственное усиление напряжений на уровне единиц микровольт не может быть проведено высококачественно, так как собственные шумы усилителей с непосредственной связью весьма велики и практически не могут быть сделаны ниже нескольких десятков микровольт.

Имеется большое число разнообразных схемных решений усилителей постоянного напряжения, работающих на принципе преобразования постоянного напряжения в переменное, амплитуда или частота которого пропорциональна входному напряжению, с последующим усилением переменного напряжения, детектированием его и восстановлением формы огибающей входного

напряжения с помощью соответствующего низкочастотного фильтра. Усилители с преобразованием, как правило, отличаются от усилителей с непосредственным усилением большой стабильностью коэффициента усиления, меньшим дрейфом и шумами в несколько десятых или даже сотых долей микровольта в лучших образцах.

Преобразование может быть осуществлено с помощью электронных ламп. Преобразователи на электронных лампах выполняются обычно по схемам балансных модуляторов, мультивибраторов, блокинг-генераторов и различных ключевых схем. Основным недостатком электронноламповых модуляторов является сравнительно большой минимальный входной сигнал — единицы и даже десятки милливольт, сравнительно большие шумы, весьма ограничивающий динамический диапазон входных напряжений.

Существует большое число преобразователей, выполненных на полупроводниках. Схемы преобразователей в большинстве своем аналогичны электронноламповым, но есть и специфические, использующие различные свойства полупроводников. Интересны и перспективны преобразователи, основанные на использовании эффекта Холла — изменения проводимости полупроводников и сверхпроводников в переменном магнитном поле. Однако с помощью полупроводниковых преобразователей чрезвычайно сложно в настоящее время создать усилители с уровнем собственных шумов в единицы микровольт и малым температурным дрейфом.

Изменение входного сопротивления четырехполюсника, а следовательно, изменение входного тока, может быть достигнуто применением различных фоточувствительных элементов: вакуумных и полупроводниковых фотоэлементов и фотосопротивлений, освещаемых модулированным световым потоком.

Крупным недостатком фотосхем являются большие паразитные и темновые термо-Э. Д. С. (единицы милливольт), нестабильные во времени, сравнительно большой дрейф величины сопротивления и малый коэффициент преобразования.

Кроме того, существует обширный класс гальвано-фотоэлектрических преобразователей, принцип работы которых состоит в том, что микроперемещения зеркала гальванометра, включенного в измерительную цепь, вызывая изменения освещенности фоточувствительного элемента, приводят к изменениям тока в его цепи. Если световой поток, освещающий зеркало гальванометра, промодулирован, то ток на выходе фоточувствительного элемента будет переменный и может быть усилен до необходимой величины.

Основным недостатком гальвано-фотоэлектрических усилителей является их малая виброустойчивость, трудность в настройке и в эксплуатации, весьма большой дрейф и сравнительно малое входное сопротивление.

Существуют усилители постоянного тока с различными магнитными модуляторами. Основным недостатком магнитных модуляторов постоянного тока является большой температурный дрейф, малое входное сопротивление (в лучшем случае сотни ом).

Для усиления постоянных токов малой величины, получаемых от высокоомных источников, широко применяются конденсаторные преобразователи (преобразователи с так называемым динамическим конденсатором).

Эффект преобразования получается в результате периодического изменения емкости конденсатора. Изменение емкости последнего может быть достигнуто за счет механического перемещения одной из пластин или чисто электрическим путем, используя варикоиды.

Недостатками преобразователей с динамическими конденсаторами и диэлектрических преобразователей являются сравнительно большой дрейф нуля (несколько десятков микровольт в час) и малый коэффициент преобразования.

Наибольшее распространение получили контактные преобразователи: электромеханические (вибрационные), электродинамические, электропневматические и с приводом от электродвигателя. Основное достоинство контактных преобразователей состоит в их исключительно высокой стабильности нуля (дрейф единицы микровольт в час), малых собственных шумах и возможности получать большие входные сопротивления. С контактными преобразователями возможно создание усилителей постоянного напряжения с пороговой чувствительностью в сотые доли микровольта (правда, при большой постоянной времени — порядка единиц и даже десятков секунд).

Недостатком контактных преобразователей является механическая нестабильность (срок их службы обычно несколько сотен часов) и сложная регулировка, которая должна производиться периодически. Однако большие преимущества контактных преобразователей заставляют в большинстве случаев мириться с указанными недостатками.

Как отмечалось в § 2, в настоящее время для регистрации поздней стадии становления магнитного поля применяются усилители УМС-1, УС-2, УС-3 и ЭЛУ-61, разработанные лабораторией электроразведки ВНИИГеофизики.

В основу работы усилителей положен принцип электромеханического преобразования входного низкочастотного напряжения сигнала в переменное прямоугольное напряжение с частотой около 550 гц, амплитуда которого пропорциональна входному напряжению. Полученное после преобразования переменное напряжение усиливается с помощью обычного усилителя переменного тока до необходимой величины и затем детектируется. Высокочастотная составляющая выпрямленного напряжения фильтруется с помощью обычного емкостного фильтра, и на

регистрирующий гальванометр поступает лишь низкочастотное напряжение усиленного сигнала.

Полоса пропускания усилителя в области очень низких частот ограничена дрейфом коэффициента усиления усилителя и изменением параметров электромеханического преобразователя. В нормально отрегулированном усилителе дрейф составляет 3—5 мкв/час.

В области верхних частот полоса пропускания ограничивается частотой преобразования, постоянной времени входной цепи, параметрами фильтра выпрямителя и регистрирующего гальванометра.

Так как при преобразовании происходит квантование сигнала (т. е. сигнал исследуется не непрерывно, а через определенные промежутки времени), то частота преобразования должна быть значительно выше частоты усиливаемого сигнала. Если частота преобразования  $f_1$ , а частота сигнала  $f_2$ , то в каждый период напряжение сигнала исследуется в  $\frac{f_1}{2f_2}$  точках. Продолжительность наблюдения в каждой точке  $\frac{1}{2f_1}$ . Естественно, что чем большее отношение частот, тем точнее будет исследование.

Постоянная времени входной цепи должна быть значительно меньше, чем период самой верхней частоты, подлежащей усилению. Этим же условиям должны удовлетворять и параметры фильтра.

Резонансная частота регистрирующего гальванометра должна быть значительно выше самой верхней частоты сигнала (табл. 2).

Таблица 2

| Параметры усилителей   | УМС-1     | УС-2      | УС-3      | ЭЛУ-61    |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Полоса пропускания с неравномерностью $\pm 5\%$ , Гц           | 0—4       | 0—10      | 0—15      | 0—10      |
| Номинальная чувствительность, мкв/м.м                          | 1,0       | 1,0       | 0,5       | 1,0       |
| Собственные шумы, приведенные ко входу (среднее значение), мкв | 1,0       | 2,0       | 0,5       | 1,0       |
| Приведенное входное сопротивление, к.ом                        | 600       | 300       | 40—300    | 20—1000   |
| Параметры регистрирующего гальванометра:                       |           |           |           |           |
| $A_0$ , м/м.м  | $10^{-8}$ | $10^{-6}$ | $10^{-6}$ | $10^{-6}$ |
| $f_{рез}$ , Гц   | 15        | 130       | 130       | 130       |
| $R_L$ , о.м  | 500       | 30        | 30        | 30        |
| Тип преобразователя  | РПБ-4     | ВП-55     | ВП-55     | РП-4      |

На рис. 9 приведена блок-схема усилителя для записи становления магнитного поля (УМС-1). Работа усилителя происходит следующим образом. Пусть в начальный момент замкнуты контакты 2—3 преобразователя. Происходит заряд входного конденсатора  $C_1$ , в результате чего на сопротивлении  $R_1$  появляется напряжение  $U_3$ , которое усиливается и идет на зарядку промежуточного выходного конденсатора  $C_2$ . Процесс заряда длится  $1/2 f_1$  сек. Затем реле перебрасывается и замыкаются контакты 1—2. Начинается разряд конденсатора  $C_1$ , и на сопротивлении  $R_1$  появляется напряжение разряда. Полярность этого напряжения противоположна напряжению заряда.

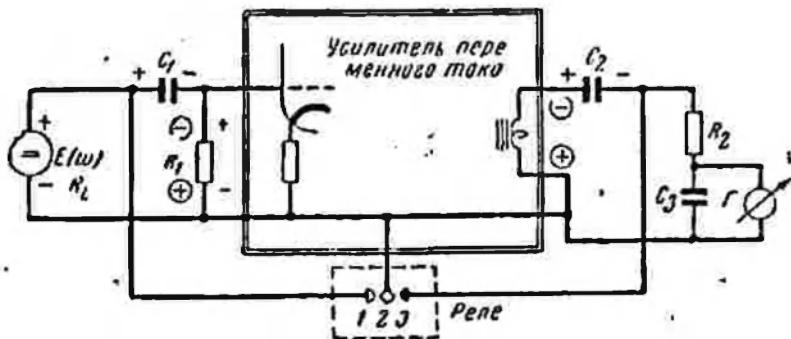


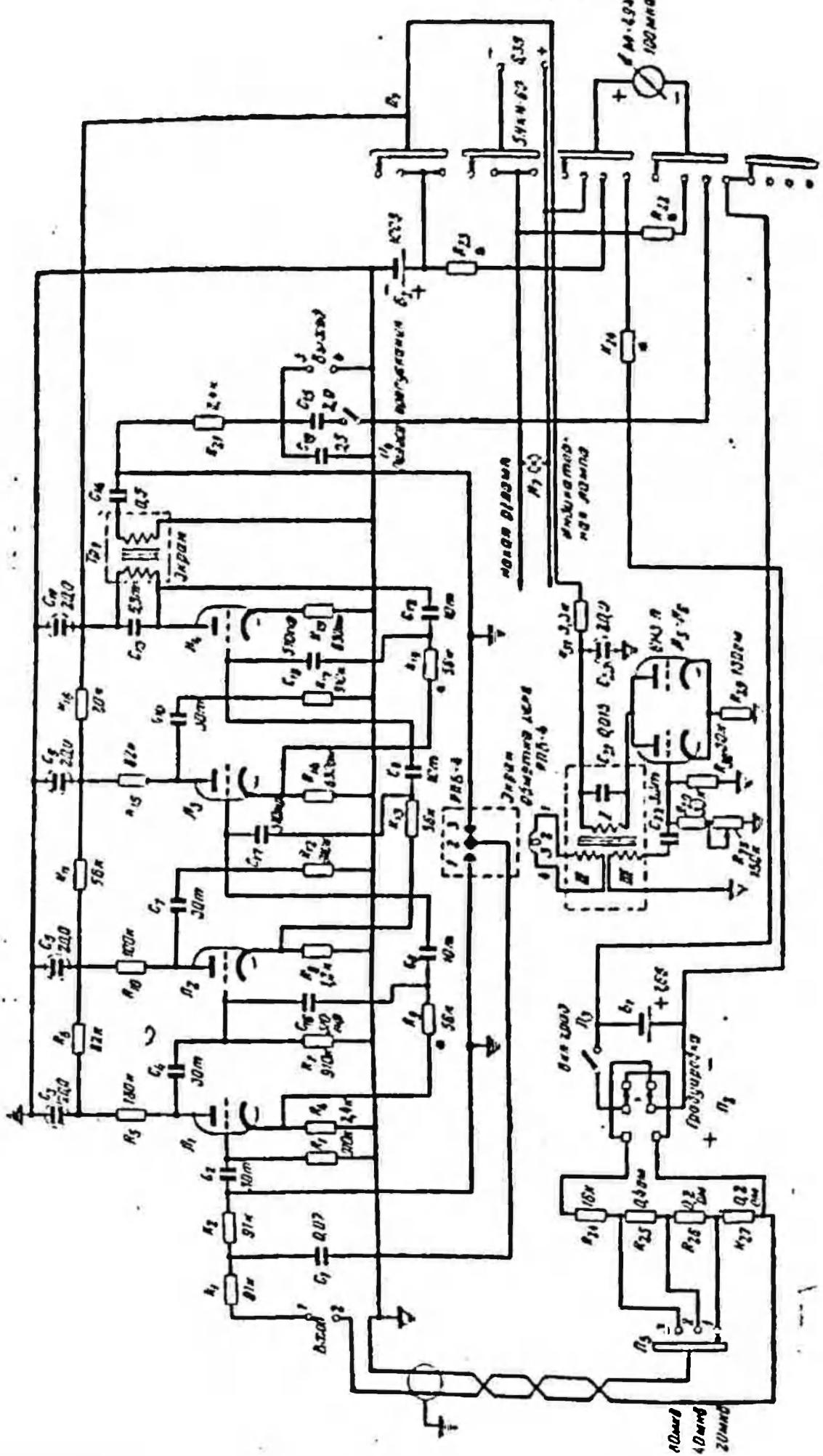
Рис. 9. Блок-схема УМС-1

Напряжение заряда усиливается и поступает на выход усилителя. Начинается процесс заряда выходного конденсатора  $C_3$ . Напряжение, которым заряжается конденсатор  $C_3$ , равно сумме двух напряжений: напряжения, накопленного конденсатором  $C_2$  за период заряда входного конденсатора (контакты 2—3 замкнуты) и напряжения разряда входного конденсатора (контакты 1—2 замкнуты). В установившемся режиме работы напряжения заряда и разряда равны, поэтому выходной конденсатор  $C_3$  заряжается удвоенным напряжением. Таким образом, в схеме усилителя имеются две накопительные емкости, которые заряжаются в течение первого периода коммутации реле и отдают накопленный заряд третьему конденсатору  $C_3$  во втором периоде коммутации.

Наличие в схеме усилителя трех накопительных ячеек делает спад частотной характеристики усилителя вне области используемых частот весьма крутым, благодаря чему повышается помехоустойчивость.

На рис. 10 приведена принципиальная схема усилителя УМС-1. Усилитель переменного тока собран на двух двойных пальчиковых триодах типа 6Н3П (Л<sub>1</sub>—Л<sub>4</sub>). Полоса пропускания усилителя переменного тока 400—700 гц и может быть изменена с помощью цепей отрицательной частотнозависимой обратной связи. Стабилизация режима работы усилительных ламп осуществляется сопротивлениями  $R_4$ ,  $R_8$ ,  $R_{14}$  и  $R_{19}$ , стоящими

Рис. 10. Принципиальная схема УМС-1



в катодных цепях и поэтому создающими отрицательную обратную связь.

В качестве реле-преобразователя применяется поляризованное реле типа РПБ-4. Контактная пара 1—2 служит для преобразования входного низкочастотного напряжения сигнала в прямогоугольное переменное напряжение, пара 2—3—для выпрямления усиленного переменного напряжения.

На входе усилителя переменного тока стоит  $RC$  фильтр ( $R_1, C_1, R_2$ ), назначение которого—ослабить наводку на проводе входной цепи от выходных цепей и цепи задающего генератора, вырабатывающего ток для питания обмотки возбуждения реле.

Частота коммутации реле принята равной 500  $\text{гц}$  и может в некоторых пределах ( $\pm 50 \text{ гц}$ ) регулироваться с помощью переменного сопротивления  $R_{28}$ . Необходимость изменения частоты возникает обычно при регулировке реле.

Градуировочное устройство имеет калиброванный делитель напряжения и источник тока, сухой элемент типа «Сатурн» с начальной емкостью около 3  $\mu\text{Фас}$ . Это напряжение может контролироваться с помощью стрелочного измерительного прибора. С целью уменьшения утечек градуировочное напряжение подается в разрыв земляного провода, несущего входной сигнал.

Аподное питание усилителя осуществляется от одной батареи типа 100-АМГЦ-2 (БАС-80). Для устранения возможности самовозбуждения усилителя за счет общего источника питания применены  $RC$  фильтры ( $R_6C_3, R_{11}C_5, R_{16}C_9, R_{16}C_{11}, R_{31}C_{20}$ ).

Накальные цепи питаются от одного аккумулятора типа 5НКН-60.

Для уменьшения утечек шасси усилителя изолируется от кожуха. Накальные провода на шасси усилителя не заземляются.

Усилитель УС-2 является модернизацией усилителя УМС-1. Модернизация усилителя сводится к применению специального реле-преобразователя — резонансного вибрационного преобразователя типа ВП-55, параметры которого несомненно лучше и стабильнее, чем у реле типа РПБ-4. Правда, использование резонансных явлений в электротехнической системе реле делает первоначальную регулировку реле весьма сложной и дребезг при регулировке устраивается не полностью, однако отрегулированное реле работает очень стablyно и устойчиво к вибрациям и ударам.

Если в УМС-1 регистрация осуществлялась на гальванометре типа  $\Delta V$ , то в УС-2 используется токовый гальванометр, благодаря чему существенно расширилась полоса пропускания усилительного устройства в целом и уменьшились помехи на записи от толчков машины, вызывающих колебания гальванометра. В УС-2 имеется регулировка усиления, позволяющая изменить чувствительность усилителя в пределах от 0,5 до 5  $\mu\text{вт}/\text{мм}$ .

На рис. 11 дается блок-схема УС-2. Работа усилителя проходит следующим образом. Пусть в начальный момент замкнуты контакты 2—3 реле. Происходит заряд входного конденсатора  $C_1$ ; на сопротивлении  $R_1$  появляется напряжение, которое усиливается и идет на заряд входного конденсатора  $C_2$ . Процесс зарядки длится  $1/1100$  сек, затем замыкаются контакты 1—2 и происходит разрядка входного конденсатора и выходного. Таким образом, здесь схема однотактная, используется только напряжение заряда.

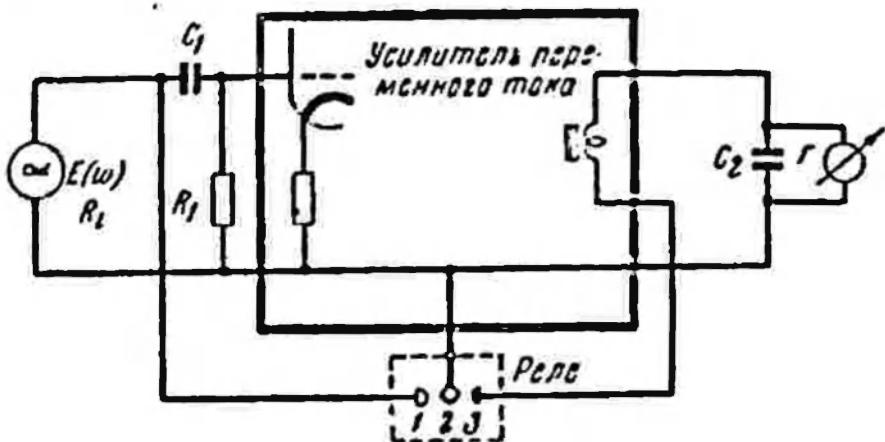


Рис. 11. Блок-схема УС-2

На рис. 12 приведена принципиальная схема УС-2; в схеме усилителя переменного тока используются пальчиковые пентоды типа БЖБП и БЖЗП. Первый каскад выполнен на лампе БЖЗП, имеющей малые собственные шумы. Последующие два каскада собраны на пентодах БЖ5П. Полоса пропускания усилителя переменного тока в области высоких частот ограничивается с помощью конденсаторов  $C_4, C_6$ , стоящих в цепи частотно-зависимой отрицательной обратной связи. Благодаря этому снижаются собственные шумы усилительной схемы.

В настроенном усилителе, при правильной регулировке реле-преобразователя, среднее значение шумов не превышает 1 мкв. В отдельные моменты времени на записи появляются «всплески» шума. Амплитуды их обычно не превышают 2 мкв. Шумы усилителя создаются в основном на контактах реле и вызываются быстрыми изменениями контактных поверхностей, появлением контактной разности потенциалов, окислением контактов и «пробоем» окисной пленки, изменением эффективной площади контакта, появлением перегулярного дребезга контактов и т. п.

Реле-преобразователь необходимо оберегать от сырости. Для этого после регулировки реле должно быть обязательно закрыто, щипцы затянуты и место сочленения реле с кожухом-экраном залито парафином или коллоидом.

Градуировочное устройство УС-2 выполнено аналогично градуировочному устройству в УМС-1, за исключением того, что

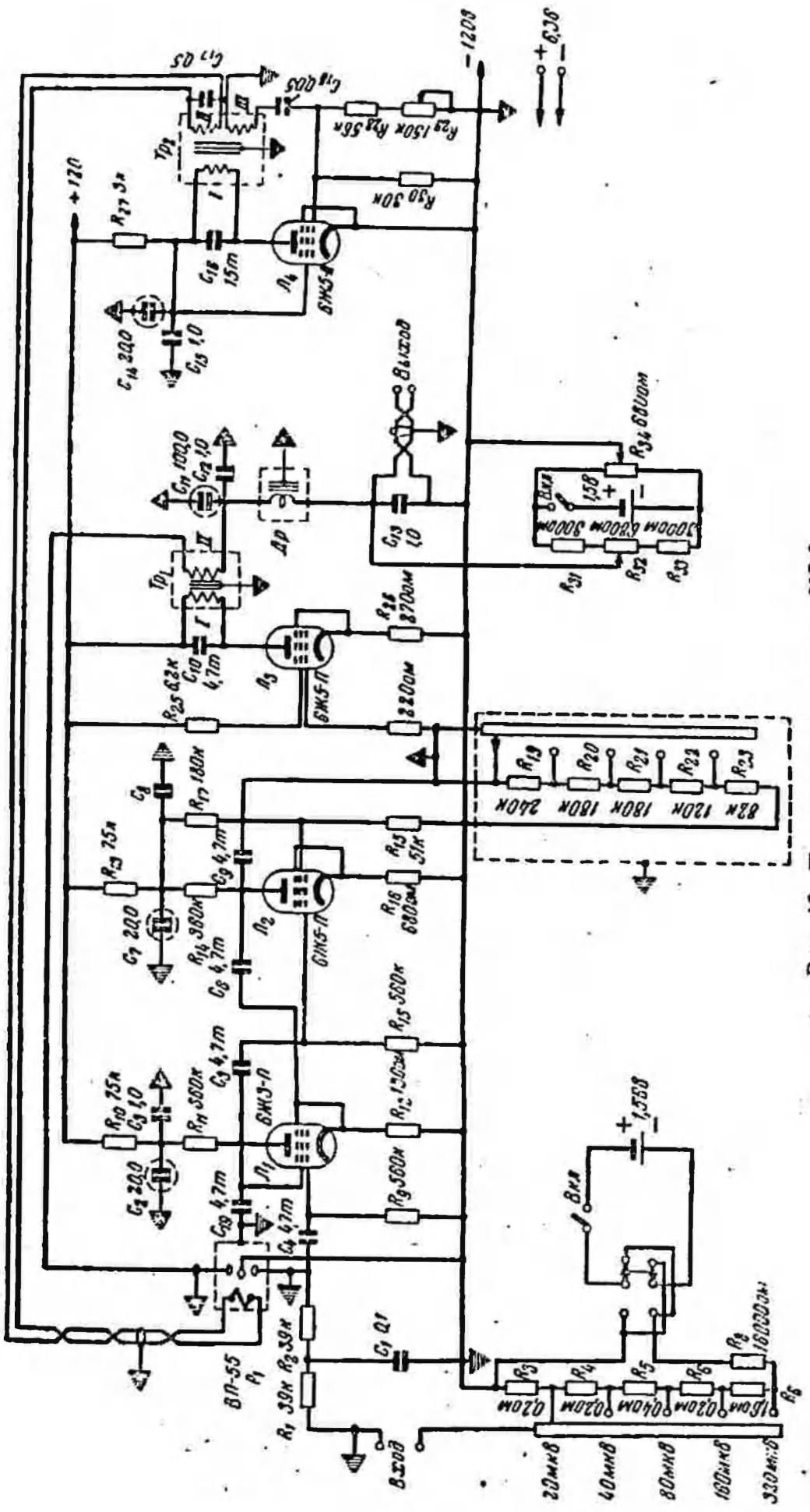


Рис. 12. Принципиальная схема УС-2

прямоугольные градуировочные импульсы в УС-2 создаются с помощью реле, замыкающего цепь градуировочной батарейки. В УМС-1 прямоугольный импульс создается переключением тумблера. Однако переключение тумблера может вызывать микрофонный эффект в усилительных лампах, проявляющийся на записи как импульсная помеха.

Так как регистрация осуществляется на токовый гальванометр, а в осциллографах типа ЭПО в токовом канале нет электрической установки пуля, то в УС-2 имеется корректор пуля.

Конструктивно усилитель выполняется в виде коробчатого шасси, заключенного в стальной кожух-экран. Шасси изолировано от кожуха звонкитовыми прокладками.

Модернизацией УС-2 является усилитель типа УС-3 (рис. 13), отличающийся от предыдущих макетов усилителей тем, что на входе имеет компенсатор поляризации, а усилитель переменного преобразованного напряжения является избирательным, настроенным на частоту коммутации вибропреобразователя; в значительной мере повышенное напряжение питания вибропреобразователя и применение  $RC$ -схема задающего генератора, обладающая большой стабильностью по частоте. Благодаря этому удалось спустить уровень собственных шумов усилителя до 0,3—0,5 мкв (среднее значение) при примерно одинаковых с УС-2 остальных параметрах.

Усиленный до необходимой величины сигнал регистрируется с помощью электроразведочных полевых осциллографов типа ЭПО-4, ЭПО-5, ЭПО-7Б.

С 1961 г. Мытищинский приборостроительный завод Мособлсовнархоза приступил к выпуску электроразведочных универсальных лабораторий ЭУЛ-60, предназначенных для проведения электроразведочных работ методами ВЭЗ, ДЭЗ-6, ТТ и ЗСП. Аппаратура ЭУЛ-60 разработана лабораторией электроразведки ВНИИГеофизики.

Для обеспечения работ по методу ЗСП, а также по методам ТТ и ДЭЗ, в плохих условиях заземления приемных электродов в лаборатории имеются два универсальных ламповых усилителя типа ЭЛУ-61.

Усилитель ЭЛУ-61, схема которого приводится на рис. 14, является усилителем постоянного тока с электромеханическим преобразователем. В целом схема усилителя — автокомпенсационная, подобна схеме ЭДА-57, разработанного в ИМА УССР под руководством К. Б. Карапеева и Л. Я. Мизюка.

Номинальная чувствительность усилителя 1 мкв/мм и может изменяться ступенчато в пределах от 1—16 мкв/мм. Изменение чувствительности достигается изменением глубины отрицательной обратной связи.

В схеме усилителя предусмотрена регулировка полосы пропускания в весьма широких пределах. Это позволяет в каждом конкретном случае применения ЭЛУ-61 выбирать оптимальную

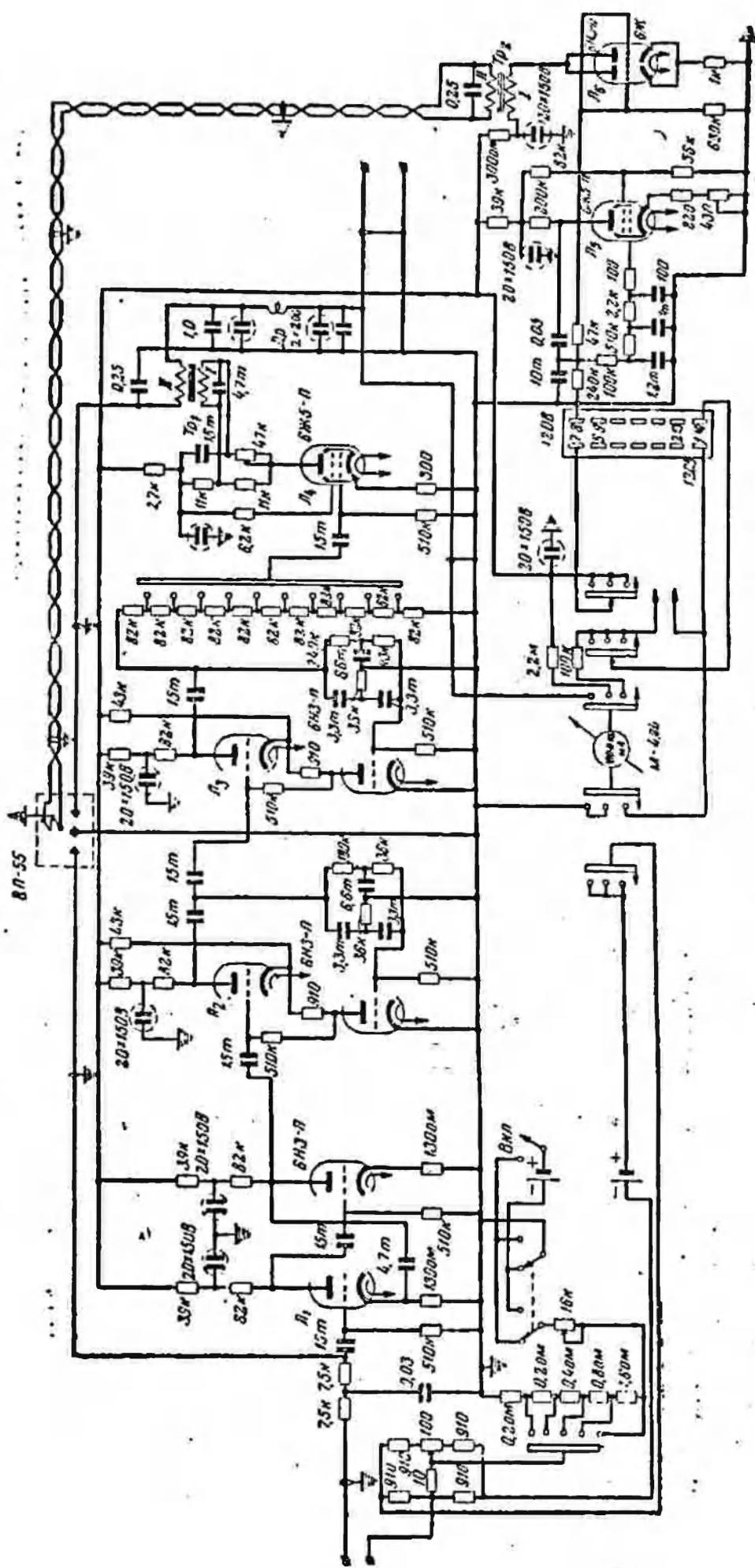
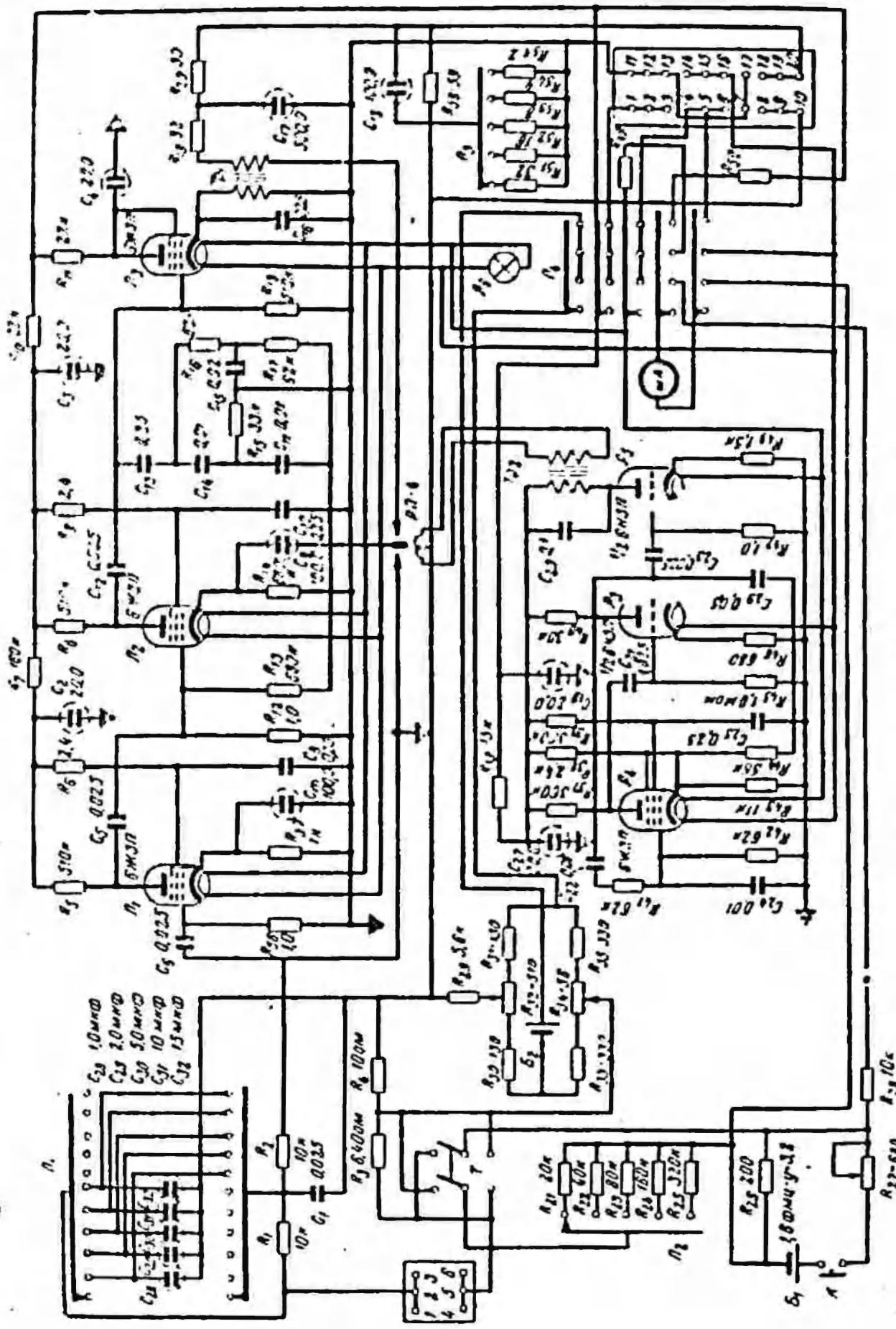


Рис. 13. Принципиальная схема УС-3

Рис. 14. Принципиальная схема ЭЛУ-61



полосу пропускания. Регулировка полосы пропускания осуществляется изменением постоянной времени входной цепи. Это в общем не является правильным, ибо изменение постоянной времени приводит к изменению приведенного входного сопротивления усилителя, кроме того, так как в схеме имеется весьма глубокая отрицательная обратная связь, может привести к значительному искривлению фазовой характеристики усилителя и даже к самовозбуждению его. И действительно, при изменении емкости конденсаторов на входе усилителя меняется характер обратной связи — из отрицательной (малая величина емкости) она превращается в комплексную, положительно-отрицательную обратную связь. При этом самовозбуждения может и не произойти, но линейность фазово-частотной характеристики может быть существенно нарушена, в результате чего импульс сигнала становления в большей или меньшей степени искажится. Этот неприятный эффект незначителен лишь при малых внутренних сопротивлениях источника сигнала.

В усилителе имеется градуированное устройство, позволяющее вводить последовательно с источником сигнала электрические прямоугольные импульсы величиной в 20, 40, 80, 160, 320 мкв. Постоянная составляющая сигнала (э. д. с. поляризации приемных электродов) может быть скомпенсирована на входе усилителя специальным компенсационным устройством.

В качестве преобразователя в ЭЛУ используется стандартное телеграфное реле типа РП-4. Питание преобразователя осуществляется от специального RC-задающего генератора, работающего на частоте 230 гц.

Усилитель переменного преобразованного напряжения выполнен на трех усилительных пентодах типа БЖЗП. Во втором каскаде имеется частотозависимая отрицательная обратная связь через двойной Т-образный мост, благодаря чему усилитель становится избирательным. Это в некоторой степени снижает собственные шумы усилителя переменного преобразованного напряжения и шумы, возникающие при преобразовании.

## § 6. Особенности работы преобразователей

Основным элементом усилителей, определяющим их работу, являются преобразователи. На рис. 15 приводится упрощенная схема входной цепи усилителя постоянного тока с однотактным электромеханическим преобразователем. Поскольку в общем случае время, в течение которого контакты преобразователя замкнуты, отличается от вре-

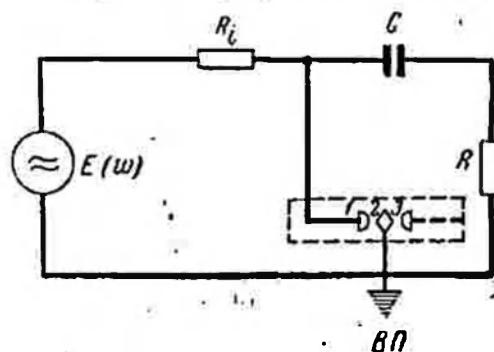


Рис. 15. Схема входной цепи усилителя

мени, в течение которого они разомкнуты, целесообразно ввести коэффициент скважности  $\gamma$ .

$$\gamma = \frac{\text{время в разомкнутой состоянию}}{\text{период коммутации}}.$$

Отсюда, что  $0 < \gamma < 1$ .

Если считать, что замыкание пакоротко источника напряжения сигнала  $E(\omega)$  и размыкание его не сопровождаются никакими переходными процессами, то источник напряжения сигнала  $E(\omega)$  можно представить в виде эквивалентного генератора прямогоугольного напряжения с частотой коммутации  $f_s = \frac{1}{T_k}$  и амплитудой, изменяющейся в соответствии с сигналом  $E(\omega)$ .

За период коммутации контактов преобразователя происходят следующие процессы:

1) заряд конденсатора  $C$  от источника  $E(\omega)$ ; при этом контакты прерывателя разомкнуты в течение  $t_1 = \gamma T_k$ ;

2) разряд конденсатора  $C$ ; контакты прерывателя замкнуты; процесс длится  $t_2 = T_k - t_1 = T_k \cdot (1 - \gamma)$ .

Как показывает анализ работы преобразователя [4]:

а) длительность переходного процесса во входной цепи преобразователя определяется в основном постоянной времени цепи и практически не зависит ни от частоты коммутации, ни от скважности работы преобразователя;

б) при преобразовании, помимо основного фазового сдвига между гармониками преобразованного напряжения и напряжением возбуждения, определяемого параметрами электромеханической системы преобразователя, возникает дополнительный сдвиг фаз, зависящий от параметров входной  $RC$  цепи. Этот фазовый сдвиг должен быть обязательно скомпенсирован, так как в усилителях применяется синхронное детектирование (как известно, синхронный детектор имеет максимум коэффициента передачи при синфазности или противофазности напряжения полезного и опорного сигналов);

в) наличие гармоник в функции преобразования приводит к тому, что энергия сигнала распределяется по спектру дискретно, в соответствии с гармониками функции преобразователя;

г) уменьшая постоянную времени входной цепи, можно так изменить форму преобразованного напряжения, что амплитуды высших гармоник станут сравнимы или даже больше амплитуды основной первой гармоники.

Для усиления сигнала необходима полоса частот

$$\Delta F \approx N \omega_k,$$

где  $N$  — номер гармоники функции преобразования, амплитудой которой по сравнению с первой гармоникой нельзя пренебрегать.

В связи с тем что обычно  $\omega_s >> \omega_r$ , энергия сигнала оказывается сосредоточенной лишь в небольших участках спектра. В усилителях с относительно большим уровнем входных сигналов — выше 1 мв — расширение полосы не имеет существенного значения.

В высокочувствительных усилителях, работающих с сигналами на уровне единиц микровольт, вопрос ширины полосы пропускания имеет принципиальное значение, ибо излишне широкая полоса пропускания усилителя переменного тока увеличивает шумы.

Шумы усилителя в основном создаются электромеханическим преобразователем. Установлено, что при замыкании — размыкании контактов генерируются небольшие заряды. Величина их случайна и в основном определяется контактной разностью потенциалов материала контактов, чистотой поверхностей и степенью их разрушения. Для лучших контактов, выполненных из сплава золота с хромом, величина заряда не превышает  $10^{-13}$  —  $10^{-14}$  к.

В реальных условиях, используя стандартные серебряно-хромовые контакты со средней чистотой поверхностей (полировка на бархате), следует ожидать величину зарядов не менее  $10^{-9}$  —  $10^{-10}$  к. Большие шумы, вызываемые явлениями на контактах, наблюдаются в случае образования на их поверхностях тончайших пленок окислов. Для сигналов меньше 10 мкв пленка окислов имеет весьма большое (3—15 ком) и непостоянное во времени сопротивление.

Наблюдения показали, что огибающая шумов контактного происхождения имеет сравнительно низкочастотный характер — ниже, чем частота преобразователя. Кроме того, существует еще один источник шумов на контактах — так называемые шумы дребезга. Дребезг вызывается резонансными явлениями в якоре прерывателя, которые приводят к тому, что якорь, перебросившись к одному из контактов, успокаивается не сразу, а делает несколько незначительных отскоков, вызывающих нарушение контакта. Обычно это наблюдается как размытие фронтов прямоугольного преобразованного напряжения. Как правило, дребезг весьма перегулярен во времени. Явление дребезга приводит к значительному увеличению шумов усилителя с преобразованием.

Помимо рассмотренных, в реальной схеме усилителя имеется еще много других источников шумов, точный учет которых весьма затруднителен. Приведем некоторые из них: 1) тепловые шумы в элементах входной цепи; 2) шумы эффекта «мерцания» величины сопротивлений на входе усилителя; 3) дробовые шумы первой усилительной лампы; 4) шумы эффекта «мерцания» катодного тока первой усилительной лампы; 5) шумы термо-э.д.с., возникающие в местах сращиваний разно-

родных металлов; б) шумы утечки с поверхностей изоляторов, э.д.с. их поляризации.

При создании усилителей для записи становления магнитного поля приходится искать компромиссное решение, удовлетворяющее в той или иной мере взаимно исключающие друг друга требования: 1) максимальной чувствительности и помехоустойчивости; 2) минимальных амплитудных и фазовых искажений.

Требование обеспечения максимальной чувствительности и помехоустойчивости соответствует максимально возможное сужение полосы пропускания и максимально возможная крутизна характеристики затухания за ее пределами.

Минимальные амплитудные и фазовые искажения могут быть получены лишь в том случае, если амплитудно-частотная характеристика усилительного устройства равномерна, а фазово-частотная характеристика линейна в пределах полосы пропускания. Можно показать, что фазовые сдвиги, возникающие в электрической системе, зависят от крутизны характеристики затухания за пределами полосы пропускания. Поэтому, если амплитудно-частотная характеристика усиления имеет участки с резко изменяющейся крутизной, то возможны значительные искривления фазово-частотной характеристики. Для обеспечения минимальных фазовых искажений необходимо, чтобы за пределами полосы пропускания амплитудно-частотная характеристика не спадала слишком круто. Усилитель преобразованного напряжения должен иметь хорошие переходные импульсные характеристики («выбросы» и «сколы» недопустимы). Допустим лишь «заявка» переднего фронта прямоугольного импульса, не превышающей 0,05—0,1 сск. Переходные характеристики различного типа усилителей переменного напряжения хорошо изучены.

Представляют интерес переходные характеристики преобразователя, которые могут быть изучены при рассмотрении процессов, возникающих при воздействии различного рода импульсов. При воздействии прямоугольного одиночного импульса достаточно большой длительности возникают два переходных процесса: от переднего фронта и заднего. Переходный процесс от переднего фронта является по существу смещением пулевой линии в преобразованном сигнале (рис. 1б). Действительно, можно показать, что  $U_{R_s} + U_{R_p} = E_s$ . Так как усилитель переменного напряжения не передает постоянной составляющей, то не передается и смещение пулевой линии, и можно считать, что для переменной составляющей преобразованного напряжения от переднего фронта переходный процесс отсутствует. Передний фронт, очевидно, может быть передан с точностью  $T_A$ .

Переходным процессом от заднего фронта является разряд конденсатора С. Когда контакты 1—2 замкнуты, разряд про-

исходит на сопротивление  $R$ , когда разомкнуты — на внутреннее сопротивление источника сигнала. Если  $R_i \ll R$ , то время разряда конденсатора  $t_r \approx 3t$  и почти отсутствует переменная составляющая в преобразованном напряжении (рис. 17).

Таким образом, для переменной составляющей преобразованного напряжения переходные процессы от заднего и переднего фронтов почти отсутствуют и на выходе преобразователя от одиночного прямоугольного импульса получаются «пачки» прямоугольно-экспоненциальных импульсов. Причем фронты передаются с точностью до  $\frac{1}{2} T_k$ .

При воздействии на вход преобразователя переменного напряжения переходный процесс от переднего фронта происходит рассмотренным выше образом. Переходный процесс от заднего фронта удобно рассматривать разделенным на две фазы: 1) напряжение на конденсаторе  $C$  изменяется от  $E_0$  до нуля; 2) напряжение на конденсаторе  $C$  изменяется от нуля до  $E_0$ .

Расчет показывает, что длительность первой фазы переходного процесса равна  $0,7 RC$ , второй фазы  $3 RC$ . Таким образом, переходный процесс при изменении полярности прямоугольного импульса имеет длительность  $t_h \geq 3,7 RC$ . Как в предыдущем случае, переходный процесс есть процесс смещения нулевой

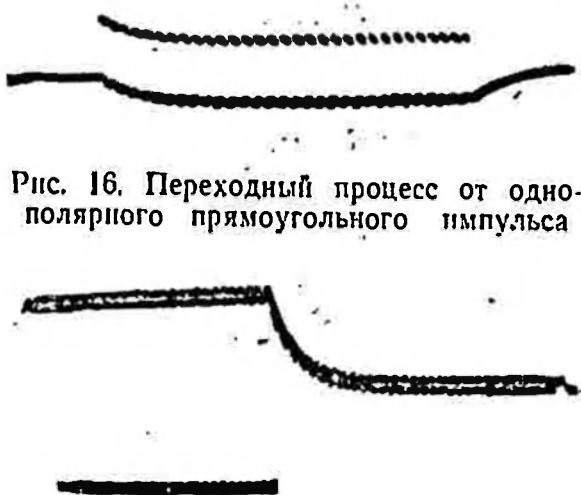


Рис. 16. Переходный процесс от однополярного прямоугольного импульса

Рис. 17. Переходный процесс от заднего фронта прямоугольного однополярного импульса

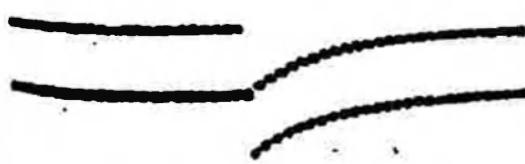


Рис. 18. Переходный процесс при изменении полярности прямоугольного импульса

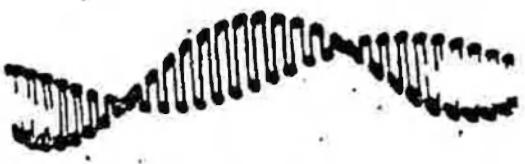
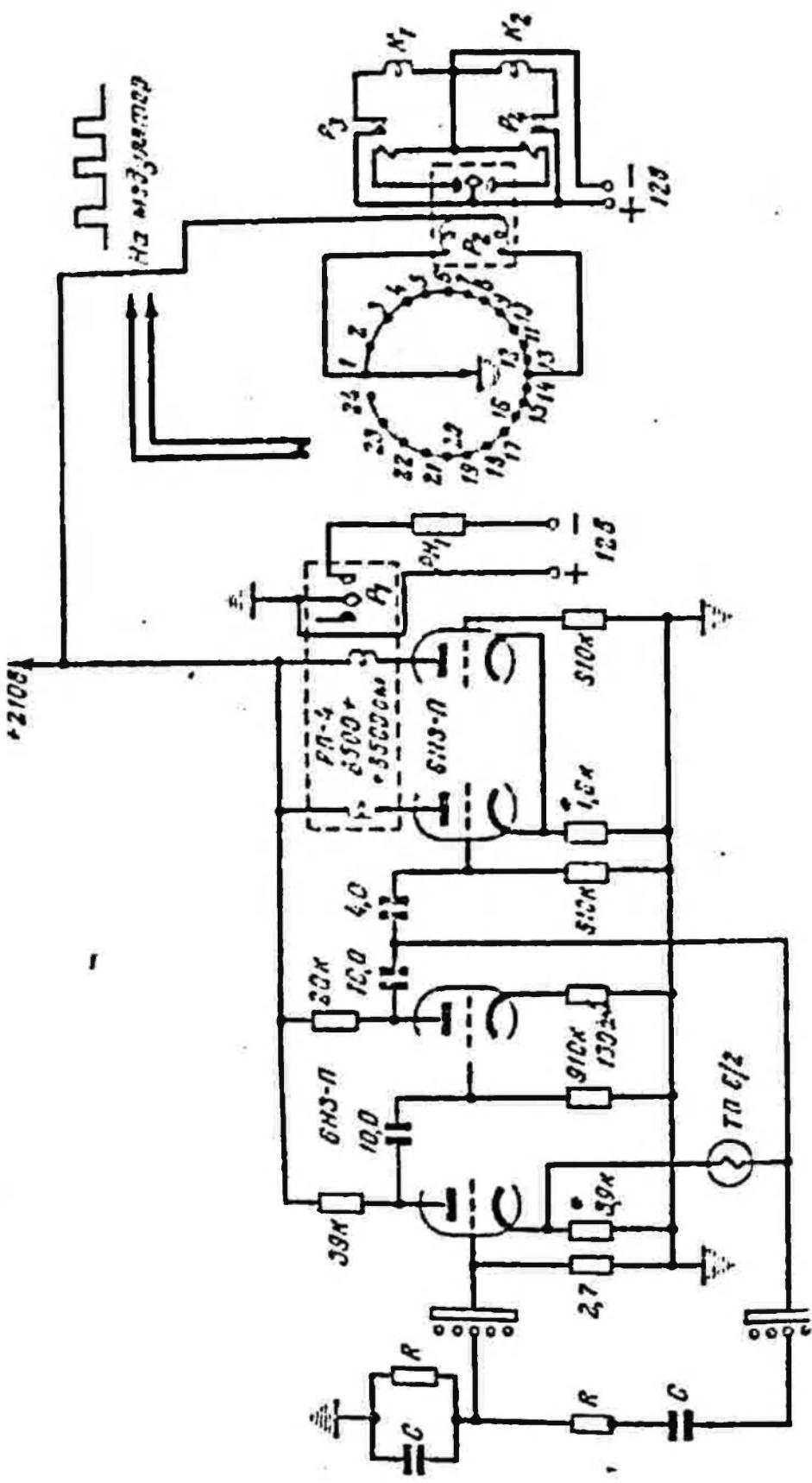


Рис. 19. Напряжение на выходе преобразователя при воздействии синусоидального напряжения

лиции (рис. 18). Поэтому для переменной составляющей преобразованного напряжения переходный процесс практически отсутствует. Изучение процессов, происходящих при воздействии на вход преобразователя синусоидального напряжения (рис. 19), позволяет произвести оценку полосы пропускания преобразователя.

Рис. 22. Принципиальная схема генератора синхронных якорей в режиме индукционной генерации и реостатного торможения



дзяя чему на ее аноде создаются прямоугольные импульсы тока с длительностью около 0,05 сек, которые идут на модулятор радиопередатчика. Для этой цели могут быть также использованы блок-контакты реле-искателя, работающие на замыкание. К контактам 1 и 13 подключены обмотки поляризованного реле типа РП-4, контакты которого управляют контакторами  $K_1$  и  $K_2$ .

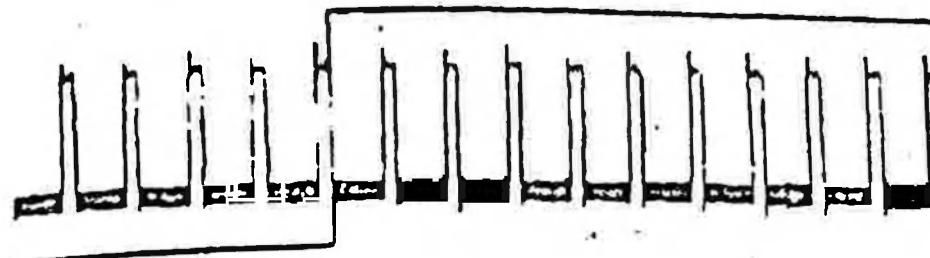


Рис. 23. Образец записи импульса тока с синхронными марками времени

Изменяя частоту лампового генератора, можно регулировать длительность токового импульса (а следовательно, и частоту следования марок времени) в довольно широких пределах.

На рис. 23 приводится образец записи импульса тока с синхронными марками времени.

### § 9. Оборудование

Для выполнения полевых работ методом ЗСП, кроме генераторной и измерительной аппаратуры, применяется специальное оборудование: источники тока, провода и устройства для их смотки, размотки и перевозки, заземлители, изоляционные материалы, инструментарий и топографо-геодезическая аппаратура и оборудование.

Так как в питающем диполе  $AB$  при работе методом ЗСП протекают большие токи (30а, по схеме удвоения — 60 а), его обычно выполняют из привода ПМО, разматываемого в одну или, лучше, в две шпаки. Заземление питающего диполя в точках  $AB$  осуществляют железными пикетами, количество которых на каждое заземление может достигать 100 шт. и более. Количества пикетов на заземлениях определяется необходимостью обеспечения общего сопротивления и питающей линии не свыше 25 ом.

Как указывалось в § 1 настоящей главы, в качестве датчика измерительного устройства в методе ЗСП (магнитное) используется незаземленный контур суммарной площадью всех витков порядка 1 км<sup>2</sup>. Обычно такой контур изготавливается из многожильного кабеля с изолированными жилами, причем витки, обвязанные жилами, соединяются последовательно с помощью специальных колодок. Приемный контур рекомендуется изготавливать

из 20-жильного телефонного кабеля ТР ВКШ 10×2 или ТРПКШ 10×2 или 36-жильного сейсмического кабеля КПВС 18×2.

Для удобства приемный контур обычно раскладывается в виде квадрата. При использовании многожильного кабеля ТРВКШ 10×2 или ТРПКШ 10×2 стороны квадрата составляют около 200 м, при использовании кабеля КПВС 18×2 — около 150 м.

Не рекомендуется применять кабели с большими омическими сопротивлениями жил. Другие виды оборудования, применяемые при работе методом ЗСП, являются общими при производстве электроразведочных работ, и они подробно описаны в учебной и специальной технической литературе.

---

---

## *Глава IV*

### **МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ РАБОТ И ОСНОВЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ**

#### **§ 1. Методика полевых работ**

Приведем общие условия, благоприятные для применения метода ЗСП.

1. Залегание опорного электрического горизонта в районе исследований в пределах глубин от 1—1,5 до 3—4 км. Кроме того, при производстве работ методом ЗСП (магнитного) мощность опорного горизонта должна быть в 3—4 раза больше глубины его залегания. Тонкие пласты даже с очень большими значениями удельного сопротивления не могут быть опорным горизонтом.

2. Достаточно высокая общая проводимость и мощность надопорного горизонта.

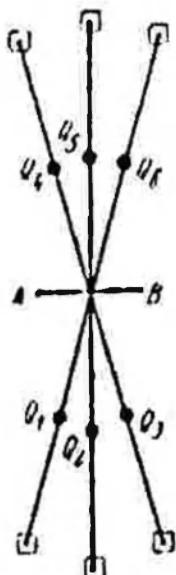
3. Отсутствие резких нарушений горизонтальной однородности разреза, включая рельеф опорного горизонта.

4. Слаборасчлененный рельеф дневной поверхности участков работ.

При соблюдении этих условий метод ЗСП можно применять для изучения рельефа опорного электрического горизонта по отдельным маршрутам или по сети взаимно увязанных профилей, отвечающих требованиям съемки масштаба 1 : 1 000 000—1 : 100 000. При этом могут быть обнаружены и оконтурены структурные элементы в рельефе фундамента (опорного горизонта) с амплитудами не менее 10—15% от глубины его залегания.

В благоприятных геологических условиях методом ЗСП выявляются и оконтуриваются также неоднородности в осадочной толще (например, терригенные образования), представляющие непосредственный интерес с точки зрения оценки района исследований на нефтегазоносность.

Неблагоприятными для применения ЗСП являются разрезы, в которых опорные горизонты непосредственно перекрыты пластами, характеризующимися повышенными значениями удельного сопротивления по сравнению с сопротивлениями других вышележащих слоев (разрезы типа А).



• 1 • 2

Рис. 21. Схема расположения приемных контуров при регистрации становления магнитного поля  
1 — приемный контур для регистрации процесса становления магнитного поля (столбец АВ); 2 — точка записи, лежащая на удалении  $Q$  от места установления (Q)

Проектирование, организация и производство работ методом ЗСП осуществляются в соответствии с требованиями инструкции по электроразведке [13] и наставлениями по электроразведочным работам методом ЗСП [14].

При производстве работ методом ЗСП (магнитного) в полевых условиях выполняется регистрация неустановившегося напряжения, индуцируемого вертикальным магнитным полем в горизонтальном незаземленном контуре, удаленным от питающего диполя на расстояние, превышающее в 5—7 раз глубину опорного горизонта. При этом угол  $\Theta$  между линией  $AB$  и направлением разноса (отрезок прямой между центром  $AB$  и точкой наблюдения) может изменяться от  $70$  до  $110^\circ$ . В противном случае величина измеряемого напряжения заметно уменьшается, поскольку в знаменатель коэффициента установки входит  $\sin \Theta$ . Изменяя величину угла  $\Theta$ , при одном положении питающего диполя можно записать кривые становления магнитного поля в нескольких точках (обычно от двух до четырех в каждую сторону от  $AB$ , рис. 24).

Как это принято и в методе ДЭЗ, каждая из кривых условно относится к середине разноса  $r$  (точка записи).

Линия  $AB$ , как правило, прокладывается вдоль дорог. При этом можно использовать участки дорог, состоящие из двух-трех прямолинейных звеньев. В последнем случае вычисляются коэффициенты установок для каждого звена в отдельности, а затем находится общий коэффициент (см. § 2). Как показывают расчеты, при размере питающей линии, не превышающем  $0,20 r$ , коэффициент установки может вычисляться как дипольный.

При  $AB = 0,20 r$  в коэффициент установки вводится соответствующая поправка. Обычно размер  $AB$  не превышает  $\frac{1}{2}r$ . Для регистрации процесса становления магнитного поля в заранее на-

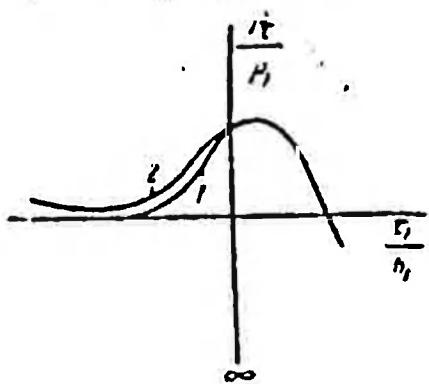


Рис. 24. Двухслойная кривая становления магнитного поля для наклонного измерительного контура

80

меченою точке разматывается приемный контур. Поскольку размер контура паче-зающе мал по сравнению с разносом, он может считаться точечным. Поэтому азимутальная ориентировка сторон квадрата не имеет существенного значения. Напротив, как показывает расчет, наклон контура оказывает большое влияние на величину  $\rho_r$ . Основная причина этого заключается в том, что при наклонах плоскости измерительного контура индуцируемая в нем электродвижущая сила начинает зависеть от горизонтальной составляющей магнитного поля, имеющей значительную величину. С уменьшением  $t$  влияние наклона увеличивается, достигая максимума в ранней стадии становления. Следовательно, меньше всего будет искажена величина  $S$ , а сильнее всего значение  $\rho_r$ .

На рис. 25 приведен пример искажения двухслойной кривой становления при угле наклона плоскости контура  $\alpha=1^\circ$ . Оценки показывают, что такая величина наклона является максимально допустимой. Напряжение с выхода незаземленного контура усиливается и регистрируется осциллографом. При этом продолжительность токовых импульсов выбирается на генераторной группе с таким расчетом, чтобы она превышала на 30—60% полную длительность становления поля. Для более уверенного выделения помех запись должна содержать не менее 15 импульсов. Каждая запись градуируется с помощью градуировочного устройства, имеющегося в усилителе. Типичная осциллограмма становления магнитного поля показана на рис. 26.

## § 2. Построение кривых кажущегося удельного сопротивления $\rho_r$

Теоретические кривые становления магнитного поля являются графическим изображением зависимости

$$\frac{\rho_r}{\rho_1} = \frac{2\pi r^4 e}{3ABqI\rho_1 \cdot \sin \theta} \quad \text{от} \quad \frac{r_1}{h_1} = \frac{\sqrt{10 \cdot 2\pi t \rho_1}}{h_1}$$

Рис. 26. Типичная осциллограмма становления магнитного поля



Поскольку  $\rho_1$  и  $h_1$  неизвестны, то в полевых кривых становления поля по горизонтальной оси откладывается  $\sqrt{2\pi}t$ , выраженное в секундах, а по вертикальной  $\rho_t$ , выраженное в ом-метрах. При вычислении  $\rho_t$  пользуются формулой  $\rho_t = K \frac{1}{t}$ . В общем случае ломаного  $AB$  коэффициент определяется по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n}}.$$

Если  $e$  выражено в микровольтах, а сила тока  $I$  в амперах, то коэффициент каждого звена вычисляется следующим образом:

$$K = \frac{2\pi r \cdot 10^{-6}}{3ABq \sin \Theta \eta},$$

где  $\eta$  — безразмерная поправка за недипольность питающей линии, определяемая по nomogramme, изображенной в приложении 3 в зависимости от угла  $\Theta$  и отношения  $\frac{r}{AB}$ ;

$q$  — площадь измерительного контура.

### § 3. Топографо-геодезические работы

Методика топографо-геодезических работ при производстве ЗСП существенно отличается от принятой в методах ВЭЗ и ДЭЗ. Целью их проведения является определение координат и высот точек записи  $Q$  и величин  $r$ ,  $AB$ ,  $\Theta$ , центров  $AB$  и приемного контура. Как показали исследования, выполненные А. П. Пряхиним [14], наиболее удобно вычислять  $r$  по координатам центра  $AB$  и центра приемного контура  $O$ . Привязка точек  $A$ ,  $B$  и  $O$  осуществляется по топографическим картам или фотопланам с помощью аэрофотоснимков. Для этого концы питающей линии и вершину одного из углов приемного контура совмещают с ориентирами на местности. Разнос  $r$  вычисляется по координатам, снимаемым с карты, а угол  $\Theta$  измеряется на карте с точностью  $0,5^\circ$ .

В табл. 3 приводятся допустимые абсолютные средние квадратические ошибки  $m_k$  в метрах в определении координат точки  $O$ , при которых средняя квадратическая ошибка в определении коэффициента установки не превышает 3,6%.

Из табл. 3 следует, что в обжитых районах можно пользоваться картой масштаба 1 : 100 000 при  $r > 8$  км и в малообжитых

Таблица 3

| Масштаб используемой карты | Средняя квадратическая ошибка $m_k, \mu$ | $r = 8 \text{ км}$ | $r = 10 \text{ км}$ | $r = 12 \text{ км}$ | $r = 14 \text{ км}$ | $r = 16 \text{ км}$ |
|----------------------------|--|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 : 100 000                | 40                                       | $\pm 54$           | $\pm 78$            | $\pm 99$            | $\pm 118$           | $\pm 138$           |
| 1 : 100 000                | 60                                       | $\pm 9$            | $\pm 58$            | $\pm 85$            | $\pm 106$           | $\pm 129$           |
| 1 : 50 000                 | 20                                       | $\pm 66$           | $\pm 87$            | $\pm 105$           | $\pm 123$           | $\pm 141$           |
| 1 : 50 000                 | 30                                       | $\pm 62$           | $\pm 83$            | $\pm 103$           | $\pm 121$           | $\pm 139$           |

районах при  $r > 10 \text{ км}$ . При этом  $m > m_k$  — средней квадратической ошибки в положении контура на карте, равной 0,4 или 0,6 ми.

#### § 4. Запись, обработка и графическое изображение результатов полевых наблюдений

Для определения величины неустановившегося напряжения производится обработка осциллографом. Обработке подвергается не менее 10 импульсов с наименьшим уровнем помех. Первым этапом обработки является проведение нулевой отсчетной линии и средней линии каждого импульса. При слабых низкочастотных вариациях естественного магнитного поля нулевая линия близка к прямой и проводится с помощью линейки. В противном случае отсчетная линия проводится от руки с помощью кальки, учитывая общий характер вариаций. Проведение средней линии каждого импульса имеет целью осреднение высокочастотных помех.

На каждом из выбранных импульсов проводятся вертикальные линии для моментов времени  $t = 0,20; 0,30; 0,50; 0,70; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0; 15,0 \text{ сек}$ , считая от начала каждого импульса. Неравномерный шаг значений  $t$  связан с тем, что кривая становления магнитного поля изображается в двойном логарифмическом масштабе. Логарифмы приведенных выше значений составляют с некоторой погрешностью арифметическую прогрессию. В качестве масштаба времени можно использовать продолжительность импульсов становления поля либо марки времени, наносимые на осциллограф специальным синхронным устройством. Отклонение средней линии импульса изменяется от нулевой линии для каждого из выбранных моментов времени и записывается в таблицу обработки (приложение 4, форма 8), после чего вычисляется среднеарифметическое значение отклонения по всем импульсам для каждого значения. С помощью градуировочных импульсов средние отклонения пересчитываются в микровольты.

Третьим параметром, необходимым для вычисления  $r_t$ , является сила тока. Как правило, при работах методом становления магнитного поля сила питающего тока не осциллографируется. Отсчет силы тока производится с помощью прецизионного прибора. В отдельных случаях, когда поверхности гидрохимические условия приводят к значительной поляризации питающих электродов, искажающей форму прямоугольного импульса тока, необходимо выполнять осциллографическую запись. Для проверки времени срабатывания контакторов необходимо регулярно один-два раза в месяц записывать на осцилограмму форму импульса питающего тока.

После определения  $k$ ,  $e$  и  $I$ , для каждого момента времени вычисляется  $r_t$ , причем используется удвоенное значение силы тока (работа по схеме удвоения). Вычисленные значения  $r$  наносятся на двойной логарифмический бланк, по горизонтальной оси которого откладываются соответствующие значения  $\sqrt{2\pi t}$ . Построенные кривые  $r_t$ , а точнее их правые ветви, при  $t > 0,1$  сек являются окончательным результатом обработки полевого материала в методе становления магнитного поля. Документация результатов полевых работ и их обработка ведутся в соответствии с требованиями инструкции по электроразведке [13] и форм 1—8 приложения 4.

## § 5. Основные технико-экономические показатели

Для краткой характеристики основных технико-экономических показателей метода ЗСП (магнитного) в табл. 4 и 5 приведены в качестве примера нормы выработки на одну приборо-

Таблица 4

| Действующее расстояние $r$ , км | Расстояние между точками записи, км | Категория местности          |           |             |           |             |           |
|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|                                 |                                     | II                           |           | III         |           | IV          |           |
|                                 |                                     | Условия измерения $\Delta V$ |           |             |           |             |           |
| нормальные*                     | трудные**                           | нормальные*                  | трудные** | нормальные* | трудные** | нормальные* | трудные** |
| 5—9                             | 1,0—2,0                             | 3,21                         | 2,29      | 2,16        | 1,53      | 1,43        | 1,03      |
| 10—14                           | 2,0—3,0                             | 3,06                         | 2,18      | 2,05        | 1,46      | 1,36        | 0,93      |
| 15—19                           | 3,0—5,0                             | 2,92                         | 2,08      | 1,93        | 1,30      | 1,30        | 0,93      |
| 20—25                           | 5,0—6,5                             | 2,78                         | 1,98      | 1,85        | 1,32      | 1,24        | 0,89      |

\* Нормальные — при измерении значений  $\Delta V$  выше 15—20 мкв при уровне помех, не превышающем 20% величины полезного сигнала.

\*\* Трудные — при измерении значений  $\Delta V$ , осложненных штепсельными помехами, превышающими 20% от величины полезного сигнала.

Таблица 5

| Квалификация                    | Условия работы           |                         |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                 | одна полевая лаборатория | две полевые лаборатории |
| Начальник партии                | 1                        | 1                       |
| Начальник отряда                | —                        | 1                       |
| Геофизик-оператор               | 2                        | 2                       |
| Техник-оператор                 | 2                        | 3                       |
| Геофизик-интерпретатор          | 1                        | 1                       |
| Ст. топограф                    | 1                        | 1                       |
| Техник-топограф                 | 1                        | 2                       |
| Электромеханик                  | 1                        | 1                       |
| Вычислитель (при объеме работ): |                          |                         |
| до 100 зондирований             | 1                        | 1                       |
| свыше 100 зондирований          | 1                        | 2                       |
| Старший рабочий                 | 2                        | 3                       |
| Рабочий                         | 10                       | 13                      |
| <hr/>                           |                          |                         |
| Всего:                          |                          |                         |
| ИТР                             | 10                       | 14                      |
| Рабочих                         | 12                       | 16                      |
| <hr/>                           |                          |                         |
| Итого                           | 22                       | 30                      |

смену (в физических точках) и штаты для одноприборной полевой партии, согласно рекомендациям «Наставления по электроразведочным работам методом становления электромагнитного поля» [14].

### § 6. Основы интерпретации конечной стадии становления магнитного поля

Вопросы интерпретации кривых  $r$ , разработаны к настоящему времени только в первом приближении. Одним из препятствий на пути создания теории интерпретации является совершение недостаточный объем расчетного материала для конечных разносов. Еще более важное обстоятельство, обделяющее интерпретацию результатов метода, заключается в технической возможности регистрации лишь конечной стадии становления магнитного поля. Проводя аналогию с методом ВЭЗ, можно сказать, что наблюдения выполняются лишь при больших разносах. Между тем известно, что анализ левой части кривой ВЭЗ во многих случаях существенно пополняет и уточняет сведения о геоэлектрическом разрезе.

При интерпретации конечной стадии становления магнитного поля могут представиться два случая.

1. Конечная стадия включает минимум кривой и правую ветвь. Это будет наблюдаться для разрезов, в которых на опор-

ном горизонте высокого удельного сопротивления залегает достаточно мощный, хорошо проводящий пласт. Пределы изменения мощности и продольного удельного сопротивления пласта, при которых выполняется это условие, зависят от соотношения всех параметров разреза и могут быть установлены для каждого конкретного случая с помощью специально рассчитанных волновых кривых становления магнитного поля. Грубо приближенно можно сказать, что мощность проводящего надпорового пласта не должна быть меньше суммарной мощности вышележащих отложений, а суммарная проводимость разреза должна превышать 300 мо.

2. Конечная стадия включает только правую ветвь. Второй случай наблюдается для разрезов типа А (§ 1), а также при малой мощности или сравнительно высоком удельном сопротивлении проводящего надпорового пласта. Этот случай наиболее неблагоприятен, так как дает возможность определить только значение суммарной продольной проводимости геоэлектрического разреза. В первом же случае, кроме суммарной продольной проводимости, определяется еще один важный параметр геоэлектрического разреза — значение кажущегося удельного сопротивления в минимуме кривой.

Интерпретация результатов становления магнитного поля делится на два этапа: первый этап заключается в определении величины  $S$  и  $r_1$ ; на втором этапе определяется среднее продольное удельное сопротивление  $r_1$  и глубина до опорного горизонта  $H = S \cdot r_1$ .

Для определения суммарной продольной проводимости разреза можно использовать палетку поздней стадии становления магнитного поля. При этом кривая палетки, наиболее близкая по форме к полевой кривой, должна накладываться на максимум и правую исходящую ветвь кривой  $r_1$ . Линия  $S$ , проведенная на палетке поздней стадии, имеет уравнение  $\frac{r_1}{S} = \left( \frac{S}{2\pi} \cdot \frac{\tau}{h_1} \right)^2$ , или  $r_1 = \frac{10^7}{(2\pi)^2} \cdot (V2\pi t)$ . В точке пересечения линии  $S$  с осью  $r_1 = 1 \text{ ом} \cdot \text{м}$  имеем  $V2\pi t = S \cdot \frac{2\pi}{V10^7}$ . Следовательно, умножив абсциссу точки пересечения на  $\frac{V10^7}{2\pi}$ , получаем

$$S = \frac{V10^7}{2\pi} \cdot V2\pi t = 503 V2\pi t.$$

Палетка поздней стадии может применяться как для разреза типа А, так и для разреза типа Н, но в последнем случае целесообразнее пользоваться двухслойной палеткой становления магнитного поля.

Для определения суммарной продольной проводимости раз-

реза с помощью двухслойной палетки следует наложить полевую кривую  $\rho$ , на одну из двухслойных кривых так, чтобы область минимума и правая часть полевой кривой совместились с соответствующими участками одной из теоретических кривых. Пересечение линии  $S$ , написанной на палетке, с осью бланка  $\rho_t = 1 \text{ ом} \cdot \text{м}$ , определяет величину суммарной продольной проводимости разреза.

По найденным значениям  $S$  и  $\rho_{\text{мин}}$  строятся профили и карты. Наиболее важным моментом интерпретации является определение среднего продольного удельного сопротивления разреза. Для этого необходимо установить связь между  $\rho_t$ ,  $\rho_{\text{мин}}$  и  $S$ .

Выявление характера этой связи существенно облегчается тем, что для разносов, превышающих примерно в пять раз глубину опорного горизонта, минимум кривой  $\rho$ , находится в пределах волновой стадии процесса и не зависит от изменения разноса. Поскольку зависимости между  $\rho_t$ ,  $\rho_{\text{мин}}$  и  $S$  могут быть различными для разных участков района работ, анализ полевого материала начинается с построения карты типов кривых становления поля. Типы кривых могут выделяться по наличию или отсутствию минимума, значениям  $\rho$ , в максимуме кривой и другим внешним признакам. В зависимости от характера геоэлектрического разреза могут иметь место различные случаи:

- 1) наличие закономерной связи отношения  $\frac{\rho_{\text{мин}}}{\rho_t}$  с величиной  $S$ ;
- 2) зависимость отношения  $\frac{\rho_{\text{мин}}}{\rho_t}$  от величины  $\rho_{\text{такн}}$ ;
- 3) практически постоянное отношение  $\frac{\rho_{\text{мин}}}{\rho_t}$ ;
- 4) связь каждого удельного сопротивления в минимуме кривой с  $\rho_t$  и удельным сопротивлением надпорного горизонта  $\rho_{\text{но}}$ :

$$\rho_{\text{мин}} = \frac{\rho_t^2}{\rho_{\text{но}}}.$$

Для решения вопроса о том, какая из перечисленных закономерностей имеет место, в ряде пунктов района работ необходимо знать глубину ( $H$ ) опорного горизонта. Источником сведений о глубине опорного горизонта являются обычно данные бурения или сейсморазведки корреляционным методом преломленных волн. Следовательно, метод становления поля желательно использовать в комплексе с другими методами изучения глубинного геологического строения. После того как в пунктах

с известной глубиной опорного горизонта выполнены зондирования становлением магнитного поля и определены  $S$  и  $r_{\text{мин}}$ .  
легко найти значение  $\rho_t = \frac{H}{S}$  в этих пунктах, а также продольное удельное сопротивление надопорного горизонта  $\rho_{10} = \frac{\rho_t^2}{r_{\text{мин}}}$ .

Зная  $\rho_t$ , можно выяснить характер связи  $\rho_t$  и  $r_{\text{мин}}$ . С помощью графика, выражающего эту зависимость, определяется значение  $\rho_t$  в каждом пункте, где зарегистрирован процесс становления поля. Как видно, способы интерпретации кривых  $\rho_t$  относятся к числу «статических» способов.

Опыт показывает, что во многих районах кажущееся удельное сопротивление в минимуме кривой  $\rho_t$  отличается от  $\rho_t$  не более чем на 20—30%. По данным полученных значений  $H$  строятся структурные карты и профили глубины опорного горизонта.

Поскольку частотные характеристики применяемой аппаратуры не позволяют получать искаженную запись всего процесса становления магнитного поля, последняя интерпретация результатов наблюдений не представляется возможной. Некоторые суждения о фациальной изменчивости отложений можно получить из анализа карт и профилей  $\rho_{10}$  и  $S$ .

## § 7. Использование данных электрического каротажа

Существенную помощь при проектировании работ методом становления магнитного поля и при интерпретации могут оказать результаты электрического каротажа скважин, особенно боковое каротажное зондирование. Однако первый же опыт работ методом становления магнитного поля вскрыл значительные расхождения между значениями продольных удельных сопротивлений карбонатных комплексов, определенных по каротажу и по становлению магнитного поля. В то время как удельное сопротивление известняков и доломитов по данным БКЗ измеряется сотнями ом·метров, значения  $r_{\text{мин}}$  в районах с весьма

ма малой мощностью терригенных пластов составляют обычно от 3 до 15 ом·м. Соответственно суммарная продольная проводимость, подсчитанная по БКЗ, оказывается в десятки раз меньшей, чем определенная по становлению магнитного поля.

Особенно резко это расхождение заметно в восточных районах Русской платформы. Так, подсчет величины  $S$  по БКЗ опорной скважине Красная Поляна (Куйбышевская область) дает значение  $S=100$  м $o$ , в то время как при зондировании становлением получаем  $S=500$  м $o$ . В районе опорной скважины Пилюгино (Оренбургская область) по становлению магнитного поля определена величина суммарной продольной проводимости

$S=300$  мо, в то время как подсчет по БКЗ дает  $S=70$  мо. Хотя причины указанного расхождения всесторонне не выяснены, можно высказать ряд предварительных соображений. Во-первых, следует отметить, что данные гидрологических исследований свидетельствуют о весьма высокой степени минерализации пластовых вод востока Русской платформы. Е. Е. Белякова [10] отмечает, что «это высококоцентрированные рассолы с минерализацией 270—275 г/л». Удельное сопротивление пластовых вод при такой минерализации составляет примерно 0,02 ом·м. Следовательно, если в карбонатном комплексе мощностью 1 км имеются хорошо проницаемые трещины суммарной мощностью 2 м, то продольная проводимость такого комплекса составляет 100 мо, а среднее продольное сопротивление равно 10 ом·м. Между тем изучение микротрещиноватости карбонатных пород Второго Баку, выполненное А. Г. Милешиной [1], приводит к среднему значению коэффициента трещиноватости, примерно равному 0,005, т. е. ширина трещин на 1000 м разреза в среднем равна 5 м. Легко представить, что в процессе бурения скважин проникновение сравнительно пресного бурового раствора по трещинам может быть настолько значительным, что в результате электрического каротажа не будут получены истинные значения средних удельных сопротивлений трещиноватых известняков.

### § 8. Искажения кривых становления магнитного поля

Как указывалось выше, тонкий горизонтальный экран практически не проявляется на кривых становления магнитного поля. Иначе обстоит дело при негоризонтальном залегании экрана. Если вблизи питающего диполя или приемного контура наблюдаются резкие неоднородности в рельфе такого экрана, кривые становления магнитного поля искажаются.

Одна из типичных форм искаженных импульсов показана на рис. 27. Сильнее всего искажения проявляются в ранней стадии становления магнитного поля и уменьшаются с ростом  $t$ . Опыт показывает, что искажения чаще всего возникают из-за нарушения горизонтальности поверхности экрана вблизи питающего диполя.

Очевидно, что чем глубже находится экран, тем слабее влияют на форму кривой становления магнитного поля неоднородности в рельфе его поверхности. Для уменьшения таких искажений рекомендуется располагать питающую линию и приемный контур вдали от участков, где по данным геологической съемки или ВЭЗ можно ожидать расчлененного рельефа поверхности

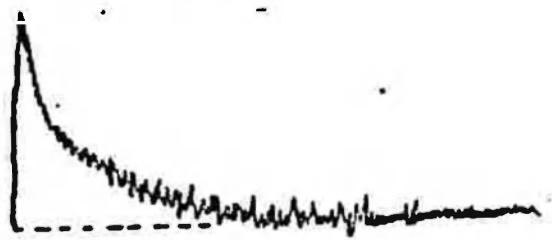


Рис. 27. Одна из типичных форм искаженных кривых

экрана. Эффективным средством исключения влияния искажений является осреднение значений  $\rho_{\text{см}}$  по профилю наблюдений. При этом сглаживаются локальные особенности и выделяется основная закономерность регионального изменения  $\rho_{\text{см}}$ .

### § 9. Перспективы использования метода становления магнитного поля для решения задач структурной геологии

Важнейшим преимуществом метода становления магнитного поля является возможность изучения проводящих отложений, перекрытых пластами высокого удельного сопротивления. Поэтому наибольшие перспективы применения этого метода открываются в районах, где геоэлектрический разрез содержит непроводящие экраны. В Советском Союзе имеются два основных региона, удовлетворяющие этому условию, — это Русская и Восточно-Сибирская платформы.

Как известно, в геоэлектрическом разрезе Русской платформы имеется галогенно-карбонатный экран пермского возраста, а в разрезе Восточно-Сибирской платформы — аналогичный экран верхнемембранийского возраста. Удельные сопротивления экранов настолько велики, что в большинстве случаев применение вертикальных электрических зондирований с разносами  $\frac{AB}{2}$  до 30 км не давали возможности изучать глубины до заэкранированного опорного горизонта кристаллического фундамента платформы.

Исходя из этих соображений, в полевой сезон 1958 г. лабораторией электроразведки ВНИИГеофизики было проведено опробование метода становления магнитного поля на территории Саратовской, Куйбышевской и Оренбургской областей. В общей сложности был выполнен профиль длиной около 600 км. В качестве примера рассмотрим наиболее интересный участок профиля, расположенный в восточной части Куйбышевской области (Шевтала — Бобровка).

Этот профиль расположен в области развития пермских гидрохимических отложений, являющихся экраном при разведке с помощью постоянного тока, в связи с чем глубина исследования методом ВЭЗ не превышает здесь первых сотен метров. В северной части профиля гидрохимические отложения кунгурского яруса выходят на дневную поверхность.

В результате работ методом становления магнитного поля на всем профиле, за исключением его северной оконечности, были получены кривые  $\rho_t$ , хорошо согласующиеся с теоретическими. В северной части профиля выходы пород экранирующего горизонта на дневную поверхность привели к сильным искажениям кривых  $\rho_t$  и сделали невозможной уверенную интерпретацию.

Зависимость между величиной  $r_{\text{мин}}$  и средним продольным удельным сопротивлением разреза  $r_1$  была установлена по одной скважине (№ 402, район Коханы). Оказалось, что практически можно принять  $r_{\text{мин}} = r_1$ . Интерпретация, выполненная с учетом этой закономерности, позволила выявить следующие основные черты глубинного геологического строения по профилю работ. Основным элементом тектоники здесь является Мухановский свод с глубиной фундамента около 3000 м. С севера Мухановский свод ограничивается бортом Серповодской впадины, а с юга — резкой ступенью типа сброса, южнее которой намечается погружение, осложненное пологим выступом фундамента.

Работы 1958 г. особенно интересны тем, что их можно сопоставить с результатами сейсморазведки корреляционным методом преломленных волн. Полевые исследования этой модификацией сейсморазведки проводились Волго-Уральской экспедицией ВНИИГеофизики одновременно с электроразведочными работами. Сравнение показывает (рис. 28), что в региональном плане совпадение результатов удовлетворительное. Расхождения в глубинах до кристаллического фундамента не превышают 15%. Вместе с тем следует отметить, что стоимость электроразведочных работ по этому профилю (10 тыс. руб.) примерно в 10 раз меньше стоимости работ КМПВ. В результате полевых исследований 1958 г. было повсеместно установлено, что средние продольные удельные сопротивления карбонатных пород на востоке Русской платформы не превышают 10—15 ом·м.

Ввиду успешных результатов опробования метода становления поля в 1959—1960 гг. началось его широкое внедрение в практику региональных исследований. В 1959 г. полевые работы методом становления магнитного поля были начаты Куйбышевским научно-исследовательским институтом нефтяной промышленности, Бугурусланской геофизической конторой, геофизическим трестом «Татнефтегеофизика», конторой «Востсибнефтегеофизика», трестом «Геофизуглевефтеразведка», конторой «Спецгеофизика», трестом «Башнефтегеофизика», конторой «Волгограднефтегеофизика».

На рис. 29 приведены результаты интерпретации ЗСМ, выполненные Присаянской электроразведочной партией № 17/60 конторы «Востсибнефтегеофизика» в 1960 г. по профилю Абай — Долгий Мост в пределах Канско-Тасеевской впадины. Как видно из рис. 29, работами по методу ЗСМ выявлена проводящая толща мощностью около 2 км, залегающая между опорным горизонтом метода ДЭЗ и опорным горизонтом ЗСМ.

В результате работ ВНИИГеофизики, Куйбышевского научно-исследовательского института нефтяной промышленности, Бугурусланской геофизической конторы в 1959 г. было установлено, что в ряде районов Куйбышевской и Оренбургской обла-

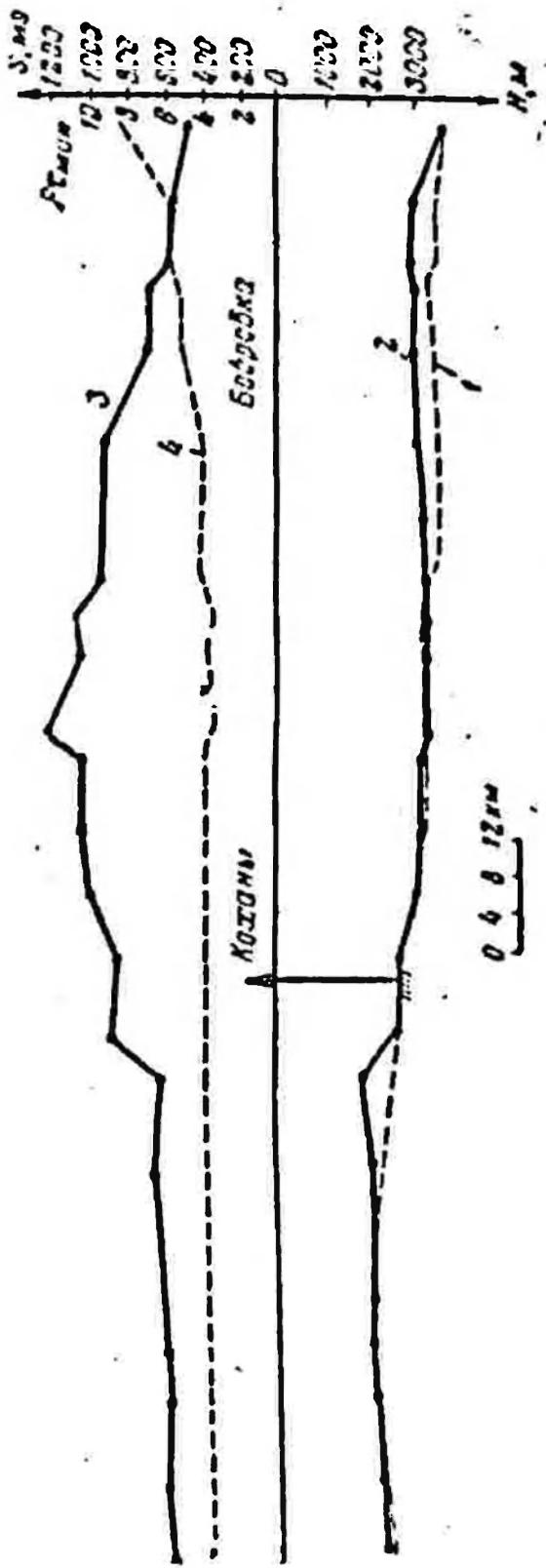
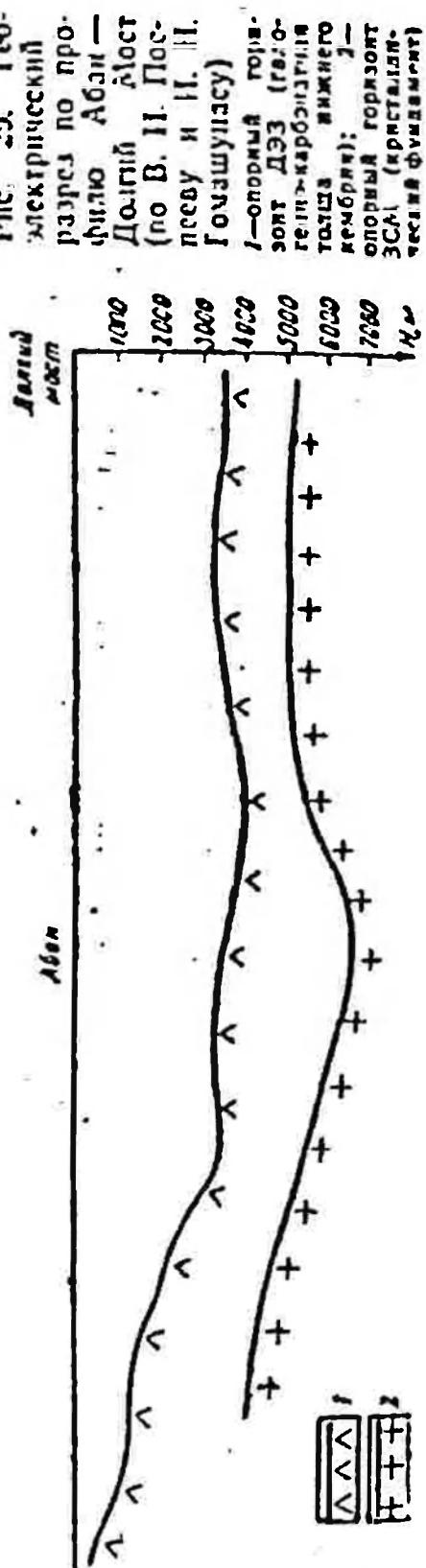


Рис. 28. Результаты работ по методу стационарного магнитотеллурического поля по профилю Шчелата — Бобровка  
1 — рельеф кристаллического фундамента по данным КМГИИ; 2 — рельеф кристаллического фундамента по данным ЗИСИ; 3 — граник РГИИ; 4 — граница РГИИ



стей работами методом ЗСП можно получать сведения не только о рельефе кристаллического фундамента, но и выделять области распространения мощных терригенных толщ. Эти области отмечаются увеличением значений  $S$  при уменьшении  $r_{\text{мин}}$ .

В 1960—1961 гг. электроразведочные работы методом ЗСМ продолжали расширяться. Для оценки перспектив метода зондирования становлением поля весной 1960 г. в г. Октябрьском (Башкирская АССР) было проведено совещание по обмену опытом. Совещание, в работе которого приняли участие представители 20 организаций, рекомендовало широко применять метод зондирования становлением поля для решения следующих задач:

- 1) регионального изучения рельефа поверхности фундамента при глубинах его залегания от 1—1,5 до 3 км;
- 2) прослеживания зон значительного увеличения мощности терригенных отложений.

Совещание рекомендовало комплексировать метод зондирования поля с другими методами геофизической разведки. В первую очередь имеется в виду комплексирование с сейсморазведкой корреляционным методом преломленных волн как с наиболее эффективным методом изучения рельефа кристаллического фундамента.

В решении Экспертной комиссии экспертно-геологического совета Министерства геологии и охраны недр СССР, принятом в 1961 г., по вопросу о перспективах применения новых методов электроразведки, основанных на использовании переменных электромагнитных полей, отмечено, что до последнего времени основным методом в комплексе геофизических исследований (как при региональном изучении новых перспективных на нефть и газ площадей, так и при поисках структур и последующей их подготовке для глубокого бурения) является сейсморазведка. В связи с высокой стоимостью сейсмических работ и сложностью их производства указанное обстоятельство отрицательно влияло на темпы развития и стоимость геологоразведочных работ на нефть и газ, в том числе задерживало подготовку структур под бурение.

В связи с изложенным назрела необходимость пересмотреть геофизический комплекс исследований в сторону расширения его производственных, геологических и экономических показателей.

Разработанные в последние годы методика и аппаратура высокоточной гравиразведки и другие новые методы электроразведки, основанные на использовании переменных электромагнитных полей (методы теллурических токов, магнитотеллурического профилирования и зондирования, зондирований становлением поля, частотных электромагнитных зондирований) по сравнению с сейсморазведкой являются более мобильными и

экономичными при производстве разведочных работ на нефть и газ, особенно в труднодоступных восточных и северных районах страны.

Геологическая эффективность этих методов, при рациональном комплексировании их с сейсморазведкой и бурением, отвечает запросам производства и вместе с тем приводит к значительному сокращению объемов сейсморазведки и бурения.

В связи с этим Экспертная комиссия отметила, что широкое использование новых методов электроразведки и высокоточной гравиметрии в комплексе с сейсморазведкой и глубоким бурением приведет к значительному сокращению сроков выполнения и материальных затрат на производство региональных исследований и на поиски структур, перспективных на нефть и газ. Кроме того, благодаря такому расширению геофизического комплекса станет возможным высвободить значительный объем сейсмических работ с производства региональных исследований и поисков структур и направить его на подготовку структур к глубокому бурению.

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Б. А. Геофизические методы в региональной структурной геологии. Госгеолтехиздат, 1960.
2. Бердинчевский М. Н. и Ваньян Л. Л. Электромагнитное поле в тонкослоистых средах. Вопросы разведочной геофизики, № 2, 1961.
3. Бердинчевский М. Н. и Завадская Т. Н. К вопросу о становлении электрического поля в земле. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 3, 1955.
4. Бобровников Л. З. К теории усилителей постоянного тока с электромеханическим преобразователем. Прикладная геофизика, № 26, 1960.
5. Ваньян Л. Л. Некоторые вопросы теории частотных зондирований горизонтальных напластований. Прикладная геофизика, № 23, 1959.
6. Ваньян Л. Л. Элементы теории становления электромагнитного поля. Прикладная геофизика, № 25, 1960.
7. Ваньян Л. Л., Терехин Е. И., Штиммер А. И. Методика расчета волновых кривых частотного зондирования. Прикладная геофизика, № 30, 1961.
8. Ваньян Л. Л. О разрешающей способности частотных зондирований. Геология и геофизика, № 9, 1960.
9. Владимиров Н. П. и др. Об экспериментальных исследованиях становления электромагнитного поля в многослойной земле. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 2, 1956.
10. Вопросы нефтепоисковой гидрогеологии. Материалы ВСЕГЕИ, вып. 18, 1956.
11. Гавелка Р. Четырехзначные таблицы круговых и гиперболических функций комплексного аргумента. Vieweg, Braunschweig, 1931.
12. Зaborовский А. И. Электроразведка. Гостоптехиздат, 1943.
13. Инструкция по электроразведке. Госгеолтехиздат, 1961.
14. Наставление по электроразведочным работам методом становления электромагнитного поля для решения задач структурной геологии. ВНИИ-Геофизика, 1960.
15. Николаева М. В. О приближенном вычислении осциллирующих интервалов. Тр. Математич. ин-та им. В. А. Стеклова, XXVIII, 1949.
16. Снеддон И. Преобразование Фурье. Изд-во иностр. лит., 1955.
17. Соловьевников В. В. Статистическая динамика линейных систем автоматического управления. Физматгиз, 1960.
18. Тихонов А. Н. О становлении электрического тока в однородном проводящем полупространстве. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., № 3, 1946.
19. Тихонов А. Н., Скугаревская О. А. Об интерпретации процесса становления электрического поля в слоистых средах. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 3, 1958.
20. Тихонов А. Н. Об асимптотическом поведении интегралов, содержащих бесселевы функции. Докл. АН СССР, № 5, 1959.
21. Харкевич А. А. Спектры и анализ. Гостехиздат, 1957.
22. Четаев Д. Н. К расчету неустановившихся электромагнитных полей в неоднородных средах. Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, № 32, 1956.
23. Шейман С. М. Об установлении электромагнитных полей в земле. Прикладная геофизика, № 3, 1947.
24. Энештейн Б. С. Метод изучения становления электрического поля в земле. Докл. АН СССР, т. 59, № 2, 1948.

ТАБЛИЦЫ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ И ОБРАТНЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ  
КОМПЛЕКСНОГО АРГУМЕНТА ДЛЯ РАСЧЕТА ВОЛНОВЫХ КРИВЫХ СТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЯ

| <i>x</i> | <i>y = 0,02</i>    | <i>0,04</i>                         | <i>0,06</i>                         | <i>0,08</i>                         | <i>0,10</i>                         | <i>0,12</i>                         | <i>0,14</i>                         | <i>0,16</i>                         | <i>0,18</i>                         | <i>0,20</i>                         |        |
|----------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| 0,00     | 100                | 0,0200 <sub>100</sub>               | 0,0400 <sub>100</sub>               | 0,0593 <sub>100</sub>               | 0,0795 <sub>99</sub>                | 0,0997 <sub>99</sub>                | 0,1194 <sub>98</sub>                | 0,1391 <sub>93</sub>                | 0,1586 <sub>91</sub>                | 0,1781 <sub>91</sub>                | 0,1974 |
| 02       | 157 <sub>29</sub>  | 0372 <sub>68</sub> <sup>86</sup>    | 0500 <sub>84</sub> <sup>54</sup>    | 0677 <sub>91</sub> <sup>39</sup>    | 0859 <sub>94</sub> <sup>39</sup>    | 1045 <sub>95</sub> <sup>21</sup>    | 1235 <sub>96</sub> <sup>20</sup>    | 1426 <sub>97</sub> <sup>13</sup>    | 1617 <sub>98</sub> <sup>15</sup>    | 1803 <sub>95</sub> <sup>14</sup>    | 1999   |
| 04       | 157 <sub>16</sub>  | 0660 <sub>43</sub> <sup>144</sup>   | 0745 <sub>62</sub> <sup>118</sup>   | 0869 <sub>71</sub> <sup>56</sup>    | 1016 <sub>81</sub> <sup>79</sup>    | 1179 <sub>86</sub> <sup>67</sup>    | 1350 <sub>88</sub> <sup>53</sup>    | 1527 <sub>90</sub> <sup>43</sup>    | 1707 <sub>91</sub> <sup>35</sup>    | 1889 <sub>92</sub> <sup>40</sup>    | 2071   |
| 06       | 158 <sub>-10</sub> | 0966 <sub>30</sub> <sup>153</sup>   | 1026 <sub>46</sub> <sup>141</sup>   | 1119 <sub>63</sub> <sup>123</sup>   | 1237 <sub>78</sub> <sup>110</sup>   | 1374 <sub>73</sub> <sup>93</sup>    | 1523 <sub>79</sub> <sup>87</sup>    | 1681 <sub>83</sub> <sup>71</sup>    | 1847 <sub>85</sub> <sup>60</sup>    | 2016 <sub>86</sub> <sup>63</sup>    | 2188   |
| 08       | 159 <sub>8</sub>   | 1279 <sub>23</sub> <sup>156</sup>   | 1325 <sub>97</sub> <sup>119</sup>   | 1393 <sub>48</sub> <sup>140</sup>   | 1401 <sub>57</sub> <sup>129</sup>   | 1603 <sub>65</sub> <sup>118</sup>   | 1738 <sub>70</sub> <sup>108</sup>   | 1879 <sub>71</sub> <sup>90</sup>    | 2028 <sub>73</sub> <sup>91</sup>    | 2183 <sub>80</sub> <sup>83</sup>    | 2343   |
| 0,10     | 160 <sub>6</sub>   | 0,1596 <sub>19</sub> <sup>159</sup> | 0,1633 <sub>30</sub> <sup>154</sup> | 0,1693 <sub>49</sub> <sup>143</sup> | 0,1774 <sub>49</sub> <sup>140</sup> | 0,1871 <sub>58</sub> <sup>131</sup> | 0,1983 <sub>63</sub> <sup>123</sup> | 0,2107 <sub>67</sub> <sup>114</sup> | 0,2241 <sub>71</sub> <sup>107</sup> | 0,2382 <sub>74</sub> <sup>100</sup> | 0,2529 |
| 12       | 162 <sub>3</sub>   | 1918 <sub>13</sub> <sup>161</sup>   | 1919 <sub>23</sub> <sup>158</sup>   | 1999 <sub>31</sub> <sup>153</sup>   | 2068 <sub>42</sub> <sup>147</sup>   | 2152 <sub>40</sub> <sup>140</sup>   | 2250 <sub>43</sub> <sup>133</sup>   | 2360 <sub>48</sub> <sup>125</sup>   | 2450 <sub>54</sub> <sup>120</sup>   | 2608 <sub>67</sub> <sup>111</sup>   | 2743   |
| 14       | 164 <sub>4</sub>   | 2244 <sub>13</sub> <sup>163</sup>   | 2271 <sub>22</sub> <sup>161</sup>   | 2314 <sub>30</sub> <sup>157</sup>   | 2373 <sub>37</sub> <sup>153</sup>   | 2447 <sub>43</sub> <sup>147</sup>   | 2533 <sub>49</sub> <sup>142</sup>   | 2631 <sub>51</sub> <sup>135</sup>   | 2739 <sub>59</sub> <sup>130</sup>   | 2856 <sub>62</sub> <sup>121</sup>   | 2979   |
| 16       | 166 <sub>4</sub>   | 2575 <sub>12</sub> <sup>166</sup>   | 2598 <sub>19</sub> <sup>164</sup>   | 2636 <sub>26</sub> <sup>161</sup>   | 2688 <sub>33</sub> <sup>158</sup>   | 2753 <sub>39</sub> <sup>153</sup>   | 2830 <sub>44</sub> <sup>149</sup>   | 2918 <sub>49</sub> <sup>143</sup>   | 3016 <sub>53</sub> <sup>134</sup>   | 3121 <sub>57</sub> <sup>133</sup>   | 3234   |
| 18       | 169 <sub>3</sub>   | 2912 <sub>10</sub> <sup>168</sup>   | 2932 <sub>17</sub> <sup>167</sup>   | 2966 <sub>23</sub> <sup>165</sup>   | 3012 <sub>29</sub> <sup>162</sup>   | 3070 <sub>35</sub> <sup>158</sup>   | 3139 <sub>40</sub> <sup>154</sup>   | 3218 <sub>44</sub> <sup>150</sup>   | 3307 <sub>49</sub> <sup>146</sup>   | 3403 <sub>53</sub> <sup>141</sup>   | 3507   |
| 0,20     | 172 <sub>3</sub>   | 0,3255 <sub>9</sub> <sup>172</sup>  | 0,3273 <sub>15</sub> <sup>171</sup> | 0,3303 <sub>21</sub> <sup>169</sup> | 0,3345 <sub>26</sub> <sup>166</sup> | 0,3397 <sub>31</sub> <sup>163</sup> | 0,3459 <sub>36</sub> <sup>160</sup> | 0,3531 <sub>40</sub> <sup>156</sup> | 0,3611 <sub>44</sub> <sup>152</sup> | 0,3699 <sub>47</sub> <sup>149</sup> | 0,3794 |
| 22       | 176 <sub>3</sub>   | 3606 <sub>8</sub> <sup>175</sup>    | 3622 <sub>13</sub> <sup>174</sup>   | 3649 <sub>19</sub> <sup>173</sup>   | 3686 <sub>24</sub> <sup>171</sup>   | 3733 <sub>28</sub> <sup>168</sup>   | 3790 <sub>33</sub> <sup>165</sup>   | 3855 <sub>37</sub> <sup>162</sup>   | 3928 <sub>40</sub> <sup>158</sup>   | 4008 <sub>44</sub> <sup>155</sup>   | 4095   |
| 24       | 180 <sub>2</sub>   | 3964 <sub>7</sub> <sup>179</sup>    | 3979 <sub>12</sub> <sup>178</sup>   | 4003 <sub>17</sub> <sup>177</sup>   | 4037 <sub>21</sub> <sup>175</sup>   | 4080 <sub>25</sub> <sup>173</sup>   | 4131 <sub>30</sub> <sup>171</sup>   | 4190 <sub>33</sub> <sup>168</sup>   | 4257 <sub>37</sub> <sup>165</sup>   | 4331 <sub>40</sub> <sup>161</sup>   | 4411   |
| 26       | 184 <sub>2</sub>   | 4332 <sub>7</sub> <sup>184</sup>    | 4345 <sub>11</sub> <sup>183</sup>   | 4367 <sub>15</sub> <sup>182</sup>   | 4398 <sub>20</sub> <sup>180</sup>   | 4437 <sub>23</sub> <sup>179</sup>   | 4483 <sub>27</sub> <sup>176</sup>   | 4537 <sub>31</sub> <sup>174</sup>   | 4598 <sub>34</sub> <sup>171</sup>   | 4666 <sub>37</sub> <sup>167</sup>   | 4739   |
| 28       | 189 <sub>2</sub>   | 4710 <sub>6</sub> <sup>189</sup>    | 4722 <sub>10</sub> <sup>188</sup>   | 4742 <sub>14</sub> <sup>187</sup>   | 4770 <sub>18</sub> <sup>186</sup>   | 4805 <sub>21</sub> <sup>184</sup>   | 4847 <sub>25</sub> <sup>182</sup>   | 4896 <sub>23</sub> <sup>180</sup>   | 4952 <sub>31</sub> <sup>177</sup>   | 5014 <sub>34</sub> <sup>174</sup>   | 5081   |
| 0,30     | 195 <sub>2</sub>   | 0,5099 <sub>6</sub> <sup>195</sup>  | 0,5110 <sub>9</sub> <sup>194</sup>  | 0,5128 <sub>13</sub> <sup>193</sup> | 0,5153 <sub>15</sub> <sup>192</sup> | 0,5185 <sub>19</sub> <sup>190</sup> | 0,5224 <sub>22</sub> <sup>188</sup> | 0,5268 <sub>25</sub> <sup>186</sup> | 0,5319 <sub>28</sub> <sup>184</sup> | 0,5375 <sub>31</sub> <sup>181</sup> | 0,5437 |
| 32       | 201 <sub>2</sub>   | 5501 <sub>5</sub> <sup>201</sup>    | 5511 <sub>8</sub> <sup>200</sup>    | 5527 <sub>11</sub> <sup>199</sup>   | 5550 <sub>14</sub> <sup>198</sup>   | 5579 <sub>17</sub> <sup>197</sup>   | 5614 <sub>20</sub> <sup>195</sup>   | 5654 <sub>23</sub> <sup>193</sup>   | 5700 <sub>25</sub> <sup>191</sup>   | 5751 <sub>28</sub> <sup>188</sup>   | 5807   |
| 34       | 208 <sub>2</sub>   | 5917 <sub>4</sub> <sup>203</sup>    | 5926 <sub>7</sub> <sup>208</sup>    | 5941 <sub>10</sub> <sup>207</sup>   | 5961 <sub>13</sub> <sup>206</sup>   | 5987 <sub>16</sub> <sup>204</sup>   | 6018 <sub>18</sub> <sup>202</sup>   | 6055 <sub>21</sub> <sup>200</sup>   | 6096 <sub>23</sub> <sup>198</sup>   | 6142 <sub>25</sub> <sup>196</sup>   | 6193   |
| 36       | 216 <sub>1</sub>   | 6349 <sub>4</sub> <sup>216</sup>    | 6357 <sub>7</sub> <sup>215</sup>    | 6370 <sub>9</sub> <sup>215</sup>    | 6388 <sub>12</sub> <sup>214</sup>   | 6411 <sub>14</sub> <sup>212</sup>   | 6439 <sub>16</sub> <sup>210</sup>   | 6472 <sub>18</sub> <sup>208</sup>   | 6509 <sub>21</sub> <sup>206</sup>   | 6550 <sub>22</sub> <sup>204</sup>   | 6595   |
| 38       | 225 <sub>1</sub>   | 6798 <sub>5</sub> <sup>225</sup>    | 6805 <sub>6</sub> <sup>224</sup>    | 6817 <sub>8</sub> <sup>223</sup>    | 6833 <sub>10</sub> <sup>222</sup>   | 6853 <sub>12</sub> <sup>221</sup>   | 6878 <sub>14</sub> <sup>219</sup>   | 6906 <sub>16</sub> <sup>217</sup>   | 6939 <sub>18</sub> <sup>215</sup>   | 6975 <sub>20</sub> <sup>212</sup>   | 7014   |
| 0,40     | 235 <sub>1</sub>   | 0,7267 <sub>3</sub> <sup>235</sup>  | 0,7273 <sub>5</sub> <sup>234</sup>  | 0,7283 <sub>7</sub> <sup>233</sup>  | 0,7297 <sub>9</sub> <sup>232</sup>  | 0,7314 <sub>11</sub> <sup>231</sup> | 0,7335 <sub>12</sub> <sup>229</sup> | 0,7360 <sub>14</sub> <sup>227</sup> | 0,7388 <sub>16</sub> <sup>225</sup> | 0,7419 <sub>17</sub> <sup>222</sup> | 0,7452 |
| 42       | 246 <sub>1</sub>   | 7758 <sub>3</sub> <sup>246</sup>    | 7763 <sub>4</sub> <sup>245</sup>    | 7772 <sub>6</sub> <sup>244</sup>    | 7783 <sub>7</sub> <sup>243</sup>    | 7797 <sub>9</sub> <sup>242</sup>    | 7815 <sub>10</sub> <sup>240</sup>   | 7835 <sub>12</sub> <sup>238</sup>   | 7858 <sub>13</sub> <sup>235</sup>   | 7884 <sub>14</sub> <sup>233</sup>   | 7912   |
| 44       | 258 <sub>1</sub>   | 8274 <sub>2</sub> <sup>258</sup>    | 8278 <sub>3</sub> <sup>257</sup>    | 8284 <sub>4</sub> <sup>256</sup>    | 8293 <sub>6</sub> <sup>255</sup>    | 8304 <sub>7</sub> <sup>254</sup>    | 8318 <sub>8</sub> <sup>252</sup>    | 8334 <sub>9</sub> <sup>249</sup>    | 8352 <sub>10</sub> <sup>247</sup>   | 8372 <sub>11</sub> <sup>244</sup>   | 8394   |
| 46       | 272 <sub>0</sub>   | 8817 <sub>1</sub> <sup>272</sup>    | 8820 <sub>2</sub> <sup>271</sup>    | 8824 <sub>3</sub> <sup>270</sup>    | 8830 <sub>4</sub> <sup>269</sup>    | 8838 <sub>5</sub> <sup>267</sup>    | 8848 <sub>6</sub> <sup>265</sup>    | 8859 <sub>6</sub> <sup>263</sup>    | 8871 <sub>7</sub> <sup>260</sup>    | 8885 <sub>8</sub> <sup>257</sup>    | 8901   |
| 48       | 287 <sub>0</sub>   | 9391 <sub>1</sub> <sup>287</sup>    | 9393 <sub>1</sub> <sup>286</sup>    | 9395 <sub>2</sub> <sup>285</sup>    | 9398 <sub>2</sub> <sup>284</sup>    | 9402 <sub>3</sub> <sup>282</sup>    | 9407 <sub>3</sub> <sup>280</sup>    | 9413 <sub>3</sub> <sup>277</sup>    | 9420 <sub>4</sub> <sup>274</sup>    | 9427 <sub>4</sub> <sup>271</sup>    | 9435   |
| 0,50     | 305 <sub>0</sub>   | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>304</sup>  | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>304</sup>  | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>303</sup>  | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>301</sup>  | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>299</sup>  | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>296</sup>  | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>293</sup>  | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>290</sup>  | 1,0000 <sub>0</sub> <sup>287</sup>  | 1,0000 |

| x    | y = 0,22 | 0,24       | 0,26       | 0,28       | 0,30       | 0,32       | 0,34       | 0,36       | 0,38       | 0,40       |
|------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0,00 | 96       | 0,2165 95  | 0,2355 94  | 0,2543 93  | 0,2729 92  | 0,2913 91  | 0,3095 90  | 0,3275 89  | 0,3452 88  | 0,3627 86  |
| 0,02 | 12       | 2188 11    | 2376 10    | 2562 10    | 2747 9     | 2930 8     | 3111 8     | 3290 7     | 3465 7     | 3640 6     |
| 0,04 | 35       | 2255 33    | 2437 31    | 2619 30    | 2800 27    | 2980 25    | 3158 24    | 3334 22    | 3508 21    | 3680 20    |
| 0,06 | 92       | 2362 64    | 2537 60    | 2712 46    | 2897 41    | 3062 41    | 3235 39    | 3407 37    | 3577 35    | 3746 33    |
| 0,08 | 87       | 2506 72    | 2671 67    | 2938 63    | 3005 59    | 3173 54    | 3340 53    | 3507 50    | 3673 43    | 3837 45    |
| 0,10 | 93       | 0,2681 83  | 0,2836 79  | 0,2993 78  | 0,3152 74  | 0,3312 70  | 0,3473 68  | 0,3633 63  | 0,3792 59  | 0,3951 57  |
| 0,12 | 107      | 2883 101   | 3028 96    | 3175 91    | 3325 86    | 3477 82    | 3629 76    | 3782 71    | 3936 73    | 4088 69    |
| 0,14 | 118      | 3108 113   | 3242 107   | 3380 101   | 3521 98    | 3664 94    | 3809 90    | 3951 86    | 4100 82    | 4247 79    |
| 0,16 | 65       | 3353 125   | 3478 118   | 3606 113   | 3738 108   | 3872 104   | 4009 100   | 4147 95    | 4285 93    | 4425 89    |
| 0,18 | 128      | 3616 131   | 3731 127   | 3850 122   | 3974 118   | 4100 114   | 4228 110   | 4353 106   | 4492 102   | 4622 98    |
| 0,20 | 51       | 0,3895 139 | 0,4001 135 | 0,4112 131 | 0,4227 127 | 0,4344 122 | 0,4465 118 | 0,4587 113 | 0,4711 109 | 0,4936 107 |
| 0,22 | 151      | 4168 147   | 4267 143   | 4399 139   | 4496 135   | 4606 131   | 4719 127   | 4833 123   | 4950 119   | 5067 116   |
| 0,24 | 158      | 4496 154   | 4587 150   | 4652 146   | 4781 142   | 4883 139   | 4988 135   | 5095 131   | 5205 127   | 5315 124   |
| 0,26 | 164      | 4818 161   | 4901 157   | 4989 154   | 5081 150   | 5175 149   | 5273 143   | 5373 139   | 5475 135   | 5578 132   |
| 0,28 | 171      | 5153 168   | 5230 164   | 5311 161   | 5395 157   | 5483 154   | 5573 150   | 5666 147   | 5761 143   | 5857 139   |
| 0,30 | 178      | 0,5503 175 | 0,5573 172 | 0,5647 168 | 0,5725 165 | 0,5806 161 | 0,5889 158 | 0,5974 154 | 0,6062 150 | 0,6153 147 |
| 0,32 | 185      | 5867 182   | 5931 179   | 5999 176   | 6070 172   | 6143 169   | 6220 165   | 6298 162   | 6378 158   | 6454 154   |
| 0,34 | 193      | 6247 190   | 6305 187   | 6366 184   | 6430 180   | 6497 177   | 6566 173   | 6637 170   | 6709 166   | 6783 162   |
| 0,36 | 201      | 6643 198   | 6695 195   | 6749 192   | 6807 188   | 6867 185   | 6928 181   | 6992 178   | 7057 174   | 7123 170   |
| 0,38 | 210      | 7057 207   | 7102 204   | 7150 200   | 7201 197   | 7253 193   | 7308 190   | 7364 186   | 7421 182   | 7479 178   |
| 0,40 | 219      | 0,7489 216 | 0,7528 213 | 0,7569 210 | 0,7613 206 | 0,7658 202 | 0,7705 199 | 0,7753 195 | 0,7802 191 | 0,7852 187 |
| 0,42 | 230      | 7942 227   | 7974 223   | 8009 220   | 8045 216   | 8082 212   | 8121 208   | 8161 204   | 8201 200   | 8243 195   |
| 0,44 | 241      | 8417 238   | 8443 234   | 8469 230   | 8497 226   | 8527 222   | 8557 218   | 8588 214   | 8619 210   | 8652 204   |
| 0,46 | 253      | 8917 250   | 8935 246   | 8953 242   | 8973 238   | 8993 233   | 9014 229   | 9036 224   | 9057 219   | 9080 214   |
| 0,48 | 257      | 9444 253   | 9453 250   | 9463 255   | 9473 250   | 9484 245   | 9495 240   | 9506 235   | 9517 229   | 9529 225   |
| 0,50 | 262      | 1,0000 278 | 1,0000 273 | 1,0000 269 | 1,0000 264 | 1,0000 258 | 1,0000 250 | 1,0000 247 | 1,0000 240 | 1,0000 235 |

| x    | y = 0,22 | 0,24       | 0,26       | 0,28       | 0,30       | 0,32       | 0,34       | 0,36       | 0,38       | 0,40       |
|------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0,00 | 96       | 0,2165 95  | 0,2355 94  | 0,2543 93  | 0,2729 92  | 0,2913 91  | 0,3095 90  | 0,3275 89  | 0,3452 88  | 0,3627 86  |
| 0,02 | 12       | 2188 11    | 2376 10    | 2562 10    | 2747 9     | 2930 8     | 3111 8     | 3290 7     | 3465 7     | 3640 6     |
| 0,04 | 35       | 2255 33    | 2437 31    | 2619 30    | 2800 27    | 2980 25    | 3158 24    | 3334 22    | 3508 21    | 3680 20    |
| 0,06 | 92       | 2362 64    | 2537 60    | 2712 46    | 2897 41    | 3062 41    | 3235 39    | 3407 37    | 3577 35    | 3746 33    |
| 0,08 | 87       | 2506 72    | 2671 67    | 2938 63    | 3005 59    | 3173 54    | 3340 53    | 3507 50    | 3673 43    | 3837 45    |
| 0,10 | 93       | 0,2681 83  | 0,2836 79  | 0,2993 78  | 0,3152 74  | 0,3312 70  | 0,3473 68  | 0,3633 63  | 0,3792 59  | 0,4103     |
| 0,12 | 107      | 2883 101   | 3028 96    | 3175 91    | 3325 86    | 3477 82    | 3629 76    | 3782 71    | 3936 73    | 4088 69    |
| 0,14 | 118      | 3108 113   | 3242 107   | 3380 101   | 3521 98    | 3664 94    | 3809 90    | 3951 86    | 4100 82    | 4247 79    |
| 0,16 | 65       | 3353 125   | 3478 118   | 3606 113   | 3738 108   | 3872 104   | 4009 100   | 4147 95    | 4285 93    | 4425 89    |
| 0,18 | 128      | 3616 131   | 3731 127   | 3850 122   | 3974 118   | 4100 114   | 4228 110   | 4353 106   | 4492 102   | 4622 98    |
| 0,20 | 51       | 0,3895 139 | 0,4001 135 | 0,4112 131 | 0,4227 127 | 0,4344 122 | 0,4465 118 | 0,4587 113 | 0,4711 109 | 0,4936 107 |
| 0,22 | 151      | 4168 147   | 4267 143   | 4399 139   | 4496 135   | 4606 131   | 4719 127   | 4833 123   | 4950 119   | 5067 116   |
| 0,24 | 158      | 4496 154   | 4587 150   | 4652 146   | 4781 142   | 4883 139   | 4988 135   | 5095 131   | 5205 127   | 5315 124   |
| 0,26 | 164      | 4818 161   | 4901 157   | 4989 154   | 5081 150   | 5175 149   | 5273 143   | 5373 139   | 5475 135   | 5578 132   |
| 0,28 | 171      | 5153 168   | 5230 164   | 5311 161   | 5395 157   | 5483 154   | 5573 150   | 5666 147   | 5761 143   | 5857 139   |
| 0,30 | 178      | 0,5503 175 | 0,5573 172 | 0,5647 168 | 0,5725 165 | 0,5806 161 | 0,5889 158 | 0,5974 154 | 0,6062 150 | 0,6153 147 |
| 0,32 | 185      | 5867 182   | 5931 179   | 5999 176   | 6070 172   | 6143 169   | 6220 165   | 6298 162   | 6378 158   | 6454 154   |
| 0,34 | 193      | 6247 190   | 6305 187   | 6366 184   | 6430 180   | 6497 177   | 6566 173   | 6637 170   | 6709 166   | 6783 162   |
| 0,36 | 201      | 6643 198   | 6695 195   | 6749 192   | 6807 188   | 6867 185   | 6928 181   | 6992 178   | 7057 174   | 7123 170   |
| 0,38 | 210      | 7057 207   | 7102 204   | 7150 200   | 7201 197   | 7253 193   | 7308 190   | 7364 186   | 7421 182   | 7479 178   |
| 0,40 | 219      | 0,7489 216 | 0,7528 213 | 0,7569 210 | 0,7613 206 | 0,7658 202 | 0,7705 199 | 0,7753 195 | 0,7802 191 | 0,7852 187 |
| 0,42 | 230      | 7942 227   | 7974 223   | 8009 220   | 8045 216   | 8082 212   | 8121 208   | 8161 204   | 8201 200   | 8243 195   |
| 0,44 | 241      | 8417 238   | 8443 234   | 8469 230   | 8497 226   | 8527 222   | 8557 218   | 8588 214   | 8619 210   | 8652 204   |
| 0,46 | 253      | 8917 250   | 8935 246   | 8953 242   | 8973 238   | 8993 233   | 9014 229   | 9036 224   | 9057 219   | 9080 214   |
| 0,48 | 257      | 9444 253   | 9453 250   | 9463 255   | 9473 250   | 9484 245   | 9495 240   | 9506 235   | 9517 229   | 9529 225   |
| 0,50 | 262      | 1,0000 278 | 1,0000 273 | 1,0000 269 | 1,0000 264 | 1,0000 258 | 1,0000 250 | 1,0000 247 | 1,0000 240 | 1,0000 235 |

| $x$  | $y = 0,02$ | 0,04            | 0,06             | 0,08             | 0,10             | 0,12             | 0,14             | 0,16             | 0,18             | 0,20             |
|------|------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0,00 | -          | 1,0000          | 0                | 1,0000           | 0                | 1,0000           | 0                | 1,0000           | 0                | 1,0000           |
| 0,02 | -          | 2612194<br>1078 | 57672117<br>535  | 69371517<br>346  | 76291185<br>223  | 8075102<br>153   | 8386107<br>114   | 8613383<br>37    | 8781807<br>63    | 8924538<br>55    |
| 0,04 | 0          | 1967822         | 36201074<br>625  | 48591034<br>457  | 5783973          | 6455810<br>533   | 6961102<br>195   | 7351631<br>154   | 7660563<br>125   | 7909507<br>103   |
| 0,06 | 0          | 1339616         | 2571521<br>531   | 3633618<br>440   | 4513615<br>358   | 5228513<br>391   | 5809516<br>237   | 6294514<br>192   | 6676492<br>122   | 7000554<br>137   |
| 0,08 | 0          | 1016162         | 1983294<br>442   | 2668283<br>322   | 3652340<br>310   | 4333448<br>294   | 4921444<br>249   | 5418433<br>214   | 5816415<br>184   | 6215383<br>159   |
| 0,10 | 0          | 0081998         | 0,1614374<br>377 | 0,2163253<br>315 | 0,3052300<br>312 | 0,3675259<br>279 | 0,4213344<br>247 | 0,4727345<br>219 | 0,5164311<br>193 | 0,5551322<br>171 |
| 12   | 0          | 068961          | 1364353          | 2011176<br>316   | 2620216<br>281   | 3186245<br>250   | 3706253<br>237   | 4180274<br>215   | 4600278<br>194   | 4997277<br>173   |
| 14   | 0          | 059641          | 116490           | 1753129<br>272   | 2297161<br>257   | 2812187<br>241   | 3291216<br>224   | 3741219<br>206   | 4156276<br>190   | 4536231<br>175   |
| 16   | 0          | 052731          | 104967<br>253    | 155998<br>246    | 2050124<br>210   | 2520146<br>213   | 2967164<br>211   | 3388177<br>197   | 3783187<br>184   | 4151192<br>172   |
| 18   | 0          | 047421          | 094562<br>231    | 140676<br>224    | 185597<br>217    | 2288121<br>198   | 2701132<br>193   | 3100144<br>183   | 3175151<br>177   | 3830161<br>167   |
| 0,20 | 0          | 0,043321        | 0,086241<br>215  | 0,128560<br>212  | 0,169973<br>207  | 0,210184<br>194  | 0,2489107<br>167 | 0,2863119<br>179 | 0,3220128<br>170 | 0,3560135<br>162 |
| 22   | 0          | 039917          | 079633           | 118749<br>192    | 157263<br>183    | 194877<br>83     | 231388<br>76     | 266688<br>70     | 3036107<br>63    | 3332114<br>55    |
| 24   | 0          | 037214          | 074127           | 110740<br>183    | 146852<br>177    | 182173<br>172    | 216673<br>168    | 2501182<br>163   | 252789<br>156    | 313297<br>151    |

| $x$  | $y = 0,02$ | 0,04           | 0,06            | 0,08            | 0,10            | 0,12            | 0,14            | 0,16            | 0,18            | 0,20            |
|------|------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 26   | 0          | 034911<br>174  | 069722<br>172   | 104133<br>169   | 137944<br>168   | 171653<br>164   | 204361<br>160   | 236369<br>155   | 267377<br>151   | 297582<br>146   |
| 28   | 0          | 03309<br>165   | 065919<br>163   | 098528<br>162   | 130935<br>159   | 162744<br>153   | 194052<br>152   | 224658<br>149   | 254554<br>145   | 283570<br>141   |
| 0,30 | 0          | 0,03158<br>157 | 0,062816<br>156 | 0,094023<br>154 | 0,124830<br>152 | 0,155337<br>150 | 0,185244<br>147 | 0,214750<br>144 | 0,243555<br>141 | 0,271660<br>137 |
| 32   | 0          | 03017<br>150   | 060213<br>149   | 090119<br>148   | 119725<br>147   | 149031<br>145   | 177937<br>142   | 206342<br>140   | 234246<br>137   | 261650<br>133   |
| 34   | 0          | 02906<br>145   | 058011<br>144   | 086816<br>143   | 115521<br>142   | 143826<br>140   | 171731<br>138   | 199335<br>136   | 226439<br>133   | 253043<br>130   |
| 36   | 0          | 02815<br>140   | 05629<br>140    | 084114<br>139   | 111918<br>138   | 139422<br>136   | 166626<br>134   | 193430<br>132   | 219833<br>130   | 245836<br>127   |
| 38   | 0          | 02744<br>137   | 05478<br>136    | 081911<br>135   | 108915<br>134   | 135818<br>133   | 162321<br>131   | 188524<br>129   | 214427<br>127   | 239839<br>125   |
| 0,40 | 0          | 0,02683<br>134 | 0,05356<br>133  | 0,08019<br>132  | 0,106612<br>131 | 0,132815<br>130 | 0,158817<br>129 | 0,184520<br>127 | 0,209922<br>125 | 0,234924<br>123 |
| 42   | 0          | 02632<br>131   | 05255<br>131    | 07877<br>130    | 10479<br>129    | 130512<br>128   | 156114<br>127   | 181416<br>125   | 206418<br>123   | 231119<br>121   |
| 44   | 0          | 02592<br>129   | 05184<br>129    | 07765<br>118    | 10327<br>127    | 12879<br>126    | 154010<br>125   | 179012<br>124   | 203713<br>120   | 228115<br>120   |
| 46   | 0          | 02571<br>128   | 05133<br>128    | 07684<br>127    | 10225<br>126    | 12756<br>125    | 152517<br>124   | 17738<br>123    | 20189<br>121    | 226010<br>119   |
| 48   | 0          | 02551<br>127   | 05102<br>127    | 07642<br>126    | 10163<br>126    | 12674<br>125    | 15164<br>123    | 17635<br>122    | 20076<br>120    | 22486<br>119    |
| 0,50 | 0          | 0,02550<br>127 | 0,05090<br>127  | 0,07621<br>126  | 0,10141<br>125  | 0,12651<br>124  | 0,15131<br>123  | 0,17602<br>122  | 0,20032<br>120  | 0,22442<br>119  |

| $x$  | $y = 0,22$ | $0,24$                               | $0,26$                               | $0,28$                               | $0,30$                               | $0,32$                               | $0,34$                               | $0,36$                               | $0,38$                              | $0,40$                              |
|------|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 0,00 | 0          | 1,0000                               | 0                                    | 1,0000                               | 0                                    | 1,0000                               | 0                                    | 1,0000                               | 0                                   | 1,0000                              |
| 0,02 | 463        | *9126 <sup>437</sup> <sub>38</sub>   | *9203 <sup>39</sup> <sub>33</sub>    | *9268 <sup>365</sup> <sub>23</sub>   | *9325 <sup>334</sup> <sub>25</sub>   | *9374 <sup>313</sup> <sub>22</sub>   | *9415 <sup>291</sup> <sub>19</sub>   | *9491 <sup>254</sup> <sub>16</sub>   | *9522 <sup>239</sup> <sub>14</sub>  | *9551                               |
| 0,04 | 460        | 8286 <sup>420</sup> <sub>73</sub>    | 8432 <sup>385</sup> <sub>63</sub>    | 8558 <sup>355</sup> <sub>63</sub>    | 8667 <sup>325</sup> <sub>43</sub>    | 876 <sup>316</sup> <sub>44</sub>     | 8847 <sup>285</sup> <sub>34</sub>    | 8923 <sup>257</sup> <sub>34</sub>    | 8931 <sup>235</sup> <sub>31</sub>   | 9052 <sup>215</sup> <sub>29</sub>   |
| 0,06 | 420        | 7610 <sup>488</sup> <sub>61</sub>    | 7712 <sup>40</sup> <sub>83</sub>     | 7887 <sup>355</sup> <sub>77</sub>    | 8041 <sup>313</sup> <sub>63</sub>    | 8178 <sup>292</sup> <sub>61</sub>    | 8299 <sup>271</sup> <sub>61</sub>    | 8408 <sup>257</sup> <sub>49</sub>    | 8506 <sup>235</sup> <sub>43</sub>   | 8595 <sup>213</sup> <sub>41</sub>   |
| 0,08 | 371        | 6310 <sup>420</sup> <sub>122</sub>   | 7055 <sup>373</sup> <sub>107</sub>   | 7267 <sup>319</sup> <sub>93</sub>    | 745 <sup>291</sup> <sub>83</sub>     | 7629 <sup>274</sup> <sub>76</sub>    | 7752 <sup>259</sup> <sub>69</sub>    | 7919 <sup>244</sup> <sub>63</sub>    | 8041 <sup>231</sup> <sub>57</sub>   | 8158 <sup>219</sup> <sub>51</sub>   |
| 0,10 | 321        | 0,6197 <sup>307</sup> <sub>135</sub> | 0,6467 <sup>294</sup> <sub>121</sub> | 0,6705 <sup>283</sup> <sub>109</sub> | 0,6917 <sup>274</sup> <sub>94</sub>  | 0,7123 <sup>253</sup> <sub>89</sub>  | 0,7300 <sup>241</sup> <sub>51</sub>  | 0,7461 <sup>229</sup> <sub>74</sub>  | 0,7603 <sup>218</sup> <sub>63</sub> | 0,7744 <sup>207</sup> <sub>52</sub> |
| 0,12 | 272        | 5665 <sup>298</sup> <sub>141</sub>   | 5951 <sup>253</sup> <sub>130</sub>   | 6211 <sup>219</sup> <sub>113</sub>   | 6447 <sup>210</sup> <sub>103</sub>   | 6563 <sup>201</sup> <sub>94</sub>    | 6835 <sup>192</sup> <sub>70</sub>    | 7037 <sup>181</sup> <sub>53</sub>    | 7205 <sup>170</sup> <sub>76</sub>   | 7357 <sup>153</sup> <sub>71</sub>   |
| 0,14 | 231        | 5206 <sup>279</sup> <sub>147</sub>   | 5501 <sup>235</sup> <sub>133</sub>   | 5771 <sup>220</sup> <sub>124</sub>   | 6019 <sup>214</sup> <sub>114</sub>   | 6247 <sup>201</sup> <sub>105</sub>   | 6458 <sup>191</sup> <sub>97</sub>    | 6652 <sup>184</sup> <sub>90</sub>    | 6933 <sup>173</sup> <sub>83</sub>   | 6999 <sup>159</sup> <sub>79</sub>   |
| 0,16 | 196        | 4814 <sup>190</sup> <sub>143</sub>   | 5110 <sup>195</sup> <sub>137</sub>   | 5364 <sup>193</sup> <sub>123</sub>   | 5539 <sup>190</sup> <sub>118</sub>   | 5576 <sup>184</sup> <sub>110</sub>   | 6096 <sup>171</sup> <sub>102</sub>   | 6301 <sup>176</sup> <sub>93</sub>    | 6492 <sup>170</sup> <sub>89</sub>   | 6670 <sup>165</sup> <sub>83</sub>   |
| 0,18 | 165        | 4477 <sup>165</sup> <sub>147</sub>   | 4771 <sup>163</sup> <sub>133</sub>   | 5047 <sup>160</sup> <sub>123</sub>   | 5305 <sup>167</sup> <sub>111</sub>   | 5546 <sup>165</sup> <sub>113</sub>   | 572 <sup>162</sup> <sub>108</sub>    | 5931 <sup>158</sup> <sub>99</sub>    | 6183 <sup>154</sup> <sub>93</sub>   | 6369 <sup>150</sup> <sub>88</sub>   |
| 0,20 | 140        | 0,4169 <sup>144</sup> <sub>135</sub> | 0,4479 <sup>146</sup> <sub>137</sub> | 0,4752 <sup>147</sup> <sub>127</sub> | 0,5011 <sup>147</sup> <sub>122</sub> | 0,5254 <sup>146</sup> <sub>115</sub> | 0,5493 <sup>144</sup> <sub>108</sub> | 0,5700 <sup>142</sup> <sub>102</sub> | 0,5904 <sup>139</sup> <sub>96</sub> | 0,6096 <sup>136</sup> <sub>91</sub> |
| 0,22 | 119        | 3942 <sup>124</sup> <sub>141</sub>   | 4226 <sup>126</sup> <sub>135</sub>   | 4496 <sup>128</sup> <sub>128</sub>   | 4753 <sup>129</sup> <sub>122</sub>   | 4906 <sup>127</sup> <sub>117</sub>   | 5130 <sup>127</sup> <sub>108</sub>   | 5446 <sup>127</sup> <sub>104</sub>   | 5554 <sup>125</sup> <sub>93</sub>   | 5637 <sub>123</sub>                 |
| 0,24 | 149        | 3730 <sup>106</sup> <sub>139</sub>   | 4008 <sup>104</sup> <sub>133</sub>   | 4273 <sup>111</sup> <sub>127</sub>   | 4527 <sup>113</sup> <sub>121</sub>   | 4769 <sup>113</sup> <sub>115</sub>   | 5000 <sup>115</sup> <sub>110</sub>   | 5220 <sup>113</sup> <sub>105</sub>   | 5430 <sup>112</sup> <sub>100</sub>  | 5629 <sup>110</sup> <sub>95</sub>   |
|      | 102        | 3730 <sup>106</sup> <sub>139</sub>   | 4008 <sup>104</sup> <sub>133</sub>   | 4273 <sup>111</sup> <sub>127</sub>   | 4527 <sup>113</sup> <sub>121</sub>   | 4769 <sup>113</sup> <sub>115</sub>   | 5000 <sup>115</sup> <sub>110</sub>   | 5220 <sup>113</sup> <sub>105</sub>   | 5430 <sup>112</sup> <sub>100</sub>  | 5629 <sup>110</sup> <sub>95</sub>   |

| $x$  | $y = 0,22$ | $0,24$                              | $0,26$                              | $0,28$                              | $0,30$                              | $0,32$                              | $0,34$                              | $0,36$                              | $0,38$                              | $0,40$                             |
|------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 0,26 | 87<br>141  | 3548 <sup>91</sup> <sub>36</sub>    | 3819 <sup>94</sup> <sub>130</sub>   | 4080 <sup>97</sup> <sub>115</sub>   | 4330 <sup>98</sup> <sub>120</sub>   | 4570 <sup>100</sup> <sub>115</sub>  | 4800 <sup>100</sup> <sub>110</sub>  | 5020 <sup>100</sup> <sub>105</sub>  | 5231 <sup>100</sup> <sub>101</sub>  | 5432 <sup>99</sup> <sub>96</sub>   |
| 0,28 | 74<br>137  | 3392 <sup>78</sup> <sub>122</sub>   | 3657 <sup>81</sup> <sub>128</sub>   | 3912 <sup>84</sup> <sub>123</sub>   | 4159 <sup>86</sup> <sub>119</sub>   | 4396 <sup>87</sup> <sub>114</sub>   | 4625 <sup>88</sup> <sub>110</sub>   | 4814 <sup>88</sup> <sub>105</sub>   | 5055 <sup>88</sup> <sub>101</sub>   | 5257 <sup>88</sup> <sub>97</sub>   |
| 0,30 | 64<br>133  | 0,3257 <sup>67</sup> <sub>129</sub> | 0,3516 <sup>70</sup> <sub>125</sub> | 0,3767 <sup>73</sup> <sub>121</sub> | 0,4010 <sup>75</sup> <sub>117</sub> | 0,4244 <sup>76</sup> <sub>113</sub> | 0,4471 <sup>77</sup> <sub>109</sub> | 0,4689 <sup>78</sup> <sub>105</sub> | 0,5101 <sup>78</sup> <sub>101</sub> | 0,5296 <sub>97</sub>               |
| 0,32 | 54<br>130  | 3143 <sup>57</sup> <sub>127</sub>   | 3396 <sup>60</sup> <sub>123</sub>   | 3642 <sup>62</sup> <sub>120</sub>   | 3881 <sup>64</sup> <sub>116</sub>   | 4113 <sup>66</sup> <sub>112</sub>   | 4337 <sup>67</sup> <sub>108</sub>   | 4554 <sup>67</sup> <sub>105</sub>   | 4761 <sup>68</sup> <sub>101</sub>   | 4966 <sup>68</sup> <sub>98</sub>   |
| 0,34 | 46<br>127  | 3045 <sup>49</sup> <sub>124</sub>   | 3293 <sup>51</sup> <sub>121</sub>   | 3536 <sup>53</sup> <sub>118</sub>   | 3771 <sup>55</sup> <sub>114</sub>   | 4000 <sup>57</sup> <sub>111</sub>   | 4222 <sup>58</sup> <sub>108</sub>   | 4437 <sup>58</sup> <sub>101</sub>   | 4646 <sup>59</sup> <sub>101</sub>   | 4848 <sup>59</sup> <sub>98</sub>   |
| 0,36 | 39<br>125  | 2962 <sup>41</sup> <sub>122</sub>   | 3207 <sup>43</sup> <sub>119</sub>   | 3445 <sup>45</sup> <sub>116</sub>   | 3677 <sup>47</sup> <sub>113</sub>   | 3903 <sup>48</sup> <sub>110</sub>   | 4123 <sup>50</sup> <sub>107</sub>   | 4333 <sup>50</sup> <sub>104</sub>   | 4545 <sup>51</sup> <sub>101</sub>   | 4746 <sup>51</sup> <sub>97</sub>   |
| 0,38 | 32<br>123  | 2894 <sup>34</sup> <sub>120</sub>   | 3134 <sup>36</sup> <sub>118</sub>   | 3369 <sup>38</sup> <sub>115</sub>   | 3598 <sup>39</sup> <sub>112</sub>   | 3822 <sup>41</sup> <sub>109</sub>   | 4040 <sup>42</sup> <sub>106</sub>   | 4253 <sup>42</sup> <sub>103</sub>   | 4459 <sup>43</sup> <sub>100</sub>   | 4660 <sup>43</sup> <sub>97</sub>   |
| 0,40 | 26<br>121  | 0,2837 <sup>28</sup> <sub>119</sub> | 0,3014 <sup>30</sup> <sub>116</sub> | 0,3306 <sup>31</sup> <sub>114</sub> | 0,3534 <sup>32</sup> <sub>111</sub> | 0,3755 <sup>33</sup> <sub>108</sub> | 0,3972 <sup>34</sup> <sub>106</sub> | 0,4183 <sup>35</sup> <sub>103</sub> | 0,4388 <sup>36</sup> <sub>100</sub> | 0,4533 <sup>36</sup> <sub>97</sub> |
| 0,42 | 21<br>119  | 2792 <sup>23</sup> <sub>117</sub>   | 3027 <sup>24</sup> <sub>115</sub>   | 3257 <sup>25</sup> <sub>113</sub>   | 3482 <sup>26</sup> <sub>110</sub>   | 3702 <sup>27</sup> <sub>108</sub>   | 3917 <sup>27</sup> <sub>105</sub>   | 4127 <sup>28</sup> <sub>102</sub>   | 4331 <sup>29</sup> <sub>100</sub>   | 4530 <sup>29</sup> <sub>97</sub>   |
| 0,44 | 16<br>118  | 2758 <sup>17</sup> <sub>116</sub>   | 2990 <sup>18</sup> <sub>114</sub>   | 3219 <sup>19</sup> <sub>112</sub>   | 3442 <sup>20</sup> <sub>109</sub>   | 3661 <sup>20</sup> <sub>107</sub>   | 3875 <sup>21</sup> <sub>104</sub>   | 4084 <sup>22</sup> <sub>102</sub>   | 4288 <sup>22</sup> <sub>101</sub>   | 4486 <sup>22</sup> <sub>97</sub>   |
| 0,46 | 11<br>118  | 2734 <sup>12</sup> <sub>116</sub>   | 2965 <sup>13</sup> <sub>113</sub>   | 3192 <sup>13</sup> <sub>111</sub>   | 3414 <sup>14</sup> <sub>109</sub>   | 3632 <sup>14</sup> <sub>107</sub>   | 3845 <sup>15</sup> <sub>104</sub>   | 4053 <sup>15</sup> <sub>102</sub>   | 4257 <sup>16</sup> <sub>99</sub>    | 4455 <sup>16</sup> <sub>97</sub>   |
| 0,48 | 7<br>117   | 2720 <sup>7</sup> <sub>118</sub>    | 2950 <sup>8</sup> <sub>115</sub>    | 3176 <sup>8</sup> <sub>111</sub>    | 3398 <sup>8</sup> <sub>109</sub>    | 3615 <sup>9</sup> <sub>106</sub>    | 3828 <sup>9</sup> <sub>104</sub>    | 4035 <sup>9</sup> <sub>102</sub>    | 4238 <sup>9</sup> <sub>99</sub>     | 4436 <sup>9</sup> <sub>97</sub>    |
| 0,50 | 2<br>117   | 0,2715 <sup>2</sup> <sub>115</sub>  | 0,2945 <sup>3</sup> <sub>113</sub>  | 0,3171 <sup>3</sup> <sub>111</sub>  | 0,3392 <sup>3</sup> <sub>109</sub>  | 0,3609 <sup>3</sup> <sub>106</sub>  | 0,3822 <sup>3</sup> <sub>104</sub>  | 0,4029 <sup>3</sup> <sub>101</sub>  | 0,4232 <sup>3</sup> <sub>99</sub>   | 0,4430 <sup>3</sup> <sub>96</sub>  |

| x    | y=0,42          | 0,44      | 0,46      | 0,48      | 0,50      | 0,52      | 0,54      | 0,56      | 0,58      | 0,60   |
|------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 0,00 | 85 0,3969 84    | 0,4136 82 | 0,4301 81 | 0,4452 79 | 0,4621 78 | 0,4777 76 | 0,4930 75 | 0,5050 73 | 0,5227 72 | 0,5370 |
| 0,02 | 685 3981 63     | 4148 62   | 4312 61   | 4473 59   | 4631 58   | 4767 56   | 4939 55   | 5059 53   | 5235 51   | 5379   |
| 0,04 | 1984 4018 18    | 4183 17   | 4345 17   | 4505 16   | 4662 15   | 4816 15   | 4967 14   | 5116 13   | 5262 13   | 5404   |
| 0,06 | 3182 4077 30    | 4240 29   | 4400 27   | 4557 26   | 4712 25   | 4865 24   | 5014 23   | 5161 22   | 5305 21   | 5446   |
| 0,08 | 4380 4160 11    | 4319 10   | 4476 97   | 4630 96   | 4783 95   | 4932 94   | 5079 93   | 5224 91   | 5365 89   | 5504   |
| 0,10 | 5578 0,4265 52  | 0,4420 50 | 0,4573 48 | 0,4723 47 | 0,4872 45 | 0,5018 43 | 0,5162 42 | 0,5304 40 | 0,5443 39 | 0,5579 |
| 0,12 | 6675 4391 63    | 4511 61   | 4659 58   | 4836 54   | 4980 51   | 5123 51   | 5263 50   | 5401 49   | 5536 47   | 5670   |
| 0,14 | 7673 4538 73    | 4682 70   | 4825 68   | 4966 65   | 5106 63   | 5244 61   | 5380 60   | 5514 57   | 5646 55   | 5776   |
| 0,16 | 8670 4703 69    | 4841 68   | 4979 77   | 5115 74   | 5250 72   | 5393 69   | 5534 67   | 5644 64   | 5772 63   | 5897   |
| 0,18 | 9566 4887 92    | 5019 89   | 5150 86   | 5281 83   | 5410 80   | 5538 78   | 5664 75   | 5789 73   | 5912 70   | 6033   |
| 0,20 | 10463 0,5087 00 | 0,5213 97 | 0,5338 94 | 0,5463 91 | 0,5586 88 | 0,5709 85 | 0,5830 83 | 0,5950 80 | 0,6067 78 | 0,6183 |
| 22   | 11259 5305 09   | 5424 105  | 5543 102  | 5661 99   | 5779 96   | 5895 93   | 6011 90   | 6125 88   | 6237 85   | 6348   |
| 24   | 12056 5538 17   | 5651 113  | 5763 110  | 5875 107  | 5986 104  | 6096 101  | 6216 98   | 6314 95   | 6421 92   | 6526   |

| x    | y=0,42          | 0,44       | 0,46       | 0,48       | 0,50       | 0,52       | 0,54       | 0,56       | 0,58       | 0,60   |
|------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 0,26 | 12853 5787 25   | 5893 21    | 5993 18    | 6103 14    | 6208 11    | 6312 08    | 6415 10    | 6517 10    | 6518 99    | 6718   |
| 28   | 13649 6052 49   | 6150 29    | 6248 25    | 6347 22    | 6445 18    | 6542 15    | 6639 12    | 6735 10    | 6829 10    | 6923   |
| 0,30 | 14345 0,6331 40 | 0,6422 31  | 0,6513 32  | 0,6605 29  | 0,6696 25  | 0,6786 22  | 0,6876 19  | 0,6965 15  | 0,7053 12  | 0,7140 |
| 32   | 15142 6625 17   | 6709 43    | 6793 40    | 6877 36    | 6961 33    | 7044 29    | 7127 25    | 7209 22    | 7291 19    | 7371   |
| 34   | 15838 6934 55   | 7010 51    | 7087 47    | 7163 43    | 7240 40    | 7316 36    | 7392 32    | 7465 29    | 7541 25    | 7614   |
| 36   | 16634 7259 62   | 7327 58    | 7396 54    | 7465 51    | 7533 47    | 7602 43    | 7669 39    | 7737 35    | 7803 31    | 7869   |
| 38   | 17430 7599 70   | 7659 66    | 7720 62    | 7780 58    | 7841 54    | 7901 50    | 7961 46    | 8020 42    | 8079 38    | 8137   |
| 0,40 | 18226 0,7955 17 | 0,8007 14  | 0,8059 10  | 0,8111 65  | 0,8163 61  | 0,8214 57  | 0,8266 53  | 0,8317 48  | 0,8367 44  | 0,8417 |
| 42   | 19621 8328 18   | 8370 182   | 8413 177   | 8457 173   | 8499 168   | 8542 164   | 8585 159   | 8627 155   | 8668 151   | 8709   |
| 44   | 20017 8718 95   | 8751 90    | 8784 85    | 8818 81    | 8851 76    | 8884 71    | 8917 66    | 8950 62    | 8982 57    | 9014   |
| 46   | 21912 9126 04   | 9149 99    | 9172 94    | 9195 92    | 9218 84    | 9271 78    | 9254 73    | 9286 68    | 9308 63    | 9330   |
| 48   | 2196 9553 14    | 9565 6     | 9577 202   | 9589 197   | 9601 191   | 9613 186   | 9625 180   | 9636 175   | 9648 170   | 9653   |
| 0,50 | 2300 1,0000 224 | 1,0000 218 | 1,0000 210 | 1,0000 206 | 1,0000 200 | 1,0000 194 | 1,0000 188 | 1,0000 182 | 1,0000 176 | 1,0000 |

| x    | y = 0,62 | 0,64      | 0,66      | 0,68      | 0,70      | 0,72      | 0,74      | 0,76      | 0,78      | 0,80      |        |
|------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 0,00 | 70       | 0,5511 62 | 0,5549 67 | 0,5784 66 | 0,5915 64 | 0,6044 63 | 0,6169 61 | 0,6291 60 | 0,6411 53 | 0,6527 51 | 0,6640 |
| 0,02 | 70       | 5519 69   | 5657 67   | 5791 64   | 5923 64   | 6051 63   | 6176 61   | 6293 60   | 6417 53   | 6533 57   | 6646   |
| 0,04 | 70       | 5544 68   | 5680 67   | 5811 65   | 5944 64   | 6072 62   | 6196 61   | 6318 59   | 6436 53   | 6552 56   | 6664   |
| 0,06 | 70       | 5584 68   | 5719 66   | 5852 65   | 5981 63   | 6107 62   | 6231 60   | 6351 59   | 6463 57   | 6583 56   | 6694   |
| 0,08 | 70       | 5641 67   | 5774 65   | 5901 64   | 6032 63   | 6156 61   | 6278 60   | 6397 59   | 6513 57   | 6626 53   | 6736   |
| 0,10 | 70       | 5713 65   | 5843 64   | 5972 63   | 6077 61   | 6219 61   | 6339 60   | 6456 59   | 6570 56   | 6681 54   | 6789   |
| 12   | 65       | 5830 61   | 5928 63   | 6053 61   | 6176 60   | 6296 59   | 6413 57   | 6527 56   | 6639 55   | 6748 54   | 6854   |
| 14   | 64       | 5903 61   | 6027 61   | 6149 60   | 6269 58   | 6386 57   | 6500 56   | 6612 54   | 6721 53   | 6837 52   | 6931   |
| 16   | 62       | 6010 59   | 6141 57   | 6259 55   | 6375 53   | 6489 52   | 6600 50   | 6703 49   | 6814 47   | 6917 45   | 7018   |
| 18   | 68       | 6152 60   | 6268 57   | 6383 62   | 6495 59   | 6605 56   | 6712 54   | 6817 51   | 6919 50   | 7019 49   | 7117   |
| 0,20 | 75       | 6298 73   | 6410 71   | 6520 68   | 6638 66   | 6733 64   | 6836 62   | 6937 60   | 7035 54   | 7132 47   | 7226   |
| 22   | 82       | 6457 80   | 6564 77   | 6670 75   | 6773 73   | 6874 70   | 6973 68   | 7070 66   | 7164 64   | 7256 62   | 7347   |
| 24   | 89       | 6530 86   | 6732 84   | 6832 81   | 6930 79   | 7027 75   | 7121 74   | 7213 72   | 7303 70   | 7391 67   | 7477   |

| x    | y = 0,62 | 0,64      | 0,66      | 0,68      | 0,70      | 0,72      | 0,74      | 0,76      | 0,78      | 0,80      |        |
|------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 0,26 | 95       | 6816 93   | 6912 97   | 7007 88   | 7100 85   | 7191 82   | 7281 80   | 7368 77   | 7453 75   | 7536 73   | 7618   |
| 28   | 102      | 7015 99   | 7105 97   | 7194 91   | 7282 91   | 7367 88   | 7451 85   | 7533 83   | 7614 80   | 7692 78   | 7768   |
| 0,30 | 109      | 0,7226 42 | 0,7311 40 | 0,7394 39 | 0,7475 40 | 0,7555 39 | 0,7633 39 | 0,7709 38 | 0,7784 35 | 0,7857 33 | 0,7928 |
| 32   | 115      | 7450 112  | 7528 109  | 7604 105  | 7680 102  | 7753 99   | 7825 95   | 7895 93   | 7965 90   | 8032 88   | 8098   |
| 34   | 122      | 7686 118  | 7757 115  | 7827 111  | 7895 108  | 7963 105  | 8028 101  | 8093 98   | 8155 95   | 8217 92   | 8277   |
| 36   | 128      | 7934 124  | 7998 120  | 8061 117  | 8122 113  | 8182 110  | 8241 107  | 8299 103  | 8356 100  | 8411 97   | 8464   |
| 38   | 134      | 8194 120  | 8250 125  | 8305 122  | 8360 119  | 8413 115  | 8465 112  | 8515 108  | 8565 105  | 8613 101  | 8661   |
| 0,40 | 140      | 0,8466 24 | 0,8514 22 | 0,8561 22 | 0,8608 21 | 0,8653 20 | 0,8693 19 | 0,8741 18 | 0,8783 19 | 0,8825 18 | 0,8865 |
| 42   | 146      | 8749 42   | 8789 38   | 8828 33   | 8866 29   | 8904 25   | 8940 21   | 8976 17   | 9011 14   | 9044 10   | 9077   |
| 44   | 152      | 9045 48   | 9075 43   | 9105 39   | 9135 34   | 9164 30   | 9192 26   | 9219 22   | 9246 18   | 9272 14   | 9298   |
| 46   | 158      | 9352 53   | 9373 49   | 9393 44   | 9414 39   | 9433 35   | 9453 30   | 9471 26   | 9490 22   | 9508 18   | 9525   |
| 48   | 164      | 9670 55   | 9681 51   | 9692 49   | 9702 45   | 9712 39   | 9722 35   | 9732 30   | 9741 25   | 9750 21   | 9759   |
| 0,50 | 171      | 1,0000 65 | 1,0000 60 | 1,0000 54 | 1,0000 49 | 1,0000 44 | 1,0000 39 | 1,0000 34 | 1,0000 29 | 1,0000 25 | 1,0000 |

| $x$  | $y - 0,42$ | $0,44$                              | $0,46$                              | $0,48$                              | $0,50$                              | $0,52$                              | $0,54$                              | $0,56$                              | $0,58$                              | $0,60$                              |
|------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 0,00 | 0          | 1,0000                              | 0                                   | 1,0000                              | 0                                   | 1,0000                              | 0                                   | 1,0000                              | 0                                   | 1,0000                              |
| 0,02 | 225<br>13  | *9576 <sup>712</sup> <sub>12</sub>  | *9600 <sup>30</sup> <sub>11</sub>   | *9622 <sup>189</sup> <sub>10</sub>  | *9642 <sup>79</sup> <sub>9</sub>    | *9660 <sup>179</sup> <sub>8</sub>   | *9677 <sup>161</sup> <sub>8</sub>   | *9693 <sup>153</sup> <sub>8</sub>   | *9705 <sup>146</sup> <sub>7</sub>   | *9722 <sup>139</sup> <sub>7</sub>   |
| 0,04 | 227<br>23  | 9158 <sup>209</sup> <sub>23</sub>   | 9205 <sup>138</sup> <sub>21</sub>   | 9247 <sup>187</sup> <sub>20</sub>   | 9287 <sup>177</sup> <sub>18</sub>   | 9324 <sup>168</sup> <sub>17</sub>   | 9358 <sup>160</sup> <sub>16</sub>   | 9389 <sup>152</sup> <sub>15</sub>   | 9419 <sup>145</sup> <sub>14</sub>   | 9447 <sup>138</sup> <sub>13</sub>   |
| 0,06 | 216<br>37  | 8750 <sup>204</sup> <sub>34</sub>   | 8519 <sup>193</sup> <sub>31</sub>   | 8881 <sup>181</sup> <sub>29</sub>   | 8939 <sup>174</sup> <sub>27</sub>   | 8993 <sup>165</sup> <sub>25</sub>   | 9044 <sup>157</sup> <sub>23</sub>   | 9090 <sup>149</sup> <sub>22</sub>   | 9134 <sup>142</sup> <sub>21</sub>   | 9175 <sup>136</sup> <sub>19</sub>   |
| 0,08 | 207<br>48  | 8357 <sup>197</sup> <sub>44</sub>   | 8445 <sup>187</sup> <sub>41</sub>   | 8527 <sup>177</sup> <sub>38</sub>   | 8602 <sup>160</sup> <sub>35</sub>   | 8672 <sup>150</sup> <sub>33</sub>   | 8738 <sup>133</sup> <sub>31</sub>   | 8799 <sup>146</sup> <sub>29</sub>   | 8856 <sup>139</sup> <sub>27</sub>   | 8910 <sup>133</sup> <sub>25</sub>   |
| 0,10 | 197<br>57  | 0,7982 <sup>188</sup> <sub>53</sub> | 0,8088 <sup>179</sup> <sub>49</sub> | 0,8186 <sup>170</sup> <sub>46</sub> | 0,8277 <sup>162</sup> <sub>44</sub> | 0,8363 <sup>153</sup> <sub>40</sub> | 0,8442 <sup>143</sup> <sub>37</sub> | 0,8517 <sup>141</sup> <sub>35</sub> | 0,8587 <sup>135</sup> <sub>33</sub> | 0,8652 <sup>129</sup> <sub>31</sub> |
| 0,12 | 185<br>65  | 7621 <sup>177</sup> <sub>61</sub>   | 7750 <sup>169</sup> <sub>57</sub>   | 7863 <sup>161</sup> <sub>53</sub>   | 7969 <sup>154</sup> <sub>49</sub>   | 8067 <sup>148</sup> <sub>46</sub>   | 8160 <sup>141</sup> <sub>43</sub>   | 8247 <sup>135</sup> <sub>41</sub>   | 8328 <sup>129</sup> <sub>38</sub>   | 8405 <sup>124</sup> <sub>36</sub>   |
| 0,14 | 172<br>72  | 7293 <sup>165</sup> <sub>67</sub>   | 7433 <sup>159</sup> <sub>63</sub>   | 7559 <sup>157</sup> <sub>59</sub>   | 7677 <sup>146</sup> <sub>55</sub>   | 7787 <sup>140</sup> <sub>52</sub>   | 7801 <sup>134</sup> <sub>49</sub>   | 7939 <sup>129</sup> <sub>46</sub>   | 8081 <sup>124</sup> <sub>43</sub>   | 8168 <sup>119</sup> <sub>41</sub>   |
| 0,16 | 159<br>78  | 6991 <sup>159</sup> <sub>73</sub>   | 7137 <sup>148</sup> <sub>68</sub>   | 7274 <sup>143</sup> <sub>64</sub>   | 7402 <sup>137</sup> <sub>61</sub>   | 7523 <sup>132</sup> <sub>57</sub>   | 7637 <sup>127</sup> <sub>54</sub>   | 7745 <sup>122</sup> <sub>51</sub>   | 7846 <sup>122</sup> <sub>49</sub>   | 7912 <sup>113</sup> <sub>45</sub>   |
| 0,18 | 146<br>82  | 6709 <sup>141</sup> <sub>77</sub>   | 6863 <sup>137</sup> <sub>73</sub>   | 7009 <sup>125</sup> <sub>69</sub>   | 7147 <sup>123</sup> <sub>65</sub>   | 7277 <sup>121</sup> <sub>61</sub>   | 7399 <sup>119</sup> <sub>58</sub>   | 7515 <sup>115</sup> <sub>55</sub>   | 7625 <sup>110</sup> <sub>52</sub>   | 7730 <sup>106</sup> <sub>49</sub>   |
| 0,20 | 133<br>86  | 0,6450 <sup>130</sup> <sub>81</sub> | 0,6612 <sup>126</sup> <sub>77</sub> | 0,6765 <sup>122</sup> <sub>73</sub> | 0,6910 <sup>118</sup> <sub>69</sub> | 0,7048 <sup>115</sup> <sub>65</sub> | 0,7178 <sup>111</sup> <sub>62</sub> | 0,7301 <sup>107</sup> <sub>59</sub> | 0,7419 <sup>103</sup> <sub>56</sub> | 0,7530 <sup>100</sup> <sub>53</sub> |
| 0,22 | 121<br>88  | 6214 <sup>118</sup> <sub>84</sub>   | 6382 <sup>115</sup> <sub>80</sub>   | 6541 <sup>112</sup> <sub>76</sub>   | 6692 <sup>109</sup> <sub>72</sub>   | 6916 <sup>106</sup> <sub>68</sub>   | 6973 <sup>103</sup> <sub>65</sub>   | 7103 <sup>99</sup> <sub>62</sub>    | 7225 <sup>96</sup> <sub>59</sub>    | 7344 <sup>93</sup> <sub>56</sub>    |
| 0,24 | 109<br>91  | 6000 <sup>107</sup> <sub>86</sub>   | 6173 <sup>105</sup> <sub>82</sub>   | 6337 <sup>102</sup> <sub>78</sub>   | 6493 <sup>100</sup> <sub>75</sub>   | 6642 <sup>97</sup> <sub>71</sub>    | 6784 <sup>94</sup> <sub>68</sub>    | 6920 <sup>92</sup> <sub>65</sub>    | 7049 <sup>89</sup> <sub>62</sub>    | 7172 <sup>86</sup> <sub>59</sub>    |

| $x$  | $y - 0,42$ | $0,44$                             | $0,46$                             | $0,48$                             | $0,50$                             | $0,52$                             | $0,54$                             | $0,56$                             | $0,58$                             | $0,60$                             |
|------|------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0,26 | 97<br>92   | 5808 <sup>96</sup> <sub>89</sub>   | 5986 <sup>93</sup> <sub>83</sub>   | 6152 <sup>91</sup> <sub>80</sub>   | 6312 <sup>91</sup> <sub>77</sub>   | 6466 <sup>88</sup> <sub>73</sub>   | 6612 <sup>86</sup> <sub>70</sub>   | 6752 <sup>84</sup> <sub>67</sub>   | 6886 <sup>82</sup> <sub>64</sub>   | 7014 <sup>79</sup> <sub>61</sub>   |
| 0,28 | 87<br>93   | 5636 <sup>86</sup> <sub>89</sub>   | 5815 <sup>85</sup> <sub>85</sub>   | 5985 <sup>83</sup> <sub>82</sub>   | 6149 <sup>82</sup> <sub>78</sub>   | 6305 <sup>80</sup> <sub>75</sub>   | 6456 <sup>78</sup> <sub>72</sub>   | 6599 <sup>76</sup> <sub>69</sub>   | 6737 <sup>74</sup> <sub>66</sub>   | 6859 <sup>72</sup> <sub>63</sub>   |
| 0,30 | 77<br>94   | 0,5483 <sup>77</sup> <sub>90</sub> | 0,5663 <sup>76</sup> <sub>86</sub> | 0,5836 <sup>75</sup> <sub>83</sub> | 0,6002 <sup>73</sup> <sub>80</sub> | 0,6161 <sup>72</sup> <sub>77</sub> | 0,6315 <sup>71</sup> <sub>73</sub> | 0,6461 <sup>69</sup> <sub>71</sub> | 0,6602 <sup>67</sup> <sub>68</sub> | 0,6738 <sup>66</sup> <sub>65</sub> |
| 0,32 | 68<br>94   | 5349 <sup>67</sup> <sub>91</sub>   | 5530 <sup>67</sup> <sub>87</sub>   | 5704 <sup>66</sup> <sub>84</sub>   | 5872 <sup>65</sup> <sub>80</sub>   | 6033 <sup>64</sup> <sub>78</sub>   | 6189 <sup>63</sup> <sub>75</sub>   | 6339 <sup>61</sup> <sub>72</sub>   | 6482 <sup>60</sup> <sub>69</sub>   | 6620 <sup>59</sup> <sub>66</sub>   |
| 0,34 | 59<br>94   | 5231 <sup>59</sup> <sub>91</sub>   | 5413 <sup>59</sup> <sub>88</sub>   | 5568 <sup>55</sup> <sub>85</sub>   | 5758 <sup>57</sup> <sub>82</sub>   | 5921 <sup>56</sup> <sub>79</sub>   | 6078 <sup>55</sup> <sub>76</sub>   | 6230 <sup>54</sup> <sub>73</sub>   | 6376 <sup>53</sup> <sub>70</sub>   | 6516 <sup>52</sup> <sub>68</sub>   |
| 0,36 | 51<br>94   | 5129 <sup>51</sup> <sub>91</sub>   | 5312 <sup>51</sup> <sub>88</sub>   | 5488 <sup>50</sup> <sub>85</sub>   | 5658 <sup>50</sup> <sub>82</sub>   | 5823 <sup>49</sup> <sub>79</sub>   | 5982 <sup>48</sup> <sub>77</sub>   | 6135 <sup>48</sup> <sub>74</sub>   | 6283 <sup>47</sup> <sub>71</sub>   | 6425 <sup>46</sup> <sub>69</sub>   |
| 0,38 | 43<br>94   | 5043 <sup>43</sup> <sub>91</sub>   | 5225 <sup>43</sup> <sub>88</sub>   | 5402 <sup>43</sup> <sub>86</sub>   | 5573 <sup>43</sup> <sub>83</sub>   | 5739 <sup>42</sup> <sub>80</sub>   | 5899 <sup>41</sup> <sub>77</sub>   | 6053 <sup>41</sup> <sub>75</sub>   | 6203 <sup>40</sup> <sub>72</sub>   | 6346 <sup>39</sup> <sub>70</sub>   |
| 0,40 | 36<br>94   | 0,4971 <sup>36</sup> <sub>91</sub> | 0,5153 <sup>35</sup> <sub>83</sub> | 0,5331 <sup>36</sup> <sub>86</sub> | 0,5502 <sup>36</sup> <sub>83</sub> | 0,5669 <sup>35</sup> <sub>80</sub> | 0,5829 <sup>35</sup> <sub>78</sub> | 0,5985 <sup>34</sup> <sub>75</sub> | 0,6135 <sup>34</sup> <sub>73</sub> | 0,6280 <sup>33</sup> <sub>70</sub> |
| 0,42 | 29<br>94   | 4913 <sup>29</sup> <sub>91</sub>   | 5095 <sup>29</sup> <sub>89</sub>   | 5273 <sup>29</sup> <sub>86</sub>   | 5445 <sup>29</sup> <sub>83</sub>   | 5612 <sup>28</sup> <sub>81</sub>   | 5773 <sup>28</sup> <sub>78</sub>   | 5929 <sup>28</sup> <sub>76</sub>   | 6081 <sup>27</sup> <sub>73</sub>   | 6227 <sup>27</sup> <sub>71</sub>   |
| 0,44 | 22<br>94   | 4868 <sup>22</sup> <sub>91</sub>   | 5051 <sup>22</sup> <sub>89</sub>   | 5228 <sup>22</sup> <sub>86</sub>   | 5401 <sup>22</sup> <sub>84</sub>   | 5568 <sup>22</sup> <sub>81</sub>   | 5730 <sup>22</sup> <sub>78</sub>   | 5887 <sup>21</sup> <sub>76</sub>   | 6038 <sup>21</sup> <sub>73</sub>   | 6185 <sup>21</sup> <sub>71</sub>   |
| 0,46 | 16<br>94   | 4836 <sup>16</sup> <sub>91</sub>   | 5019 <sup>16</sup> <sub>89</sub>   | 5197 <sup>16</sup> <sub>86</sub>   | 5369 <sup>16</sup> <sub>84</sub>   | 5537 <sup>16</sup> <sub>81</sub>   | 5699 <sup>15</sup> <sub>79</sub>   | 5856 <sup>15</sup> <sub>76</sub>   | 6008 <sup>15</sup> <sub>74</sub>   | 6156 <sup>15</sup> <sub>71</sub>   |
| 0,48 | 9<br>94    | 4817 <sup>10</sup> <sub>91</sub>   | 5000 <sup>9</sup> <sub>89</sub>    | 5178 <sup>9</sup> <sub>86</sub>    | 5350 <sup>9</sup> <sub>84</sub>    | 5518 <sup>9</sup> <sub>81</sub>    | 5680 <sup>9</sup> <sub>79</sub>    | 5838 <sup>9</sup> <sub>76</sub>    | 5990 <sup>9</sup> <sub>74</sub>    | 6138 <sup>9</sup> <sub>71</sub>    |
| 0,50 | 3<br>94    | 0,4811 <sup>3</sup> <sub>91</sub>  | 0,4994 <sup>3</sup> <sub>89</sub>  | 0,5172 <sup>3</sup> <sub>86</sub>  | 0,5344 <sup>3</sup> <sub>84</sub>  | 0,5512 <sup>3</sup> <sub>81</sub>  | 0,5674 <sup>3</sup> <sub>78</sub>  | 0,5832 <sup>3</sup> <sub>76</sub>  | 0,5934 <sup>3</sup> <sub>74</sub>  | 0,6132 <sup>3</sup> <sub>72</sub>  |

| x    |    | y=0,82    | 0,84      | 0,86      | 0,88      | 0,90      | 0,92      | 0,94      | 0,96      | 0,98      | 1,00   |
|------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 0,00 | 55 | 0,6751 54 | 0,6938 52 | 0,6963 51 | 0,7064 49 | 0,7163 48 | 0,7259 47 | 0,7352 45 | 0,7443 44 | 0,7531 43 | 0,7616 |
| 02   | 55 | 6756 34   | 6864 52   | 6968 51   | 7069 49   | 7168 48   | 7264 47   | 7357 45   | 7447 44   | 7535 43   | 7620   |
| 04   | 55 | 6774 43   | 6830 52   | 6984 51   | 7085 49   | 7183 48   | 7279 46   | 7371 45   | 7461 44   | 7543 42   | 7633   |
| 06   | 54 | 6803 14   | 6903 14   | 7011 14   | 7111 13   | 7209 13   | 7303 12   | 7395 12   | 7484 12   | 7571 11   | 7655   |
| 08   | 54 | 6843 20   | 6947 51   | 7049 19   | 7148 18   | 7244 18   | 7337 17   | 7428 17   | 7516 16   | 7602 16   | 7685   |
| 0,10 | 27 | 0,6895 23 | 0,6997 25 | 0,7097 24 | 0,7195 23 | 0,7289 23 | 0,7381 23 | 0,7470 21 | 0,7557 21 | 0,7641 20 | 0,7723 |
| 12   | 33 | 6958 31   | 7038 30   | 7156 29   | 7252 28   | 7341 27   | 7435 27   | 7522 26   | 7607 25   | 7690 24   | 7770   |
| 14   | 38 | 7032 37   | 7130 36   | 7226 35   | 7319 34   | 7409 33   | 7497 31   | 7583 31   | 7666 30   | 7746 29   | 7825   |
| 16   | 44 | 7116 42   | 7212 41   | 7305 40   | 7396 39   | 7481 37   | 7569 36   | 7653 35   | 7733 34   | 7812 33   | 7888   |
| 18   | 48 | 7212 43   | 7305 46   | 7395 45   | 7482 43   | 7568 42   | 7650 41   | 7731 39   | 7809 38   | 7885 37   | 7959   |
| 0,20 | 55 | 0,7318 53 | 0,7407 51 | 0,7494 50 | 0,7579 49 | 0,7661 47 | 0,7741 45 | 0,7818 41 | 0,7894 42 | 0,7967 41 | 0,8038 |
| 22   | 68 | 7434 63   | 7520 56   | 7603 55   | 7684 53   | 7763 51   | 7839 49   | 7914 48   | 7986 46   | 8056 45   | 8121   |

|     |      |     |            |            |            |            |            |           |           |           |           |        |
|-----|------|-----|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 8   | 24   | 65  | 7561 63    | 7642 61    | 7722 59    | 7799 57    | 7874 56    | 7947 54   | 8018 52   | 8087 50   | 8153 49   | 8218   |
| 34. | 26   | 70  | 7607 68    | 7774 66    | 7849 64    | 7922 62    | 7993 60    | 8063 58   | 8130 56   | 8195 54   | 8258 52   | 8319   |
| 19  | 28   | 75  | 7843 73    | 7915 71    | 7986 68    | 8055 66    | 8121 61    | 8186 62   | 8249 60   | 8311 58   | 8370 56   | 8428   |
|     | 0,30 | 80  | 0,7998 78  | 0,8065 75  | 0,8131 73  | 0,8195 70  | 0,8258 68  | 0,8318 66 | 0,8377 64 | 0,8434 62 | 0,8489 60 | 0,8543 |
|     | 32   | 85  | 8162 82    | 8224 80    | 8285 77    | 8344 74    | 8402 72    | 8457 70   | 8511 67   | 8564 65   | 8615 63   | 8664   |
|     | 34   | 89  | 8335 87    | 8392 84    | 8447 81    | 8501 78    | 8553 76    | 8604 73   | 8653 71   | 8701 68   | 8747 66   | 8792   |
|     | 36   | 94  | 8517 91    | 8568 87    | 8617 85    | 8665 82    | 8712 79    | 8757 77   | 8801 74   | 8844 72   | 8886 69   | 8926   |
|     | 38   | 98  | 8706 95    | 8751 92    | 8795 89    | 8837 86    | 8878 83    | 8918 80   | 8956 77   | 8994 75   | 9030 72   | 9065   |
|     | 0,40 | 102 | 0,8904 99  | 0,8942 96  | 0,8979 92  | 0,9015 89  | 0,9050 86  | 0,9084 83 | 0,9117 80 | 0,9149 78 | 0,9180 75 | 0,9210 |
|     | 42   | 106 | 9110 103   | 9141 99    | 9171 93    | 9201 93    | 9229 89    | 9257 86   | 9284 83   | 9310 80   | 9335 78   | 9359   |
|     | 44   | 110 | 9321 106   | 9346 103   | 9370 99    | 9392 96    | 9414 92    | 9435 89   | 9456 86   | 9476 83   | 9495 80   | 9514   |
|     | 46   | 114 | 9542 110   | 9558 103   | 9574 102   | 9590 99    | 9604 95    | 9619 92   | 9633 89   | 9646 85   | 9660 82   | 9672   |
|     | 48   | 117 | 9768 113   | 9776 109   | 9784 105   | 9792 101   | 9800 98    | 9807 94   | 9814 91   | 9821 88   | 9828 84   | 9834   |
|     | 0,50 | 120 | 1,0000 116 | 1,0000 112 | 1,0000 108 | 1,0000 104 | 1,0000 100 | 1,0000 96 | 1,0000 93 | 1,0000 89 | 1,0000 86 | 1,0000 |

| $x$  | $\frac{1}{v} = 0,98$ | $0,96$       | $0,94$       | $0,92$       | $0,90$       | $0,88$       | $0,86$       | $0,84$       | $0,82$       | $0,80$       |        |
|------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 0,00 | 42                   | 0,7700 43    | 0,7795 43    | 0,7871 43    | 0,7953 43    | 0,8043 44    | 0,8132 44    | 0,8219 44    | 0,8307 44    | 0,8395 44    | 0,8483 |
| 0,02 | 42                   | 7701 2 43    | 7780 2 43    | 7875 2 43    | 7961 2 43    | 8048 2 41    | 8135 2 41    | 8223 2 41    | 8310 2 41    | 8398 2 41    | 8486   |
| 0,04 | 42                   | 7717 6 43    | 7801 6 43    | 7837 6 43    | 7972 6 43    | 8059 6 43    | 8146 5 41    | 8233 5 41    | 8320         | 8407 4 41    | 8494   |
| 0,06 | 42                   | 7738 10 42   | 7821 10 42   | 7906 9 43    | 7991 9 43    | 8077 9 43    | 8163 9 43    | 8249 8 43    | 8335 8 43    | 8422 7 43    | 8508   |
| 0,08 | 41                   | 7767 14 41   | 7849 14 41   | 7933 14 41   | 8017 13 43   | 8101 13 43   | 8186 13 43   | 8272 11 43   | 8357 11 43   | 8442 10 43   | 8529   |
| 0,10 | 40                   | 0,7801 19 41 | 0,7885       | 0,7967 17 41 | 0,8050 17 43 | 0,8133 16 43 | 0,8217 15 42 | 0,8301 14 42 | 0,8385 14 42 | 0,8469 13 42 | 0,8553 |
| 12   | 40                   | 7840 45 31   | 7929 22 40   | 8000 21 40   | 8090 20 41   | 8172 19 41   | 8254 19 41   | 8336 18 41   | 8418 17 41   | 8501 16 41   |        |
| 14   | 39                   | 7902 27 39   | 7980 6 39    | 8059 23 40   | 8138 24 40   | 8218 23 40   | 8298 23 40   | 8378 21 40   | 8458 20 40   | 8539 19 40   | 8619   |
| 16   | 38                   | 7903 31 39   | 8039 29 39   | 8115 33 39   | 8192 27 39   | 8270 25 39   | 8318 25 39   | 8426 24 39   | 8504 23 39   | 8582 22 39   | 8660   |
| 18   | 36                   | 8032 31 37   | 8105 7 37    | 8179 31 37   | 8254 17 37   | 8329 29 37   | 8404 29 37   | 8479 27 37   | 8555 25 37   | 8631         | 8706   |
| 0,20 | 35                   | 0,8108 33 35 | 0,8179 37 35 | 0,8250 31 35 | 0,8322 31 33 | 0,8394 33 30 | 0,8466       | 0,8539 31 33 | 0,8612 29 36 | 0,8685 27 33 | 0,8757 |
| 22   | 34                   | 8191 42 34   | 8259 40 34   | 8328 39 34   | 8396 37 35   | 8466 38 35   | 8535         | 8605         | 8674 31 35   | 8744         | 8813   |

|          |       |              |             |              |              |              |              |              |              |              |         |      |
|----------|-------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|------|
| 24       | 47 32 | 8282 45 32   | 8347 44 32  | 8412 42 33   | 8477 41      | 8543         | 8609 37 33   | 8676 36 33   | 8742 34 33   | 8808 33 33   | 8874    |      |
| 26       | 51 30 | 8380 49 31   | 8441 47 31  | 8503         | 8565         | 8627 42 31   | 8689 40 31   | 8752 39 31   | 8815 36 31   | 8877 34 31   | 8940    |      |
| 28       | 54 28 | 8484         | 8542 50 29  | 8600         | 8658 47 29   | 8716 45 29   | 8775 43 29   | 8833 41 29   | 8892 39 29   | 8951 36 29   | 9009    |      |
| 0,30     | 58 26 | 0,8596 56 27 | 0,8649      | 0,8703 51 7  | 0,8757 49 27 | 0,8811 47 27 | 0,8865 45 27 | 0,8920 43 27 | 0,8975 41 27 | 0,9029 39 27 | 0,9083  |      |
| 32       | 61 24 | 8713 59 25   | 8762        | 8811 54      | 8861 52      | 8911         | 8961 48 25   | 9011 46 25   | 9061 43 25   | 9111 41 2    | 9161    |      |
| 34       | 64 22 | 8836 62 22   | 8881 22     | 8926 57 23   | 8971 55 23   | 9016 53 23   | 9062 50 23   | 9107 48 23   | 9152 46 2    | 9198 43 23   | 9243    |      |
| 36       | 67 20 | 8965 65 20   | 9005 62 20  | 9045         | 9086 57 20   | 9126 55 20   | 9166         | 9207 50 20   | 9248 49 20   | 9288 45 20   | 9328    |      |
| 38       | 70 17 | 9100         | 9135 65 18  | 9170 62 18   | 9205 60 1    | 9240 5 18    | 9276 55 18   | 9311 52 18   | 9346 49 18   | 9382         | 9417    |      |
| 0,40     | 72 15 | 0,9239       | 0,9269 67 5 | 0,9299 65 15 | 0,9329 62 15 | 0,9359 59 15 | 0,9389 57 15 | 0,9419 54 15 | 0,9449 51 1  | 0,9478       | 0,9508  |      |
| 42       | 75 12 | 9383 72 12   | 9408 69 12  | 9432 67 12   | 9456 64 12   | 9481         | 9505 58 1    | 9530 56 1    | 9554 52 12   | 9578 50 12   | 9602    |      |
| 44       | 77 9  | 9532         | 9551        | 9569 69 9    | 9588 66 9    | 9606 63      | 9625         | 9644         | 9662 54 9    | 9681 51 9    | 9699    |      |
| $\infty$ | 46    | 79 6         | 9685 76     | 9697         | 9710 70 6    | 9722 67 6    | 9735         | 9748         | 9760 58 6    | 9773         | 9785 52 | 9798 |
| 48       | 81 3  | 9841 78 3    | 9847 75 3   | 9854 72 3    | 9860 69 3    | 9866 66 3    | 9873 63 3    | 9879         | 9886 56      | 9892 53      | 9898    |      |
| 0,50     | 83 0  | 1,0000 80    | 1,0000      | 1,0000 73 0  | 1,0000       | 1,0000       | 1,0000       | 1,0000       | 1,0000       | 1,0000 54 0  | 1,0000  |      |

| $x$  |          | $y = 0,82$      | 0,84            | 0,86            | 0,88            | 0,90            | 0,92            | 0,94            | 0,96            | 0,98            | 1,00     |
|------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| 0,00 | 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0 |
| 02   | 84<br>4  | •9839 81<br>3   | •9846 77<br>3   | •9852 74<br>3   | •9858 71<br>3   | •9864 69<br>3   | •9870 65<br>3   | •9875 62<br>3   | •9880 60<br>2   | •9885 57<br>2   | •9890    |
| 04   | 84<br>7  | 9679 80<br>7    | 9692 77<br>6    | 9705 74<br>6    | 9717 71<br>6    | 9729 69<br>6    | 9740 65<br>5    | 9751 62<br>5    | 9761 60<br>5    | 9771 57<br>5    | 9780     |
| 06   | 83<br>11 | 9520 79<br>10   | 9510 76<br>10   | 9559 73<br>9    | 9578 70<br>9    | 9595 67<br>8    | 9612 64<br>8    | 9628 63<br>8    | 9643 59<br>7    | 9657 57<br>7    | 9671     |
| 08   | 81<br>14 | 9364 78<br>13   | 9390 75<br>13   | 9410 72<br>12   | 9440 69<br>12   | 9463 66<br>11   | 9485 63<br>11   | 9506 61<br>10   | 9526 58<br>10   | 9546 56<br>9    | 9564     |
| 0,10 | 80<br>17 | 0,9211 77<br>16 | 0,9244 73<br>16 | 0,9273 70<br>15 | 0,9305 69<br>14 | 0,9334 65<br>14 | 0,9361 62<br>13 | 0,9387 60<br>13 | 0,9412 57<br>13 | 0,9436 53<br>11 | 0,9459   |
| 12   | 78<br>20 | 9062 74<br>19   | 9101 71<br>19   | 9138 69<br>18   | 9171 66<br>17   | 9208 63<br>16   | 9240 60<br>16   | 9271 59<br>15   | 9301 56<br>14   | 9329 54<br>14   | 9356     |
| 14   | 75<br>23 | 8918 72<br>22   | 8963 69<br>21   | 9005 66<br>20   | 9016 64<br>20   | 9055 61<br>19   | 9122 59<br>18   | 9158 57<br>17   | 9192 54<br>16   | 9225 52<br>16   | 9256     |
| 16   | 72<br>26 | 8779 70<br>23   | 8829 67<br>21   | 8877 64<br>23   | 8923 62<br>23   | 8967 59<br>21   | 9009 57<br>20   | 9049 53<br>19   | 9087 52<br>18   | 9121 50<br>19   | 9159     |
| 18   | 69<br>29 | 8616 67<br>29   | 8701 61<br>27   | 8751 61<br>25   | 8805 59<br>24   | 8853 57<br>23   | 8900 55<br>22   | 8914 52<br>21   | 8986 50<br>20   | 9027 48<br>20   | 9066     |
| 0,20 | 66<br>32 | 0,8519 63<br>30 | 0,8579 61<br>29 | 0,8637 59<br>29 | 0,8692 56<br>26 | 0,8745 51<br>25 | 0,8793 52<br>24 | 0,8814 50<br>23 | 0,8830 49<br>22 | 0,8935 46<br>21 | 0,8977   |
| 22   | 62<br>34 | 8393 60<br>32   | 8464 58<br>31   | 8526 56<br>30   | 8585 54<br>29   | 8642 51<br>27   | 8696 50<br>26   | 8748 49<br>25   | 8793 46<br>24   | 8846 44<br>23   | 8892     |

|      |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |        |
|------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 24   | 59<br>36 | 8286 57<br>34   | 8355 54<br>33   | 8421 52<br>32   | 8484 50<br>30   | 8545 49<br>29   | 8603 47<br>28   | 8659 45<br>27   | 8712 43<br>26   | 8763 42<br>25   | 8812   |
| 26   | 55<br>38 | 8180 53<br>36   | 8253 51<br>35   | 8323 49<br>33   | 8390 47<br>32   | 8454 45<br>31   | 8515 44<br>30   | 8574 42<br>29   | 8631 41<br>27   | 8685 39<br>26   | 8737   |
| 28   | 51<br>40 | 8083 49<br>38   | 8159 47<br>37   | 8232 45<br>35   | 8302 44<br>34   | 8369 42<br>32   | 8434 41<br>31   | 8496 39<br>30   | 8555 38<br>29   | 8613 36<br>27   | 8667   |
| 0,30 | 47<br>41 | 0,7993 45<br>40 | 0,8072 43<br>38 | 0,8148 42<br>37 | 0,8221 40<br>35 | 0,8292 39<br>34 | 0,8359 38<br>32 | 0,8424 36<br>31 | 0,8486 35<br>30 | 0,8546 33<br>29 | 0,8603 |
| 32   | 42<br>43 | 7911 41<br>41   | 7994 39<br>39   | 8072 38<br>38   | 8148 37<br>36   | 8221 35<br>35   | 8291 34<br>34   | 8358 33<br>32   | 8422 32<br>31   | 8484 31<br>30   | 8544   |
| 34   | 38<br>44 | 7838 37<br>42   | 7923 35<br>41   | 8004 34<br>39   | 8082 33<br>38   | 8157 32<br>36   | 8229 31<br>35   | 8299 30<br>33   | 8365 29<br>32   | 8429 28<br>31   | 8491   |
| 36   | 34<br>45 | 7773 32<br>43   | 7860 31<br>42   | 7943 30<br>40   | 8024 29<br>39   | 8101 28<br>37   | 8175 27<br>36   | 8246 26<br>34   | 8314 25<br>33   | 8380 24<br>32   | 8444   |
| 38   | 29<br>46 | 7717 28<br>44   | 7806 27<br>43   | 7891 26<br>41   | 7973 25<br>39   | 8051 25<br>38   | 8127 24<br>36   | 8200 23<br>35   | 8270 22<br>34   | 8338 21<br>32   | 8402   |
| 0,40 | 25<br>47 | 0,7669 24<br>45 | 0,7759 23<br>43 | 0,7846 23<br>42 | 0,7929 22<br>40 | 0,8010 21<br>39 | 0,8087 20<br>37 | 0,8161 20<br>36 | 0,8233 19<br>31 | 0,8301 18<br>33 | 0,8367 |
| 42   | 20<br>47 | 7630 20<br>46   | 7721 19<br>44   | 7809 18<br>42   | 7894 18<br>41   | 7975 17<br>39   | 8054 17<br>38   | 8129 16<br>36   | 8202 15<br>35   | 8271 15<br>34   | 8339   |
| 44   | 16<br>48 | 7600 15<br>46   | 7692 15<br>44   | 7781 14<br>43   | 7866 14<br>41   | 7949 13<br>40   | 8028 13<br>39   | 8104 12<br>37   | 8178 12<br>35   | 8248 12<br>34   | 8316   |
| 46   | 11<br>48 | 7578 11<br>46   | 7671 11<br>45   | 7760 10<br>43   | 7847 10<br>41   | 7929 10<br>40   | 8009 9<br>39    | 8086 9<br>37    | 8161 9<br>36    | 8232 8<br>34    | 8300   |
| 48   | 7<br>48  | 7565 7<br>47    | 7658 6<br>45    | 7748 6<br>43    | 7835 6<br>42    | 7918 6<br>40    | 7998 6<br>39    | 8076 5<br>37    | 8150 5<br>36    | 8222 5<br>34    | 8290   |
| 0,50 | 2<br>49  | 0,7560 2<br>47  | 0,7654 2<br>45  | 0,7744 2<br>43  | 0,7831 2<br>42  | 0,7914 2<br>40  | 0,7995 2<br>39  | 0,8072 2<br>37  | 0,8146 2<br>36  | 0,8218 2<br>35  | 0,8287 |

| $x$  | $\frac{1}{y} - 0,95$ | 0,96                   | 0,94                   | 0,92                   | 0,90                   | 0,88                   | 0,86                   | 0,84                   | 0,82                   | 0,80                   |
|------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0,00 | 0                    | 1,0000 0               | 1,0000 0               | 1,0000 0               | 1,0000 0               | 1,0000 0               | 1,0000 0               | 1,0000 0               | 1,0000 0               | 1,0000 0               |
| 02   | $\frac{55}{2}$       | *9894 $\frac{53}{2}$   | *9399 $\frac{51}{2}$   | *9903 $\frac{49}{2}$   | *9008 $\frac{46}{2}$   | *9912 $\frac{44}{2}$   | *9917 $\frac{42}{2}$   | *9921 $\frac{39}{2}$   | *9926 $\frac{37}{2}$   | *9930 $\frac{35}{2}$   |
| 04   | $\frac{55}{6}$       | 9789 $\frac{53}{5}$    | 9793 $\frac{50}{5}$    | 9807 $\frac{48}{4}$    | 9816 $\frac{46}{4}$    | 9825 $\frac{44}{4}$    | 9834 $\frac{41}{4}$    | 9843 $\frac{39}{4}$    | 9851 $\frac{37}{4}$    | 9860 $\frac{35}{4}$    |
| 06   | $\frac{54}{7}$       | 9685 $\frac{52}{7}$    | 9693 $\frac{50}{7}$    | 9712 $\frac{48}{7}$    | 9725 $\frac{46}{7}$    | 9739 $\frac{44}{7}$    | 9752 $\frac{41}{7}$    | 9765 $\frac{39}{6}$    | 9778 $\frac{37}{6}$    | 9790 $\frac{35}{6}$    |
| 08   | $\frac{54}{9}$       | 9582 $\frac{52}{9}$    | 9600 $\frac{49}{9}$    | 9618 $\frac{47}{9}$    | 9636 $\frac{45}{9}$    | 9653 $\frac{43}{9}$    | 9671 $\frac{41}{9}$    | 9688 $\frac{39}{9}$    | 9705 $\frac{37}{8}$    | 9722 $\frac{35}{8}$    |
| 0,10 | $\frac{53}{11}$      | 0,9181 $\frac{51}{11}$ | 0,9503 $\frac{49}{11}$ | 0,9525 $\frac{47}{11}$ | 0,9547 $\frac{44}{11}$ | 0,9569 $\frac{42}{11}$ | 0,9591 $\frac{40}{11}$ | 0,9612 $\frac{38}{11}$ | 0,9633 $\frac{36}{10}$ | 0,9654 $\frac{34}{10}$ |
| 12   | $\frac{51}{13}$      | 9383 $\frac{49}{13}$   | 9109 $\frac{47}{13}$   | 9435 $\frac{45}{13}$   | 9461 $\frac{43}{13}$   | 9497 $\frac{41}{13}$   | 9513 $\frac{39}{13}$   | 9538 $\frac{37}{13}$   | 9564 $\frac{35}{12}$   | 9589 $\frac{33}{12}$   |
| 14   | $\frac{50}{15}$      | 9287 $\frac{48}{15}$   | 9317 $\frac{46}{15}$   | 9347 $\frac{44}{15}$   | 9377 $\frac{42}{15}$   | 9407 $\frac{40}{15}$   | 9437 $\frac{38}{15}$   | 9466 $\frac{36}{15}$   | 9495 $\frac{34}{14}$   | 9524 $\frac{32}{14}$   |
| 16   | $\frac{49}{17}$      | 9194 $\frac{46}{17}$   | 9228 $\frac{45}{17}$   | 9262 $\frac{43}{17}$   | 9296 $\frac{41}{17}$   | 9328 $\frac{39}{17}$   | 9363 $\frac{37}{17}$   | 9397 $\frac{35}{16}$   | 9429 $\frac{33}{16}$   | 9462 $\frac{31}{16}$   |
| 18   | $\frac{47}{19}$      | 9104 $\frac{45}{19}$   | 9142 $\frac{43}{19}$   | 9160 $\frac{41}{19}$   | 9218 $\frac{39}{19}$   | 9255 $\frac{37}{19}$   | 9292 $\frac{35}{19}$   | 9329 $\frac{33}{18}$   | 9366 $\frac{32}{18}$   | 9402 $\frac{30}{19}$   |
| 0,20 | $\frac{45}{21}$      | 0,9019 $\frac{43}{21}$ | 0,9060 $\frac{41}{21}$ | 0,9102 $\frac{39}{21}$ | 0,9143 $\frac{38}{21}$ | 0,9184 $\frac{36}{20}$ | 0,9225 $\frac{34}{20}$ | 0,9265 $\frac{32}{20}$ | 0,9305 $\frac{31}{21}$ | 0,9344 $\frac{29}{20}$ |
| 22   | $\frac{42}{23}$      | 8937 $\frac{41}{23}$   | 8983 $\frac{39}{22}$   | 9027 $\frac{38}{22}$   | 9072 $\frac{36}{21}$   | 9116 $\frac{34}{21}$   | 9160 $\frac{32}{22}$   | 9203 $\frac{31}{22}$   | 9247 $\frac{29}{21}$   | 9289 $\frac{27}{21}$   |

|      |                 |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |        |
|------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| 24   | $\frac{40}{24}$ | 8860 $\frac{39}{24}$   | 8908 $\frac{37}{24}$   | 8956 $\frac{35}{24}$   | 9004 $\frac{34}{24}$   | 9051 $\frac{32}{24}$   | 9098 $\frac{31}{23}$   | 9145 $\frac{29}{23}$   | 9192 $\frac{28}{23}$   | 9237 $\frac{26}{23}$   | 9283   |
| 26   | $\frac{38}{26}$ | 8788 $\frac{36}{25}$   | 8839 $\frac{35}{25}$   | 8890 $\frac{33}{25}$   | 8940 $\frac{32}{25}$   | 8991 $\frac{30}{25}$   | 9041 $\frac{29}{25}$   | 9090 $\frac{27}{25}$   | 9140 $\frac{26}{24}$   | 9188 $\frac{25}{24}$   | 9237   |
| 28   | $\frac{35}{27}$ | 8721 $\frac{34}{27}$   | 8775 $\frac{32}{27}$   | 8828 $\frac{31}{27}$   | 8881 $\frac{30}{27}$   | 8934 $\frac{28}{26}$   | 8987 $\frac{27}{26}$   | 9039 $\frac{26}{26}$   | 9091 $\frac{24}{26}$   | 9143 $\frac{23}{25}$   | 9194   |
| 0,30 | $\frac{32}{29}$ | 0,8659 $\frac{31}{28}$ | 0,8715 $\frac{30}{28}$ | 0,8771 $\frac{29}{28}$ | 0,8826 $\frac{27}{28}$ | 0,8882 $\frac{26}{28}$ | 0,8937 $\frac{25}{27}$ | 0,8992 $\frac{24}{27}$ | 0,9046 $\frac{23}{27}$ | 0,9100 $\frac{21}{27}$ | 0,9154 |
| 32   | $\frac{29}{29}$ | 8602 $\frac{28}{29}$   | 8660 $\frac{27}{29}$   | 8719 $\frac{26}{29}$   | 8777 $\frac{25}{29}$   | 8834 $\frac{24}{29}$   | 8892 $\frac{23}{29}$   | 8949 $\frac{22}{28}$   | 9006 $\frac{20}{28}$   | 9062 $\frac{19}{28}$   | 9117   |
| 34   | $\frac{27}{30}$ | 8551 $\frac{26}{30}$   | 8611 $\frac{25}{30}$   | 8671 $\frac{24}{30}$   | 8731 $\frac{23}{30}$   | 8791 $\frac{22}{30}$   | 8851 $\frac{21}{30}$   | 8910 $\frac{20}{29}$   | 8969 $\frac{19}{29}$   | 9027 $\frac{17}{29}$   | 9084   |
| 36   | $\frac{24}{31}$ | 8506 $\frac{23}{31}$   | 8568 $\frac{22}{31}$   | 8630 $\frac{21}{31}$   | 8691 $\frac{20}{31}$   | 8753 $\frac{19}{31}$   | 8814 $\frac{18}{30}$   | 8875 $\frac{17}{30}$   | 8936 $\frac{17}{30}$   | 8996 $\frac{16}{30}$   | 9055   |
| 38   | $\frac{21}{32}$ | 8466 $\frac{20}{32}$   | 8529 $\frac{19}{32}$   | 8593 $\frac{18}{32}$   | 8656 $\frac{18}{32}$   | 8719 $\frac{17}{31}$   | 8782 $\frac{16}{31}$   | 8845 $\frac{15}{31}$   | 8907 $\frac{14}{31}$   | 8968 $\frac{14}{30}$   | 9029   |
| 0,40 | $\frac{18}{32}$ | 0,8432 $\frac{17}{32}$ | 0,8497 $\frac{16}{32}$ | 0,8562 $\frac{16}{32}$ | 0,8626 $\frac{15}{32}$ | 0,8691 $\frac{14}{32}$ | 0,8755 $\frac{14}{32}$ | 0,8819 $\frac{13}{32}$ | 0,8883 $\frac{12}{31}$ | 0,8945 $\frac{12}{31}$ | 0,9007 |
| 42   | $\frac{14}{33}$ | 8405 $\frac{14}{33}$   | 8470 $\frac{13}{33}$   | 8536 $\frac{13}{33}$   | 8602 $\frac{12}{33}$   | 8668 $\frac{12}{33}$   | 8733 $\frac{11}{32}$   | 8798 $\frac{11}{32}$   | 8862 $\frac{10}{32}$   | 8926 $\frac{10}{32}$   | 8989   |
| 44   | $\frac{11}{33}$ | 8383 $\frac{11}{33}$   | 8450 $\frac{10}{33}$   | 8516 $\frac{10}{33}$   | 8583 $\frac{10}{33}$   | 8649 $\frac{9}{33}$    | 8715 $\frac{9}{33}$    | 8781 $\frac{8}{33}$    | 8846 $\frac{8}{32}$    | 8911 $\frac{7}{32}$    | 8975   |
| 46   | $\frac{8}{34}$  | 8367 $\frac{8}{34}$    | 8435 $\frac{7}{34}$    | 8502 $\frac{7}{34}$    | 8569 $\frac{7}{34}$    | 8636 $\frac{7}{33}$    | 8703 $\frac{6}{33}$    | 8769 $\frac{6}{33}$    | 8835 $\frac{6}{33}$    | 8901 $\frac{5}{32}$    | 8965   |
| 48   | $\frac{5}{34}$  | 8358 $\frac{5}{34}$    | 8426 $\frac{5}{34}$    | 8493 $\frac{4}{34}$    | 8561 $\frac{4}{34}$    | 8628 $\frac{4}{34}$    | 8695 $\frac{4}{33}$    | 8762 $\frac{4}{33}$    | 8828 $\frac{3}{33}$    | 8894 $\frac{3}{33}$    | 8959   |
| 0,50 | $\frac{2}{34}$  | 0,8355 $\frac{2}{34}$  | 0,8423 $\frac{2}{34}$  | 0,8490 $\frac{2}{34}$  | 0,8558 $\frac{1}{34}$  | 0,8626 $\frac{1}{34}$  | 0,8693 $\frac{1}{33}$  | 0,8760 $\frac{1}{33}$  | 0,8826 $\frac{1}{33}$  | 0,8892 $\frac{1}{33}$  | 0,8957 |

| $x$  | $\frac{1}{y} - 0.78$ | 0,76      | 0,74      | 0,72      | 0,70      | 0,68      | 0,66      | 0,64      | 0,62      | 0,60      |        |
|------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 0,00 | 41                   | 0,8570 44 | 0,8657 43 | 0,8744 43 | 0,8829 42 | 0,8914 42 | 0,8997 41 | 0,9073 40 | 0,9153 39 | 0,9236 38 | 0,9311 |
| 0,02 | 41                   | 8573 43   | 8660 43   | 8746 43   | 8831 42   | 8916 42   | 8999 41   | 9080 40   | 9160 39   | 9237 38   | 9312   |
| 0,04 | 43                   | 8581 43   | 8667 43   | 8753 42   | 8838 42   | 8922 41   | 9001 41   | 9083 40   | 9165 39   | 9242 38   | 9316   |
| 0,06 | 43                   | 8594 43   | 8680 43   | 8765 42   | 8849 42   | 8932 41   | 9014 40   | 9094 39   | 9173 38   | 9249 37   | 9323   |
| 0,08 | 43                   | 8613 42   | 8697 42   | 8781 42   | 8864 41   | 8946 40   | 9027 40   | 9106 39   | 9184 38   | 9259 37   | 9332   |
| 0,10 | 42                   | 0,8636 42 | 0,8719 41 | 0,8802 40 | 0,8894 40 | 0,8961 40 | 0,9044 39 | 0,9122 38 | 0,9198 37 | 0,9272 36 | 0,9344 |
| 0,12 | 41                   | 8665 41   | 8747 40   | 8827 40   | 8908 40   | 8987 39   | 9064 38   | 9141 37   | 9215 36   | 9288 35   | 9358   |
| 0,14 | 40                   | 8699 40   | 8778 39   | 8857 39   | 8935 38   | 9013 38   | 9088 37   | 9163 36   | 9236 35   | 9306 34   | 9375   |
| 0,16 | 39                   | 8738 39   | 8815 38   | 8892 38   | 8967 37   | 9042 37   | 9116 36   | 9188 35   | 9259 34   | 9327 33   | 9394   |
| 0,18 | 38                   | 8781 37   | 8856 37   | 8930 37   | 9003 36   | 9076 36   | 9147 35   | 9217 34   | 9285 33   | 9351 32   | 9415   |
| 0,20 | 36                   | 0,8830 35 | 0,8902 35 | 0,8973 35 | 0,9043 35 | 0,9113 34 | 0,9181 34 | 0,9248 33 | 0,9314 32 | 0,9378 31 | 0,9439 |
| 0,22 | 35                   | 8883 31   | 8951 34   | 9020 34   | 9097 33   | 9154 33   | 9219 32   | 9283 31   | 9346 30   | 9406 29   | 9465   |

|      |    |           |           |           |           |           |           |           |           |           |        |
|------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 24   | 30 | 8940 29   | 9005 27   | 9070 25   | 9134 24   | 9198 22   | 9260 20   | 9320 19   | 9380 17   | 9438 18   | 9493   |
| 26   | 33 | 9002 31   | 9063 29   | 9125 27   | 9185 25   | 9245 24   | 9303 22   | 9361 20   | 9417 18   | 9471 17   | 9524   |
| 28   | 35 | 9068 33   | 9125 31   | 9183 29   | 9239 27   | 9295 25   | 9350 23   | 9403 21   | 9456 20   | 9507 18   | 9556   |
| 0,30 | 37 | 0,9137 35 | 0,9191 33 | 0,9244 31 | 0,9297 29 | 0,9348 27 | 0,9399 25 | 0,9449 23 | 0,9497 21 | 0,9544 19 | 0,9590 |
| 32   | 39 | 9211 37   | 9260 35   | 9309 32   | 9357 30   | 9404 28   | 9451 26   | 9496 24   | 9541 22   | 9584 20   | 9625   |
| 34   | 41 | 9288 39   | 9332 36   | 9377 34   | 9420 32   | 9463 29   | 9505 27   | 9546 25   | 9586 23   | 9625 21   | 9662   |
| 36   | 43 | 9368 40   | 9408 38   | 9447 35   | 9486 32   | 9524 31   | 9561 28   | 9598 26   | 9633 24   | 9668 21   | 9701   |
| 38   | 44 | 9452 42   | 9486 39   | 9520 37   | 9554 34   | 9587 32   | 9620 29   | 9651 27   | 9682 24   | 9712 22   | 9741   |
| 0,40 | 46 | 0,9538 43 | 0,9567 40 | 0,9596 38 | 0,9624 35 | 0,9652 33 | 0,9680 30 | 0,9706 28 | 0,9733 25 | 0,9758 23 | 0,9782 |
| 42   | 47 | 9626 44   | 9650 42   | 9673 39   | 9697 36   | 9719 33   | 9741 31   | 9763 28   | 9784 26   | 9805 23   | 9824   |
| 44   | 48 | 9717 45   | 9735 43   | 9753 40   | 9771 37   | 9788 34   | 9805 32   | 9821 29   | 9837 26   | 9852 24   | 9867   |
| 46   | 49 | 9810 46   | 9822 44   | 9834 41   | 9846 39   | 9858 35   | 9869 32   | 9880 29   | 9891 27   | 9901 24   | 9911   |
| 48   | 50 | 9904 47   | 9910 44   | 9917 41   | 9923 38   | 9928 35   | 9934 33   | 9940 30   | 9945 27   | 9950 25   | 9955   |
| 0,50 | 51 | 1,0000 48 | 1,0000 45 | 1,0000 42 | 1,0000 39 | 1,0000 36 | 1,0000 33 | 1,0000 30 | 1,0000 27 | 1,0000 25 | 1,0000 |

| $x$  | $\frac{1}{y} = 0,58$ | 0,56         | 0,54         | 0,52        | 0,50        | 0,48        | 0,46        | 0,44        | 0,42        | 0,40        |        |
|------|----------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| 0,00 | 30                   | 0,9384 35    | 0,9453 33    | 0,9519 31   | 0,9532 29   | 0,9640 27   | 0,9695 25   | 0,9755 23   | 0,9790 20   | 0,9830 18   | 0,9866 |
| 02   | 38                   | 9385 1 35    | 9454 1 33    | 9520 0 31   | 9533 0 29   | 9641 0 27   | 9695 0 25   | 9745 0 23   | 9790 0 20   | 9831 0 18   | 9866   |
| 04   | 36                   | 9388 2 31    | 9457 2 33    | 9523 1 31   | 9535 1 29   | 9643 1 27   | 9697 1 25   | 9747 1 23   | 9792 1 20   | 9832 1 18   | 9867   |
| 06   | 36                   | 9394 3 31    | 9463 3 33    | 9528 3 31   | 9539 3 29   | 9647 2 27   | 9700 2 25   | 9749 1 22   | 9791 1 20   | 9833 1 18   | 9869   |
| 08   | 35                   | 9402 4 31    | 9470 4 33    | 9534 3 31   | 9535 3 29   | 9651 2 26   | 9704 2 24   | 9753 2 22   | 9797 1 20   | 9836 1 17   | 9870   |
| 0,10 | 33                   | 0,9413 5 33  | 0,9479 5 31  | 0,9542 4 30 | 0,9602 4 28 | 0,9658 3 26 | 0,9709 3 24 | 0,9757 2 22 | 0,9800 2 19 | 0,9839 1 17 | 0,9873 |
| 12   | 31                   | 9426 6 31    | 9491 6 31    | 9552 5 29   | 9611 4 27   | 9665 4 25   | 9716 3 23   | 9762 3 21   | 9805 2 19   | 9842 2 17   | 9876   |
| 14   | 33                   | 9441 8 32    | 9504 7 33    | 9561 6 29   | 9621 5 27   | 9674 4 25   | 9723 4 23   | 9760 3 21   | 9810 3 18   | 9847 2 16   | 9879   |
| 16   | 32                   | 9458 9 31    | 9519 8 29    | 9577 7 29   | 9633 6 26   | 9684 5 24   | 9732 4 22   | 9776 4 20   | 9816 3 18   | 9851 2 16   | 9883   |
| 18   | 31                   | 9477 10 30   | 9536 9 28    | 9593 8 27   | 9616 7 25   | 9695 6 23   | 9742 5 21   | 9784 4 19   | 9822 3 17   | 9857 3 15   | 9887   |
| 0,20 | 30                   | 0,9499 11 28 | 0,9555 10 27 | 0,9609 8 26 | 0,9660 7 24 | 0,9708 6 22 | 0,9752 5 20 | 0,9793 5 18 | 0,9830 4 16 | 0,9863 3 14 | 0,9892 |
| 22   | 28                   | 9522 12 27   | 9576 10 26   | 9628 9 24   | 9676 8 23   | 9722 7 21   | 9764 6 19   | 9803 5 18   | 9838 4 16   | 9869 3 14   | 9897   |

|      |       |              |              |              |              |             |             |             |             |             |        |
|------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| 24   | 14 27 | 9547 13 26   | 9598 11 24   | 9647 10 23   | 9693 9 22    | 9737 7 20   | 9777 6 18   | 9813 5 17   | 9846 4 15   | 9876 4 13   | 9902   |
| 26   | 15 25 | 9574 14 24   | 9622 12 23   | 9668 11 22   | 9712 9 20    | 9752 8 19   | 9790 7 17   | 9825 6 16   | 9856 5 14   | 9884 4 12   | 9908   |
| 28   | 16 24 | 9603 14 23   | 9648 13 21   | 9691 11 20   | 9731 10 19   | 9769 8 18   | 9804 7 16   | 9836 6 15   | 9866 5 13   | 9892 4 11   | 9914   |
| 0,30 | 17 22 | 0,9633 15 21 | 0,9675 14 20 | 0,9715 12 19 | 0,9752 10 18 | 0,9787 9 16 | 0,9819 8 15 | 0,9849 6 13 | 0,9876 5 12 | 0,9900 4 11 | 0,9921 |
| 32   | 18 20 | 9665 16 19   | 9703 14 18   | 9740 12 17   | 9774 11 16   | 9806 9 15   | 9835 8 14   | 9862 7 12   | 9887 5 11   | 9909 4 10   | 9928   |
| 34   | 19 18 | 9698 17 17   | 9733 15 16   | 9766 13 15   | 9796 11 14   | 9825 10 13  | 9852 8 12   | 9876 7 11   | 9898 6 10   | 9918 5 9    | 9935   |
| 36   | 19 16 | 9733 17 15   | 9764 15 15   | 9793 13 14   | 9820 12 13   | 9845 10 12  | 9869 9 11   | 9890 7 10   | 9910 6 9    | 9928 5 8    | 9943   |
| 38   | 20 14 | 9769 18 13   | 9795 16 13   | 9820 14 12   | 9844 12 11   | 9866 10 10  | 9887 9 9    | 9905 7 9    | 9922 6 8    | 9937 5 7    | 9950   |
| 0,40 | 21 12 | 0,9806 18 11 | 0,9828 16 11 | 0,9879 14 10 | 0,9869 12 9  | 0,9887 11 9 | 0,9905 9 8  | 0,9920 8 7  | 0,9935 6 6  | 0,9947 5 6  | 0,9958 |
| 42   | 21 9  | 9843 19 9    | 9861 17 9    | 9878 15 8    | 9894 13 7    | 9909 11 7   | 9923 9 6    | 9936 8 6    | 9947 6 5    | 9958 5 4    | 9967   |
| 44   | 22 7  | 9882 19 7    | 9895 17 6    | 9908 15 6    | 9920 13 6    | 9932 11 5   | 9942 9 5    | 9952 8 4    | 9960 6 4    | 9968 5 3    | 9975   |
| 46   | 22 5  | 9921 20 5    | 9930 17 4    | 9938 15 4    | 9947 13 4    | 9954 11 4   | 9961 10 3   | 9968 8 3    | 9973 7 3    | 9979 5 2    | 9983   |
| 48   | 22 2  | 9960 20 2    | 9965 18 2    | 9969 15 2    | 9973 13 2    | 9977 11 2   | 9981 10 2   | 9984 8 1    | 9987 7 1    | 9989 5 1    | 9992   |
| 0,50 | 22 0  | 1,0000 20 0  | 1,0000 18 0  | 1,0000 15 0  | 1,0000 13 0  | 1,0000 12 0 | 1,0000 10 0 | 1,0000 8 0  | 1,0000 7 0  | 1,0000 5 0  | 1,0000 |

| $x$  | $\frac{1}{y} = 0,78$ | 0,76            | 0,74            | 0,72            | 0,70            | 0,68            | 0,66            | 0,64            | 0,62            | 0,60            |
|------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0,00 | 0                    | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        | 1,0000 0        |
| 02   | 33<br>2              | •9939 31<br>2   | •9942 29<br>2   | •9946 27<br>2   | •9950 25<br>2   | •9951 23<br>2   | •9955 21<br>2   | •9961 19<br>2   | •9965 18<br>2   | •9968 16<br>2   |
| 04   | 33<br>4              | 9876 31<br>4    | 9885 29<br>4    | 9893 27<br>4    | 9900 25<br>4    | 9909 23<br>4    | 9916 21<br>4    | 9923 19<br>4    | 9930 18<br>3    | 9937 16<br>3    |
| 06   | 31<br>6              | 9815 31<br>6    | 9827 29<br>6    | 9839 27<br>6    | 9851 25<br>6    | 9863 23<br>6    | 9874 21<br>5    | 9885 19<br>5    | 9895 17<br>3    | 9905 15<br>5    |
| 08   | 32<br>8              | 9755 30<br>8    | 9771 29<br>8    | 9787 28<br>8    | 9802 26<br>8    | 9818 25<br>7    | 983 21<br>7     | 9817 19<br>7    | 9861 17<br>7    | 9874 16<br>6    |
| 0,10 | 32<br>10             | 0,9695 30<br>10 | 0,9716 29<br>10 | 0,9735 28<br>10 | 0,9754 27<br>9  | 0,9773 26<br>9  | 0,9792 25<br>9  | 0,9810 19<br>9  | 0,9827 17<br>8  | 0,9843 15<br>8  |
| 12   | 31<br>12             | 9637 29<br>12   | 9661 27<br>13   | 9685 25<br>12   | 9708 23<br>11   | 9730 22<br>11   | 9752 20<br>11   | 9773 18<br>10   | 9794 17<br>10   | 9814 15<br>10   |
| 14   | 30<br>14             | 9581 28<br>14   | 9608 27<br>14   | 9635 25<br>13   | 9662 23<br>13   | 9689 21<br>13   | 9713 19<br>12   | 9738 18<br>12   | 9761 16<br>12   | 9784 15<br>11   |
| 16   | 29<br>16             | 9526 27<br>16   | 9557 26<br>15   | 9588 24<br>15   | 9618 22<br>15   | 9647 21<br>14   | 9676 19<br>14   | 9703 17<br>13   | 9720 16<br>13   | 9756 14<br>12   |
| 18   | 28<br>18             | 9473 26<br>17   | 9507 25<br>17   | 9541 23<br>17   | 9575 21<br>16   | 9607 20<br>16   | 9639 18<br>15   | 9670 17<br>15   | 9700 15<br>14   | 9729 14<br>14   |
| 0,20 | 27<br>19             | 0,9422 25<br>19 | 0,9460 24<br>19 | 0,9497 22<br>18 | 0,9534 21<br>19 | 0,9569 19<br>17 | 0,9604 17<br>17 | 0,9638 16<br>15 | 0,9671 15<br>15 | 0,9702 13<br>15 |
| 22   | 26<br>21             | 9373 24<br>21   | 9415 23<br>20   | 9455 21<br>20   | 9494 20<br>19   | 9533 18<br>19   | 9571 17<br>19   | 9608 15<br>18   | 9643 14<br>17   | 9677 13<br>16   |
| 24   | 25<br>22             | 9327 23<br>22   | 9372 22<br>22   | 9415 20<br>21   | 9457 19<br>21   | 9499 17<br>20   | 9539 16<br>20   | 9579 15<br>19   | 9617 13<br>18   | 9654 12<br>17   |
| 26   | 23<br>24             | 9284 22<br>23   | 9331 20<br>23   | 9377 19<br>23   | 9422 18<br>22   | 9466 16<br>22   | 9510 15<br>21   | 9551 14<br>20   | 9592 12<br>20   | 9631 11<br>19   |
| 28   | 22<br>25             | 9244 20<br>25   | 9293 19<br>24   | 9342 18<br>24   | 9390 13<br>23   | 9436 15<br>23   | 9482 14<br>22   | 9526 13<br>21   | 9569 12<br>21   | 9610 10<br>20   |
| 0,30 | 20<br>26             | 0,9206 19<br>26 | 0,9253 18<br>25 | 0,9309 16<br>25 | 0,9359 15<br>24 | 0,9408 14<br>24 | 0,9456 13<br>23 | 0,9502 12<br>22 | 0,9547 11<br>22 | 0,9591 10<br>21 |
| 32   | 18<br>27             | 9172 17<br>27   | 9226 16<br>27   | 9279 15<br>26   | 9331 14<br>26   | 9382 13<br>25   | 9432 12<br>24   | 9481 11<br>23   | 9528 10<br>23   | 9573 9<br>22    |
| 34   | 17<br>28             | 9141 16<br>28   | 9197 15<br>28   | 9252 14<br>27   | 9306 13<br>27   | 9359 12<br>26   | 9411 11<br>25   | 9461 10<br>24   | 9510 9<br>24    | 9557 8<br>23    |
| 36   | 15<br>29             | 9114 14<br>29   | 9171 13<br>28   | 9228 12<br>28   | 9284 11<br>27   | 9339 10<br>27   | 9392 10<br>26   | 9444 9<br>25    | 9494 8<br>24    | 9542 7<br>23    |
| 38   | 13<br>30             | 9089 12<br>30   | 9149 11<br>29   | 9207 11<br>29   | 9264 10<br>28   | 9320 9<br>27    | 9375 8<br>27    | 9428 8<br>26    | 9480 7<br>25    | 9530 6<br>24    |
| 0,40 | 11<br>31             | 0,9069 10<br>30 | 0,9129 10<br>30 | 0,9189 9<br>29  | 0,9248 8<br>29  | 0,9305 8<br>28  | 0,9361 7<br>27  | 0,9415 7<br>26  | 0,9468 6<br>25  | 0,9519 5<br>25  |
| 42   | 9<br>31              | 9052 8<br>31    | 9114 8<br>30    | 9174 7<br>30    | 9234 7<br>29    | 9292 6<br>29    | 9349 6<br>28    | 9405 5<br>27    | 9458 5<br>26    | 9510 4<br>25    |
| 44   | 8<br>32              | 9039 7<br>31    | 9101 6<br>31    | 9163 6<br>30    | 9223 5<br>30    | 9282 5<br>29    | 9340 5<br>28    | 9396 4<br>27    | 9451 4<br>26    | 9503 3<br>25    |
| 46   | 5<br>32              | 9029 5<br>32    | 9092 4<br>31    | 9155 4<br>31    | 2216 4<br>30    | 9275 4<br>29    | 9334 3<br>28    | 9390 3<br>28    | 9445 3<br>27    | 9498 3<br>26    |
| 48   | 3<br>32              | 9024 3<br>32    | 9087 3<br>31    | 9150 2<br>31    | 9211 2<br>30    | 9271 2<br>29    | 9330 2<br>29    | 9387 2<br>28    | 9442 2<br>27    | 9495 2<br>26    |
| 0,50 | 1<br>32              | 0,9022 1<br>32  | 0,9085 1<br>31  | 0,9148 1<br>31  | 0,9209 1<br>30  | 0,9270 1<br>29  | 0,9328 1<br>29  | 0,9385 1<br>28  | 0,9441 1<br>27  | 0,9494 1<br>26  |

| x    | y  | $\frac{1}{y} - 0,58$ | 0,56                 | 0,54                 | 0,52                 | 0,50                 | 0,48                | 0,46                | 0,44                | 0,42                | 0,40                |
|------|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0,00 | 0  | 1,0000               | 1,0000               | 1,0000               | 1,0000               | 1,0000               | 1,0000              | 1,0000              | 1,0000              | 1,0000              | 1,0000              |
| 0,02 | 14 | *9975 <sub>13</sub>  | *9978 <sub>11</sub>  | *9980 <sub>10</sub>  | *9983 <sub>9</sub>   | *9985 <sub>7</sub>   | *9988 <sub>5</sub>  | *9990 <sub>3</sub>  | *9992 <sub>1</sub>  | *9993 <sub>3</sub>  | *9995 <sub>5</sub>  |
| 0,04 | 13 | 9919 <sub>13</sub>   | 9955 <sub>13</sub>   | 9961 <sub>10</sub>   | 9966 <sub>9</sub>    | 9971 <sub>7</sub>    | 9975 <sub>5</sub>   | 9979 <sub>3</sub>   | 9983 <sub>1</sub>   | 9986 <sub>3</sub>   | 9989 <sub>5</sub>   |
| 0,06 | 15 | 9924 <sub>13</sub>   | 9933 <sub>11</sub>   | 9941 <sub>10</sub>   | 9949 <sub>9</sub>    | 9955 <sub>7</sub>    | 9963 <sub>5</sub>   | 9969 <sub>3</sub>   | 9975 <sub>1</sub>   | 9980 <sub>3</sub>   | 9984 <sub>5</sub>   |
| 0,08 | 14 | 9899 <sub>12</sub>   | 9911 <sub>11</sub>   | 9922 <sub>10</sub>   | 9932 <sub>9</sub>    | 9942 <sub>7</sub>    | 9951 <sub>5</sub>   | 9959 <sub>3</sub>   | 9966 <sub>1</sub>   | 9973 <sub>3</sub>   | 9977 <sub>5</sub>   |
| 0,10 | 14 | 0,9375 <sub>12</sub> | 0,9389 <sub>11</sub> | 0,9393 <sub>10</sub> | 0,9396 <sub>9</sub>  | 0,9403 <sub>7</sub>  | 0,9409 <sub>5</sub> | 0,9416 <sub>3</sub> | 0,9423 <sub>1</sub> | 0,9429 <sub>3</sub> | 0,9433 <sub>5</sub> |
| 12   | 13 | 9851 <sub>12</sub>   | 9863 <sub>11</sub>   | 9881 <sub>9</sub>    | 9890 <sub>8</sub>    | 9911 <sub>7</sub>    | 9927 <sub>6</sub>   | 9939 <sub>5</sub>   | 9950 <sub>3</sub>   | 9960 <sub>1</sub>   | 9968 <sub>5</sub>   |
| 14   | 13 | 9827 <sub>12</sub>   | 9845 <sub>10</sub>   | 9866 <sub>9</sub>    | 9881 <sub>8</sub>    | 9901 <sub>7</sub>    | 9916 <sub>6</sub>   | 9930 <sub>5</sub>   | 9942 <sub>4</sub>   | 9954 <sub>5</sub>   | 9963 <sub>5</sub>   |
| 16   | 13 | 9805 <sub>11</sub>   | 9827 <sub>10</sub>   | 9849 <sub>9</sub>    | 9869 <sub>8</sub>    | 9888 <sub>7</sub>    | 9905 <sub>6</sub>   | 9921 <sub>5</sub>   | 9935 <sub>4</sub>   | 9948 <sub>3</sub>   | 9959 <sub>5</sub>   |
| 18   | 12 | 9783 <sub>11</sub>   | 9803 <sub>10</sub>   | 9823 <sub>9</sub>    | 9851 <sub>7</sub>    | 9875 <sub>6</sub>    | 9894 <sub>5</sub>   | 9912 <sub>4</sub>   | 9928 <sub>3</sub>   | 9942 <sub>2</sub>   | 9954 <sub>4</sub>   |
| 0,20 | 12 | 0,9762 <sub>11</sub> | 0,9790 <sub>13</sub> | 0,9816 <sub>12</sub> | 0,9840 <sub>11</sub> | 0,9863 <sub>10</sub> | 0,9884 <sub>9</sub> | 0,9903 <sub>8</sub> | 0,9921 <sub>7</sub> | 0,9936 <sub>6</sub> | 0,9950 <sub>5</sub> |
| 22   | 11 | 9742 <sub>10</sub>   | 9772 <sub>9</sub>    | 9800 <sub>13</sub>   | 9827 <sub>12</sub>   | 9851 <sub>11</sub>   | 9874 <sub>10</sub>  | 9895 <sub>9</sub>   | 9914 <sub>8</sub>   | 9931 <sub>7</sub>   | 9945 <sub>5</sub>   |

|      |    |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 24   | 11 | 9723 <sub>10</sub>  | 9755 <sub>8</sub>   | 9785 <sub>7</sub>   | 9814 <sub>6</sub>   | 9840 <sub>5</sub>   | 9865 <sub>4</sub>   | 9887 <sub>3</sub>   | 9907 <sub>2</sub>   | 9926 <sub>3</sub>   | 9941 <sub>5</sub>   |
| 26   | 10 | 9705 <sub>9</sub>   | 9739 <sub>8</sub>   | 9771 <sub>7</sub>   | 9802 <sub>6</sub>   | 9830 <sub>5</sub>   | 9855 <sub>4</sub>   | 9880 <sub>3</sub>   | 9901 <sub>2</sub>   | 9921 <sub>3</sub>   | 9937 <sub>5</sub>   |
| 28   | 9  | 9688 <sub>8</sub>   | 9724 <sub>7</sub>   | 9758 <sub>6</sub>   | 9790 <sub>5</sub>   | 9820 <sub>4</sub>   | 9848 <sub>3</sub>   | 9873 <sub>2</sub>   | 9896 <sub>1</sub>   | 9916 <sub>2</sub>   | 9934 <sub>3</sub>   |
| 0,30 | 9  | 0,9672 <sub>8</sub> | 0,9710 <sub>7</sub> | 0,9746 <sub>6</sub> | 0,9780 <sub>5</sub> | 0,9811 <sub>5</sub> | 0,9840 <sub>4</sub> | 0,9857 <sub>3</sub> | 0,9891 <sub>2</sub> | 0,9931 <sub>3</sub> |                     |
| 32   | 8  | 9658 <sub>7</sub>   | 9698 <sub>6</sub>   | 9735 <sub>5</sub>   | 9770 <sub>5</sub>   | 9803 <sub>4</sub>   | 9833 <sub>3</sub>   | 9861 <sub>2</sub>   | 9886 <sub>1</sub>   | 9908 <sub>2</sub>   | 9928 <sub>3</sub>   |
| -34  | 7  | 9645 <sub>6</sub>   | 9686 <sub>5</sub>   | 9725 <sub>4</sub>   | 9762 <sub>3</sub>   | 9796 <sub>2</sub>   | 9827 <sub>1</sub>   | 9856 <sub>3</sub>   | 9882 <sub>2</sub>   | 9905 <sub>2</sub>   | 9925 <sub>3</sub>   |
| 36   | 6  | 9634 <sub>6</sub>   | 9676 <sub>5</sub>   | 9716 <sub>5</sub>   | 9754 <sub>4</sub>   | 9789 <sub>3</sub>   | 9821 <sub>2</sub>   | 9851 <sub>1</sub>   | 9878 <sub>2</sub>   | 9902 <sub>1</sub>   | 9922 <sub>2</sub>   |
| 38   | 6  | 9624 <sub>5</sub>   | 9667 <sub>5</sub>   | 9708 <sub>4</sub>   | 9747 <sub>3</sub>   | 9783 <sub>2</sub>   | 9816 <sub>1</sub>   | 9847 <sub>2</sub>   | 9874 <sub>1</sub>   | 9899 <sub>1</sub>   | 9920 <sub>2</sub>   |
| 0,40 | 5  | 0,9615 <sub>4</sub> | 0,9660 <sub>4</sub> | 0,9702 <sub>3</sub> | 0,9741 <sub>2</sub> | 0,9778 <sub>1</sub> | 0,9812 <sub>2</sub> | 0,9843 <sub>1</sub> | 0,9871 <sub>1</sub> | 0,9896 <sub>1</sub> | 0,9918 <sub>2</sub> |
| 42   | 4  | 9608 <sub>4</sub>   | 9653 <sub>3</sub>   | 9696 <sub>2</sub>   | 9737 <sub>1</sub>   | 9774 <sub>2</sub>   | 9809 <sub>2</sub>   | 9840 <sub>1</sub>   | 9869 <sub>1</sub>   | 9895 <sub>1</sub>   | 9917 <sub>2</sub>   |
| 44   | 3  | 9532 <sub>3</sub>   | 9648 <sub>2</sub>   | 9692 <sub>2</sub>   | 9733 <sub>1</sub>   | 9771 <sub>2</sub>   | 9806 <sub>1</sub>   | 9838 <sub>1</sub>   | 9867 <sub>1</sub>   | 9893 <sub>1</sub>   | 9916 <sub>2</sub>   |
| 46   | 2  | 9598 <sub>2</sub>   | 9645 <sub>2</sub>   | 9689 <sub>2</sub>   | 9730 <sub>1</sub>   | 9769 <sub>1</sub>   | 9804 <sub>1</sub>   | 9837 <sub>1</sub>   | 9866 <sub>1</sub>   | 9892 <sub>1</sub>   | 9915 <sub>2</sub>   |
| 48   | 1  | 9596 <sub>1</sub>   | 9643 <sub>1</sub>   | 9687 <sub>1</sub>   | 9729 <sub>1</sub>   | 9767 <sub>1</sub>   | 9803 <sub>1</sub>   | 9836 <sub>0</sub>   | 9865 <sub>0</sub>   | 9891 <sub>0</sub>   | 9914 <sub>1</sub>   |
| 0,50 | 0  | 9935 <sub>0</sub>   | 9642 <sub>0</sub>   | 9686 <sub>0</sub>   | 9728 <sub>0</sub>   | 9767 <sub>0</sub>   | 9803 <sub>0</sub>   | 9835 <sub>0</sub>   | 9865 <sub>0</sub>   | 9891 <sub>0</sub>   | 9914 <sub>2</sub>   |

| x    | $\frac{1}{y} - 0,38$ | 0,36        | 0,34        | 0,32       | 0,30       | 0,28       | 0,26       | 0,24       | 0,22       | 0,20       |        |
|------|----------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 0,00 | 15                   | 0,9897 13   | 0,9923 11   | 0,9944 9   | 0,9961 7   | 0,9975 5   | 0,9981 3   | 0,9991 2   | 0,9995 1   | 0,9998 1   | 0,9999 |
| 02   | 15                   | 9897 0 13   | 9923 0 11   | 9945 0 9   | 9962 0 7   | 9975 0 5   | 9981 0 3   | 9991 0 2   | 9995 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
| 04   | 15                   | 9898 0 13   | 9924 0 11   | 9945 0 9   | 9962 0 7   | 9975 0 5   | 9984 0 3   | 9991 0 2   | 9995 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
| 06   | 15                   | 9899 0 13   | 9924 0 11   | 9945 0 8   | 9962 0 6   | 9975 0 5   | 9984 0 3   | 9991 0 2   | 9995 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
| 08   | 15                   | 9900 1 13   | 9925 1 10   | 9946 0 8   | 9963 0 6   | 9975 0 5   | 9985 0 3   | 9991 0 2   | 9995 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
| 0,10 | 15                   | 0,9902 1 12 | 0,9927 1 10 | 0,9947 1 8 | 0,9963 0 6 | 0,9976 0 5 | 0,9985 0 3 | 0,9991 0 2 | 0,9995 0 1 | 0,9998 0 1 | 0,9999 |
| 12   | 14                   | 9904 1 12   | 9928 1 10   | 9948 1 8   | 9964 0 5   | 9976 0 5   | 9985 0 3   | 9992 0 2   | 9996 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
| 14   | 14                   | 9907 1 12   | 9930 1 10   | 9950 1 8   | 9963 0 5   | 9977 0 4   | 9986 0 3   | 9992 0 2   | 9996 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
| 16   | 14                   | 9910 2 11   | 9932 1 9    | 9951 1 7   | 9966 1 6   | 9978 0 4   | 9983 0 3   | 9992 0 2   | 9996 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
| 18   | 13                   | 9913 2 11   | 9935 1 9    | 9953 1 7   | 9967 1 6   | 9979 0 4   | 9987 0 3   | 9992 0 2   | 9996 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
| 0,20 | 13                   | 0,9917 2 11 | 0,9938 1 9  | 0,9955 1 7 | 0,9969 1 6 | 0,9979 0 4 | 0,9987 0 3 | 0,9993 0 2 | 0,9996 0 1 | 0,9998 0 1 | 0,9999 |
| 22   | 12                   | 9921 2 10   | 9941 1 8    | 9957 1 7   | 9970 1 6   | 9980 1 4   | 9988 0 3   | 9993 0 2   | 9996 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |

|               |      |    |            |            |            |            |            |            |            |            |            |        |
|---------------|------|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 9<br>38x. 791 | 24   | 11 | 9925 2 10  | 9944 2 8   | 9953 1 6   | 9972 1 5   | 9982 1 4   | 9989 0 2   | 9993 0 2   | 9997 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
|               | 26   | 11 | 9929 2 9   | 9947 2 7   | 9962 1 6   | 9974 1 5   | 9983 1 3   | 9989 0 2   | 9994 0 1   | 9997 0 1   | 9998 0 1   | 9999   |
|               | 28   | 10 | 9934 2 8   | 9951 2 7   | 9965 1 5   | 9975 1 4   | 9984 1 3   | 9990 0 2   | 9994 0 1   | 9997 0 1   | 9999 0 0   | 9999   |
|               | 0,30 | 9  | 0,9939 3 8 | 0,9955 2 6 | 0,9967 1 5 | 0,9977 1 4 | 0,9985 1 3 | 0,9991 0 2 | 0,9995 0 1 | 0,9997 0 1 | 0,9999 0 0 | 0,9999 |
|               | 32   | 8  | 9945 3 7   | 9959 2 6   | 9970 1 5   | 9979 1 4   | 9986 1 3   | 9992 0 2   | 9995 0 1   | 9997 0 1   | 9999 0 0   | *0000  |
|               | 34   | 7  | 9950 3 6   | 9963 2 5   | 9973 2 4   | 9981 1 3   | 9988 1 2   | 9992 0 2   | 9996 0 1   | 9998 0 1   | 9999 0 0   | 0000   |
|               | 36   | 7  | 9956 3 6   | 9967 2 5   | 9976 2 4   | 9984 1 3   | 9989 1 2   | 9993 0 1   | 9996 0 1   | 9998 0 1   | 9999 0 0   | 0000   |
|               | 38   | 6  | 9962 3 5   | 9972 2 4   | 9980 2 3   | 9986 1 2   | 9991 1 2   | 9994 0 1   | 9997 0 1   | 9998 0 1   | 9999 0 0   | 0000   |
|               | 0,40 | 5  | 0,9968 3 4 | 0,9976 2 3 | 0,9983 2 3 | 0,9988 1 2 | 0,9992 1 2 | 0,9995 1 1 | 0,9997 0 1 | 0,9999 0 0 | 0,9999 0 0 | 1,0000 |
|               | 42   | 4  | 9974 3 3   | 9981 2 3   | 9986 2 2   | 9990 1 2   | 9994 1 1   | 9996 1 1   | 9998 0 1   | 9999 0 0   | 9999 0 0   | 0000   |
|               | 44   | 3  | 9981 3 2   | 9986 2 2   | 9990 2 1   | 9993 1 1   | 9995 1 1   | 9997 1 1   | 9998 0 0   | 9999 0 0   | *0000 0 0  | 0000   |
|               | 46   | 2  | 9987 3 2   | 9990 2 1   | 9993 2 1   | 9995 1 1   | 9997 1 1   | 9998 0 0   | 9999 0 0   | 9999 0 0   | 0000 0 0   | 0000   |
|               | 48   | 1  | 9994 3 1   | 9995 2 1   | 9997 2 1   | 9998 1 0   | 9998 1 0   | 9999 1 0   | 9999 0 0   | *0000 0 0  | 0000 0 0   | 0000   |
|               | 0,50 | 0  | 1,0000 3   | 1,0000 2 0 | 1,0000 2 0 | 1,0000 1 0 | 1,0000 1 0 | 1,0000 1 0 | 1,0000 0 0 | 1,0000 0 0 | 1,0000 0 0 | 1,0000 |

| $x$  |   | $\frac{1}{y} = 0,38$ | 0,36     | 0,34     | 0,32     | 0,30     | 0,28     | 0,26     | 0,24     | 0,22     | 0,20   |
|------|---|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 0,00 | 0 | 1,0000 0             | 1,0000 0 | 1,0000 0 | 1,0000 0 | 1,0000 0 | 1,0000 0 | 1,0000 0 | 0,0000 0 | 1,0000 0 | 1,0000 |
| 02   | 1 | 9996 2               | 9997 2   | 9993 0   | 9998 0   | 9999 0   | 9999 0   | 9999 0   | 0000 0   | 0000 0   | 0000   |
| 04   | 1 | 9992 2               | 9991 2   | 9996 1   | 9997 1   | 9998 0   | 9999 0   | 9999 0   | 0000 0   | 0000 0   | 0000   |
| 06   | 2 | 9998 2               | 9991 2   | 9993 1   | 9995 1   | 9997 1   | 9993 0   | 9999 0   | 9999 0   | 0000 0   | 0000   |
| 08   | 2 | 9984 2               | 9988 2   | 9991 1   | 9994 1   | 9996 1   | 9993 0   | 9999 0   | 9999 0   | 0000 0   | 0000   |
| 0,10 | 3 | 0,9980 2             | 0,9935 2 | 0,9989 1 | 0,9992 1 | 0,9995 1 | 0,9997 0 | 0,9998 0 | 0,9999 0 | 1,0000 0 | 1,0000 |
| 12   | 4 | 9976 2               | 9982 1   | 9987 1   | 9991 1   | 9991 1   | 9996 0   | 9998 0   | 9999 0   | 9999 0   | 0000   |
| 14   | 4 | 9972 2               | 9979 1   | 9985 1   | 9990 1   | 9993 0   | 9996 0   | 9998 0   | 9999 0   | 9999 0   | 0000   |
| 16   | 5 | 9968 2               | 9976 1   | 9983 1   | 9988 1   | 9992 0   | 9995 0   | 9997 0   | 9998 0   | 9999 0   | 0000   |
| 18   | 5 | 9965 2               | 9974 1   | 9981 1   | 9987 1   | 9991 0   | 9995 0   | 9997 0   | 9998 0   | 9999 0   | 0000   |
| 0,20 | 6 | 0,9961 2             | 0,9971 1 | 0,9979 1 | 0,9986 1 | 0,9990 0 | 0,9994 0 | 0,9997 0 | 0,9998 0 | 0,9999 0 | 1,0000 |
| 22   | 6 | 9958 2               | 9969 1   | 9977 1   | 9984 1   | 9990 0   | 9994 0   | 9996 0   | 9998 0   | 9999 0   | 0000   |

|      |    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |        |
|------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 24   | 7  | 9955 2   | 9966 1   | 9976 1   | 9983 1   | 9989 0   | 9993 0   | 9996 0   | 9998 0   | 9999 0   | 0000   |
| 26   | 7  | 9952 1   | 9964 1   | 9974 1   | 9982 1   | 9988 0   | 9993 0   | 9996 0   | 9998 0   | 9999 0   | 0000   |
| 28   | 8  | 9949 1   | 9962 1   | 9973 1   | 9981 1   | 9988 0   | 9992 0   | 9996 0   | 9998 0   | 9999 0   | 0000   |
| 0,30 | 8  | 0,9947 1 | 0,9960 1 | 0,9971 1 | 0,9980 1 | 0,9987 0 | 0,9992 0 | 0,9995 0 | 0,9998 0 | 0,9999 0 | 1,0000 |
| 32   | 8  | 9944 1   | 9958 1   | 9970 1   | 9979 0   | 9986 0   | 9992 0   | 9995 0   | 9997 0   | 9999 0   | 0000   |
| 34   | 9  | 9942 1   | 9957 1   | 9969 1   | 9978 0   | 9986 0   | 9991 0   | 9995 0   | 9997 0   | 9999 0   | *9999  |
| 36   | 9  | 9940 1   | 9955 1   | 9968 1   | 9978 0   | 9985 0   | 9991 0   | 9995 0   | 9997 0   | 9999 0   | 9999   |
| 38   | 9  | 9939 1   | 9954 1   | 9967 0   | 9977 0   | 9985 0   | 9991 0   | 9995 0   | 9997 0   | 9999 0   | 9999   |
| 0,40 | 9  | 0,9937 1 | 0,9953 1 | 0,9966 0 | 0,9977 0 | 0,9985 0 | 0,9990 0 | 0,9995 0 | 0,9997 0 | 0,9999 0 | 0,9999 |
| 42   | 10 | 9936 1   | 9952 0   | 9966 0   | 9976 0   | 9984 0   | 9990 0   | 9994 0   | 9997 0   | 9999 0   | 9999   |
| 44   | 10 | 9935 1   | 9952 0   | 9965 0   | 9976 0   | 9984 0   | 9990 0   | 9994 0   | 9997 0   | 9999 0   | 9999   |
| 46   | 10 | 9935 0   | 9951 0   | 9965 0   | 9976 0   | 9984 0   | 9990 0   | 9994 0   | 9997 0   | 9999 0   | 9999   |
| 48   | 10 | 9934 0   | 9951 0   | 9965 0   | 9975 0   | 9984 0   | 9990 0   | 9994 0   | 9997 0   | 9999 0   | 9999   |
| 0,50 | 10 | 0,9934 0 | 0,9951 0 | 0,9965 0 | 0,9975 0 | 0,9984 0 | 0,9990 0 | 0,9994 0 | 0,9997 0 | 0,9999 0 | 0,9999 |

| $\tau$ | $t = 0,02$ | 0,04      | 0,06      | 0,08      | 0,10      | 0,12      | 0,14      | 0,16      | 0,18      | 0,20      |
|--------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1,00   | 0,0127 64  | 0,0255 64 | 0,0352 63 | 0,0508 63 | 0,0635 63 | 0,0760 63 | 0,0856 62 | 0,1010 62 | 0,1134 61 | 0,1257    |
| 94     | 0 64       | 0 127 64  | 0 254 64  | 0 391 63  | 0 503 63  | 0 634 63  | 0 760 63  | 0 855 62  | 1 010 62  | 1 133 61  |
| 96     | 64 0       | 0 127 64  | 0 254 64  | 0 391 63  | 0 507 63  | 0 633 63  | 0 759 63  | 0 834 62  | 1 005 62  | 1 129 61  |
| 94     | 64 0       | 0 127 64  | 0 253 63  | 0 389 63  | 0 506 63  | 0 632 63  | 0 757 63  | 0 822 62  | 1 006 62  | 1 129 61  |
| 92     | 63 0       | 0 126 63  | 0 252 63  | 0 379 63  | 0 504 63  | 0 630 62  | 0 755 62  | 0 817 62  | 1 003 62  | 1 126 61  |
| 0,90   | 0 63       | 0 126 63  | 0 251 63  | 0 377 63  | 0 502 62  | 0 627 62  | 0 751 62  | 0 815 62  | 0 993 61  | 0 1121 61 |
| 88     | 0 62       | 0 125 62  | 0 250 62  | 0 375 61  | 0 497 61  | 0 624 61  | 0 747 61  | 0 871 61  | 0 993 61  | 1 115 61  |
| 86     | 62 0       | 0 124 62  | 0 248 62  | 0 372 62  | 0 496 62  | 0 620 62  | 0 743 61  | 0 865 61  | 0 987 61  | 1 109 60  |
| 84     | 62 0       | 0 123 62  | 0 247 62  | 0 370 61  | 0 493 61  | 0 615 61  | 0 737 61  | 0 859 61  | 0 980 60  | 1 101 60  |
| 82     | 61 0       | 0 122 61  | 0 241 61  | 0 366 61  | 0 483 61  | 0 610 61  | 0 731 60  | 0 852 60  | 0 972 60  | 1 092 60  |
| 0,80   | 0 61       | 0 121 61  | 0 242 61  | 0 363 60  | 0 481 60  | 0 601 60  | 0 724 60  | 0 831 60  | 0 964 60  | 1 083 60  |
| 78     | 0 60       | 0 120 60  | 0 240 60  | 0 359 60  | 0 479 60  | 0 593 60  | 0 717 60  | 0 836 60  | 0 951 60  | 1 072 59  |
| 76     | 59 0       | 0 118 59  | 0 237 59  | 0 355 59  | 0 473 59  | 0 591 59  | 0 709 60  | 0 826 60  | 0 943 60  | 1 060 59  |
| 74     | 58 0       | 0 117 58  | 0 234 58  | 0 350 58  | 0 467 58  | 0 584 58  | 0 700 60  | 0 816 59  | 0 932 59  | 1 047 58  |
| 72     | 58 0       | 0 115 58  | 0 230 58  | 0 345 58  | 0 461 58  | 0 575 57  | 0 690 57  | 0 805 57  | 0 919 57  | 1 034 57  |
| 0,70   | 57 0       | 0 113 57  | 0 227 57  | 0 340 57  | 0 454 57  | 0 567 57  | 0 680 57  | 0 793 56  | 0 906 56  | 1 019 56  |
|        | 68         | 0 56      | 0 112 56  | 0 223 56  | 0 345 56  | 0 446 56  | 0 558 56  | 0 667 56  | 0 781 56  | 0 991 56  |
|        | 68         | 0 56      |           |           |           |           |           |           | 1 003 56  | 1 114     |

| $x$  | $t = 0,02$ | 0,04      | 0,06      | 0,08      | 0,10      | 0,12      | 0,14      | 0,16      | 0,18      | 0,20      |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 66   | 0 55       | 0 110 55  | 0 219 55  | 0 329 55  | 0 438 55  | 0 548 55  | 0 658 55  | 0 767 55  | 0 877 55  | 0 987 55  |
| 64   | 54 0       | 0 108 54  | 0 215 54  | 0 323 54  | 0 430 54  | 0 538 54  | 0 645 54  | 0 753 54  | 0 861 54  | 0 969 54  |
| 62   | 53 0       | 0 105 53  | 0 211 53  | 0 316 53  | 0 421 53  | 0 527 53  | 0 633 53  | 0 738 53  | 0 844 53  | 0 950 53  |
| 0,60 | 52 0       | 0 0103 52 | 0 0206 52 | 0 0309 52 | 0 0412 52 | 0 0516 52 | 0 0619 52 | 0 0723 52 | 0 0827 52 | 0 0931 52 |
| 58   | 50 0       | 0 0101 50 | 0 0201 50 | 0 0302 50 | 0 0403 50 | 0 0504 50 | 0 0605 51 | 0 0706 51 | 0 0808 51 | 0 0910 51 |
| 56   | 49 0       | 0 0098 49 | 0 0196 49 | 0 0295 49 | 0 0393 49 | 0 0492 49 | 0 0590 50 | 0 0689 50 | 0 0789 50 | 0 0889 50 |
| 54   | 48 0       | 0 0096 48 | 0 191 48  | 0 287 48  | 0 383 48  | 0 479 48  | 0 575 48  | 0 672 49  | 0 769 49  | 0 866 49  |
| 52   | 46 0       | 0 0093 46 | 0 186 46  | 0 279 47  | 0 372 47  | 0 465 47  | 0 559 47  | 0 653 47  | 0 748 48  | 0 843 48  |
| 0,50 | 45 0       | 0 0090 45 | 0 0180 45 | 0 0270 45 | 0 0361 45 | 0 0452 45 | 0 0543 46 | 0 0634 46 | 0 0726 46 | 0 0819 47 |
| 48   | 44 0       | 0 0087 44 | 0 174 44  | 0 262 44  | 0 349 44  | 0 437 44  | 0 526 44  | 0 615 45  | 0 704 45  | 0 794 45  |
| 46   | 42 0       | 0 0084 42 | 0 169 42  | 0 253 42  | 0 338 43  | 0 423 43  | 0 508 43  | 0 594 43  | 0 681 43  | 0 768 43  |
| 44   | 41 0       | 0 0081 41 | 0 162 41  | 0 244 41  | 0 326 41  | 0 408 41  | 0 490 42  | 0 573 42  | 0 657 42  | 0 741 43  |
| 42   | 39 0       | 0 0078 39 | 0 156 39  | 0 234 39  | 0 313 40  | 0 392 40  | 0 472 40  | 0 552 40  | 0 632 40  | 0 714 41  |
| 0,40 | 37 0       | 0 0075 37 | 0 0150 38 | 0 0225 38 | 0 0300 38 | 0 0376 38 | 0 0453 38 | 0 0529 39 | 0 0607 39 | 0 0685 40 |
| 38   | 36 0       | 0 0072 36 | 0 143 36  | 0 215 36  | 0 287 36  | 0 360 37  | 0 433 37  | 0 507 37  | 0 581 38  | 0 656 38  |
| 36   | 34 0       | 0 0068 34 | 0 137 34  | 0 205 34  | 0 274 35  | 0 343 35  | 0 413 35  | 0 483 35  | 0 554 36  | 0 626 35  |
| 34   | 32 0       | 0 0065 32 | 0 130 33  | 0 195 33  | 0 260 33  | 0 326 33  | 0 393 34  | 0 460 34  | 0 527 34  | 0 596 35  |
| 32   | 31 0       | 0 0061 31 | 0 123 31  | 0 184 31  | 0 246 31  | 0 309 31  | 0 372 32  | 0 435 32  | 0 499 33  | 0 565 34  |
| 0,30 | 29 0       | 0 0058 29 | 0 0116 29 | 0 0174 29 | 0 0232 29 | 0 0291 29 | 0 0350 30 | 0 0410 30 | 0 0471 31 | 0 0533 31 |

| $\tau$  | $t = 0,02$ | $0,04$    | $0,06$    | $0,08$    | $0,10$    | $0,12$    | $0,14$    | $0,16$    | $0,18$    | $0,20$   |
|---------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 23 0    | 0054 27    | 0109 4    | 0163 5    | 0218 7    | 0273 9    | 0329 11   | 0355 13   | 0412 14   | 0500 16   | 0559     |
| 26 25   | 0051 25    | 0101 25   | 0152 25   | 0203 25   | 0255 26   | 0307 25   | 0360 12   | 0413 15   | 0467 17   | 0522     |
| 24 23   | 0047 23    | 0094 4    | 0141 5    | 0188 7    | 0236 9    | 0285 11   | 0333 13   | 0383 15   | 0433 17   | 0494     |
| 22 22   | 0043 22    | 0085 4    | 0130 5    | 0173 22   | 0217 22   | 0261 23   | 0307 23   | 0353 23   | 0399 23   | 0446     |
| 0,20 0  | 0,0039 20  | 0,0079 20 | 0,0118 25 | 0,0153 25 | 0,0193 20 | 0,0239 21 | 0,0280 13 | 0,0322 21 | 0,0364 11 | 0,0403   |
| 18 18   | 0036 18    | 0071 18   | 0107 6    | 0143 8    | 0179 10   | 0216 12   | 0253 14   | 0291 19   | 0329 18   | 0363     |
| 16 16   | 0032 16    | 0063 16   | 0095 16   | 0127 16   | 0160 16   | 0193 17   | 0226 17   | 0259 16   | 0294 13   | 0329     |
| 14 14   | 0028 14    | 0056 14   | 0094 14   | 0112 14   | 0140 14   | 0169 15   | 0193 15   | 0229 15   | 0253 15   | 0289     |
| 12 12   | 0024 12    | 0043 12   | 0072 12   | 0096 12   | 0120 12   | 0145 12   | 0170 13   | 0196 13   | 0222 13   | 0248     |
| 0,10 10 | 0,0020 10  | 0,0040 10 | 0,0060 10 | 0,0080 10 | 0,0101 10 | 0,0121 10 | 0,0141 11 | 0,0163 16 | 0,0185 11 | 0,0207   |
| 08 8    | 0016 8     | 0032 8    | 0049 6    | 0064 8    | 0081 10   | 0097 12   | 0114 14   | 0131 16   | 0143 13   | 0166     |
| 06 6    | 0012 6     | 0024 6    | 0036 6    | 0048 6    | 0061 6    | 0073 6    | 0086 6    | 0098 7    | 0111 16   | 0125     |
| 04 4    | 0008 4     | 0016 4    | 0021 6    | 0032 4    | 0040 10   | 0049 12   | 0057 14   | 0066 16   | 0071 13   | 0083     |
| 02 2    | 0004 2     | 0004 2    | 0012 6    | 0016 2    | 0020 10   | 0024 12   | 0029 12   | 0033 15   | 0037 19   | 0048     |
| 0,00 0  | 0,0000 3   | 0,0000 3  | 0,0000 6  | 0,0000 8  | 0,0000 10 | 0,0000 12 | 0,0000 15 | 0,0000 19 | 0,0000 0  | 0,0000 0 |

| $\tau$ | $t = 0,02$ | $0,04$   | $0,06$   | $0,08$    | $0,10$    | $0,12$    | $0,14$    | $0,16$    | $0,18$    | $0,20$   |
|--------|------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1,00 0 | 0,0000 0   | 0,0000 0 | 0,0000 0 | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0 |
| 98 3   | 0006 3     | 0013 3   | 0019 3   | 0025 3    | 0031 16   | 0037 19   | 0043 22   | 0049 25   | 0055 27   | 0060     |
| 96 6   | 0013 6     | 0025 6   | 0038 9   | 0050 12   | 0062 16   | 0074 19   | 0086 22   | 0098 24   | 0110 27   | 0121     |
| 94 9   | 0019 3     | 0038 6   | 0056 9   | 0075 12   | 0093 16   | 0111 9    | 0129 22   | 0147 25   | 0164 27   | 0181     |
| 92 13  | 0025 3     | 0050 12  | 0075 9   | 0100 12   | 0124 15   | 0148 18   | 0172 21   | 0196 24   | 0219 27   | 0241     |
| 0,90 0 | 0,0031 3   | 0,0063 6 | 0,0094 9 | 0,0124 12 | 0,0155 15 | 0,0185 18 | 0,0215 21 | 0,0244 24 | 0,0273 27 | 0,0301   |
| 88 19  | 0037 3     | 0075 6   | 0112 9   | 0149 12   | 0186 15   | 0222 18   | 0258 21   | 0293 24   | 0327 27   | 0361     |
| 86 22  | 0044 3     | 0087 6   | 0130 9   | 0173 12   | 0216 15   | 0258 18   | 0300 21   | 0341 24   | 0381 20   | 0421     |
| 84 25  | 0050 3     | 0099 6   | 0149 9   | 0198 12   | 0247 15   | 0295 18   | 0342 21   | 0389 24   | 0435 27   | 0490     |
| 82 28  | 0056 3     | 0111 6   | 0167 9   | 0222 12   | 0277 15   | 0331 18   | 0384 21   | 0436 24   | 0483 27   | 0539     |
| 0,80 0 | 0,0062 3   | 0,0123 6 | 0,0185 9 | 0,0246 12 | 0,0306 15 | 0,0366 18 | 0,0415 21 | 0,0484 24 | 0,0541 26 | 0,0597   |
| 78 31  | 0068 3     | 0135 6   | 0203 9   | 0270 12   | 0336 15   | 0402 18   | 0467 21   | 0530 23   | 0593 26   | 0655     |
| 76 37  | 0074 3     | 0147 6   | 0220 9   | 0293 12   | 0365 15   | 0437 18   | 0507 20   | 0577 24   | 0645 26   | 0713     |
| 74 40  | 0079 4     | 0159 6   | 0238 9   | 0316 12   | 0394 14   | 0471 17   | 0547 20   | 0623 23   | 0697 25   | 0770     |
| 72 43  | 0085 4     | 0170 6   | 0255 9   | 0339 11   | 0423 14   | 0505 17   | 0587 20   | 0668 23   | 0748 26   | 0826     |

| $\epsilon$ | $t - 0,02$ | $0,04$   | $0,06$    | $0,08$    | $0,10$    | $0,12$    | $0,14$    | $0,16$    | $0,18$    | $0,20$    |
|------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0,70       | 0,45       | 0,0091 3 | 0,0181 45 | 0,0272 45 | 0,0352 45 | 0,0451 44 | 0,0539 44 | 0,0627 43 | 0,0713 43 | 0,0799 43 |
| 68         | 0,48       | 0,096 3  | 0,193 48  | 0,298 48  | 0,394 47  | 0,478 47  | 0,572 47  | 0,663 45  | 0,757 45  | 0,845 45  |
| 66         | 0,51       | 0,102 3  | 0,203 51  | 0,305 50  | 0,406 50  | 0,506 50  | 0,605 49  | 0,704 49  | 0,801 49  | 0,897 47  |
| 64         | 0,54       | 0,107 3  | 0,214 53  | 0,321 53  | 0,427 53  | 0,533 53  | 0,637 53  | 0,741 51  | 0,841 51  | 0,945 50  |
| 62         | 0,56       | 0,112 3  | 0,225 55  | 0,337 55  | 0,448 55  | 0,559 55  | 0,669 55  | 0,778 54  | 0,886 52  | 0,993 52  |
| 0,60       | 0,59       | 0,0118 3 | 0,0235 55 | 0,0352 55 | 0,0469 55 | 0,0585 55 | 0,0700 55 | 0,0814 55 | 0,0923 55 | 0,1040 55 |
| 58         | 0,61       | 0,123 3  | 0,245 61  | 0,367 61  | 0,489 61  | 0,610 61  | 0,730 61  | 0,850 61  | 0,968 61  | 1,085 61  |
| 56         | 0,64       | 0,127 61 | 0,255 64  | 0,382 64  | 0,503 64  | 0,634 64  | 0,760 64  | 0,881 64  | 1,008 64  | 1,130 64  |
| 54         | 0,66       | 0,132 62 | 0,264 64  | 0,396 64  | 0,523 64  | 0,659 64  | 0,789 64  | 0,918 64  | 1,047 64  | 1,174 64  |
| 52         | 0,68       | 0,137 63 | 0,274 63  | 0,110 63  | 0,469 63  | 0,682 63  | 0,817 63  | 0,931 67  | 1,055 63  | 1,217 63  |
| 0,50       | 0,71       | 0,0141 2 | 0,0283 71 | 0,0424 70 | 0,0561 70 | 0,0705 70 | 0,0834 70 | 0,0933 74 | 0,1122 69 | 0,1259 63 |
| 48         | 0,73       | 0,146 2  | 0,291 73  | 0,437 73  | 0,582 72  | 0,727 71  | 0,871 71  | 1,015 6   | 1,157 6   | 1,299 6   |
| 46         | 0,75       | 0,150 2  | 0,300 75  | 0,150 75  | 0,599 75  | 0,748 71  | 0,897 71  | 1,045 15  | 1,192 17  | 1,339 22  |
| 44         | 0,77       | 0,154 2  | 0,303 77  | 0,462 76  | 0,616 75  | 0,769 70  | 0,922 72  | 1,074 75  | 1,226 74  | 1,377 75  |
| 42         | 0,79       | 0,158 2  | 0,316 79  | 0,474 79  | 0,631 79  | 0,789 79  | 0,946 79  | 1,102 78  | 1,259 76  | 1,414 79  |
| 0,40       | 0,81       | 0,0162 2 | 0,0324 81 | 0,0485 81 | 0,0647 81 | 0,0803 81 | 0,0969 82 | 0,1130 84 | 0,1290 85 | 0,1450 80 |
| 38         | 0,82       | 0,165 2  | 0,331 83  | 0,496 83  | 0,661 7   | 0,826 81  | 0,991 81  | 1,166 81  | 1,320 85  | 1,484 87  |

| $\epsilon$ | $t - 0,02$ | $0,04$    | $0,06$     | $0,08$     | $0,10$     | $0,12$     | $0,14$     | $0,16$     | $0,18$     | $0,20$     |
|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 36         | 0,84       | 0,169 2   | 0,338 84   | 0,507 84   | 0,675 84   | 0,844 84   | 1,012 84   | 1,181 84   | 1,349 84   | 1,517 84   |
| 34         | 0,85       | 0,172 2   | 0,344 85   | 0,516 85   | 0,689 85   | 0,861 85   | 1,033 85   | 1,205 85   | 1,377 84   | 1,548 84   |
| 32         | 0,88       | 0,175 2   | 0,351 83   | 0,526 83   | 0,701 83   | 0,877 83   | 1,052 83   | 1,227 83   | 1,403 83   | 1,578 83   |
| 0,30       | 0,89       | 0,0178 2  | 0,0356 89  | 0,0535 89  | 0,0713 89  | 0,0892 89  | 0,1070 89  | 0,1249 89  | 0,1428 89  | 0,1607 90  |
| 28         | 0,91       | 0,181 1   | 0,362 91   | 0,543 91   | 0,724 91   | 0,906 91   | 1,087 91   | 1,269 91   | 1,451 91   | 1,633 91   |
| 26         | 0,92       | 0,184 1   | 0,367 92   | 0,551 92   | 0,735 92   | 0,919 92   | 1,103 92   | 1,288 92   | 1,473 93   | 1,658 93   |
| 24         | 0,93       | 0,186 2   | 0,372 92   | 0,558 93   | 0,745 93   | 0,931 93   | 1,118 94   | 1,305 93   | 1,493 94   | 1,682 92   |
| 22         | 0,94       | 0,188 1   | 0,376 94   | 0,565 94   | 0,754 95   | 0,943 95   | 1,132 95   | 1,322 95   | 1,512 96   | 1,703 96   |
| 0,20       | 0,95       | 0,0190 1  | 0,0381 95  | 0,0571 95  | 0,0762 95  | 0,0953 95  | 0,1145 96  | 0,1337 96  | 0,1530 97  | 0,1723 97  |
| 18         | 0,96       | 0,192 1   | 0,384 95   | 0,577 96   | 0,769 97   | 0,963 97   | 1,156 97   | 1,350 98   | 1,545 98   | 1,741 98   |
| 16         | 0,97       | 0,194 1   | 0,388 97   | 0,582 97   | 0,776 98   | 0,971 98   | 1,167 98   | 1,363 98   | 1,560 97   | 1,758 98   |
| 14         | 0,98       | 0,195 1   | 0,391 98   | 0,586 98   | 0,782 98   | 0,979 99   | 1,176 99   | 1,374 99   | 1,572 99   | 1,772 101  |
| 12         | 0,98       | 0,197 1   | 0,393 98   | 0,590 99   | 0,787 99   | 0,985 99   | 1,184 100  | 1,383 100  | 1,583 101  | 1,785 101  |
| 0,10       | 0,99       | 0,0198 1  | 0,0395 99  | 0,0593 99  | 0,0792 100 | 0,0991 100 | 0,1190 100 | 0,1391 101 | 0,1593 101 | 0,1795 102 |
| 08         | 0,99       | 0,198 0   | 0,397 99   | 0,596 100  | 0,795 100  | 0,995 100  | 1,196 101  | 1,398 101  | 1,600 102  | 1,804 103  |
| 06         | 100        | 0,199 0   | 0,398 100  | 0,598 100  | 0,798 100  | 0,999 101  | 1,200 101  | 1,403 102  | 1,606 103  | 1,811 103  |
| 04         | 100        | 0,200 0   | 0,399 100  | 0,599 100  | 0,800 101  | 1,001 101  | 1,203 101  | 1,406 102  | 1,611 102  | 1,816 102  |
| 02         | 100        | 0,200 100 | 0,400 100  | 0,600 100  | 0,801 101  | 1,003 101  | 1,205 101  | 1,408 102  | 1,613 101  | 1,817 104  |
| 00         | 100        | 0,0200 0  | 0,0400 100 | 0,0601 101 | 0,1003 101 | 0,1409 102 | 0,1614 103 | 0,1820 104 | 0,2027     | -          |

| $\tau$ |     | $t = 0,22$  | 0,24        | 0,26         | 0,28         | 0,30         | 0,32         | 0,34         | 0,36         | 0,38         | 0,40   |
|--------|-----|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 1,00   | 61  | 0,1379 60   | 0,1500 60   | 0,1619 59    | 0,1738 59    | 0,1855 58    | 0,1972 57    | 0,2085 57    | 0,2200 56    | 0,2312 55    | 0,2422 |
| 98     | 61  | 1378 0 60   | 1493 0 60   | 1619 0 59    | 1737 0 59    | 1855 0 58    | 1971 0 57    | 2086 0 57    | 2199 0 56    | 2311 0 55    | 2422   |
| 96     | 61  | 1376 1 60   | 1497 1 60   | 1617 1 59    | 1735 1 59    | 1853 1 58    | 1969 1 57    | 2083 1 57    | 2197 1 56    | 2309 1 55    | 2419   |
| 94     | 61  | 1373 2 60   | 1494 2 60   | 1613 2 59    | 1732 2 59    | 1849 2 58    | 1965 2 57    | 2080 2 57    | 2193 2 56    | 2305 2 55    | 2415   |
| 92     | 61  | 1369 2 60   | 1489 2 60   | 1609 2 59    | 1727 2 59    | 1841 3 58    | 1960 3 57    | 2074 3 57    | 2188 3 56    | 2299 3 55    | 2410   |
| 0,90   | 360 | 0,1364 3 60 | 0,1484 3 59 | 0,1603 3 59  | 0,1721 3 58  | 0,1837 3 58  | 0,1953 3 57  | 0,2067 3 57  | 0,2181 3 56  | 0,2292 3 55  | 0,2403 |
| 88     | 60  | 1357 3 60   | 1477 4 59   | 1505 4 59    | 1713 4 58    | 1829 4 58    | 1945 4 57    | 2059 4 56    | 2172 4 56    | 2284 4 55    | 2394   |
| 86     | 60  | 1349 4 60   | 1468 4 59   | 1587 4 59    | 1704 5 58    | 1820 5 58    | 1935 5 57    | 2049 5 56    | 2162 5 56    | 2273 5 55    | 2384   |
| 84     | 60  | 1310 5 59   | 1459 5 59   | 1576 5 58    | 1693 5 58    | 1803 5 57    | 1921 6 57    | 2038 5 56    | 2150 5 56    | 2262 5 55    | 2372   |
| 82     | 59  | 1330 5 59   | 1448 6 59   | 1565 6 58    | 1681 6 58    | 1797 6 57    | 1911 6 57    | 2024 6 56    | 2137 6 56    | 2248 6 55    | 2358   |
| 0,80   | 589 | 0,1319 6 59 | 0,1436 6 58 | 0,1552 6 58  | 0,1668 7 57  | 0,1783 6 57  | 0,1897 7 57  | 0,2010 7 56  | 0,2122 8 56  | 0,2233 8 55  | 0,2343 |
| 78     | 58  | 1306 6 58   | 1423 7 57   | 1538 7 57    | 1653 7 57    | 1767 8 57    | 1881 8 56    | 1991 8 56    | 2105 8 55    | 2216 8 55    | 2326   |
| 76     | 58  | 1292 7 58   | 1408 7 57   | 1523 8 57    | 1637 8 57    | 1751 9 56    | 1873 9 56    | 1976 9 56    | 2087 9 55    | 2197 9 55    | 2307   |
| 74     | 57  | 1277 8 57   | 1392 8 57   | 1506 8 57    | 1619 9 56    | 1732 9 56    | 1844 10 55   | 1956 10 55   | 2067 10 55   | 2177 10 55   | 2286   |
| 72     | 57  | 1261 8 57   | 1375 9 57   | 1488 9 56    | 1600 10 56   | 1712 10 56   | 1824 10 56   | 1935 11 55   | 2045 11 55   | 2155 11 55   | 2264   |
| 0,70   | 56  | 0,1244 9 56 | 0,1356 9 56 | 0,1408 10 56 | 0,1580 10 56 | 0,1691 11 55 | 0,1802 11 55 | 0,1912 11 55 | 0,2022 12 55 | 0,2131 12 54 | 0,2240 |
| 68     | 56  | 1225 9 55   | 1336 10 56  | 1447 11 56   | 1557 11 55   | 1668 12 55   | 1778 12 55   | 1887 12 55   | 1997 13 54   | 2105 13 54   | 2214   |

|      |      |              |              |              |              |              |              |              |              |              |        |
|------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 66   | 955  | 1206 10 55   | 1315 10 55   | 1425 11 55   | 1534 12 55   | 1613 12 55   | 1752 13 54   | 1861 13 54   | 1970 14 54   | 2078 14 54   | 2186   |
| 64   | 1054 | 1185 10 54   | 1293 11 54   | 1401 12 54   | 1509 13 54   | 1617 13 54   | 1725 14 54   | 1833 14 54   | 1941 14 54   | 2048 15 54   | 2156   |
| 62   | 1053 | 1163 11 53   | 1269 12 53   | 1376 13 53   | 1482 13 53   | 1589 14 53   | 1696 14 53   | 1803 15 53   | 1910 15 53   | 2017 16 53   | 2124   |
| 0,60 | 1152 | 0,1139 12 52 | 0,1244 12 52 | 0,1349 13 52 | 0,1454 14 53 | 0,1560 15 53 | 0,1665 15 53 | 0,1771 16 53 | 0,1877 16 53 | 0,1983 17 53 | 0,2090 |
| 58   | 1151 | 1115 12 51   | 1218 13 51   | 1321 14 52   | 1425 15 52   | 1529 16 52   | 1633 16 52   | 1738 17 53   | 1843 17 53   | 1948 18 53   | 2053   |
| 56   | 1251 | 1089 13 51   | 1190 14 51   | 1292 15 51   | 1394 16 52   | 1496 16 52   | 1599 17 52   | 1702 18 52   | 1806 18 52   | 1910 19 52   | 2015   |
| 54   | 1249 | 1063 13 50   | 1162 14 50   | 1261 15 50   | 1361 16 50   | 1462 17 51   | 1563 18 51   | 1665 19 51   | 1763 19 52   | 1871 20 52   | 1975   |
| 52   | 1348 | 1035 14 48   | 1132 15 49   | 1229 16 49   | 1327 17 49   | 1426 18 50   | 1526 19 50   | 1626 20 51   | 1727 20 51   | 1829 21 51   | 1932   |
| 0,50 | 1347 | 0,1006 14 47 | 0,1100 16 48 | 0,1196 17 48 | 0,1292 18 49 | 0,1389 19 49 | 0,1486 20 49 | 0,1585 21 50 | 0,1685 21 50 | 0,1785 22 51 | 0,1887 |
| 48   | 1446 | 0,976 15 46  | 1068 16 47   | 1161 17 47   | 1255 19 47   | 1350 20 48   | 1445 21 48   | 1542 21 49   | 1640 22 49   | 1739 23 50   | 1839   |
| 46   | 1444 | 0,945 16 45  | 1034 17 45   | 1125 18 46   | 1216 19 46   | 1309 20 47   | 1403 21 47   | 1497 22 48   | 1593 23 49   | 1691 24 49   | 1789   |
| 44   | 1543 | 0,912 16 44  | 0999 17 44   | 1087 19 45   | 1176 20 45   | 1266 21 46   | 1358 22 46   | 1451 23 47   | 1545 24 48   | 1640 25 48   | 1737   |
| 42   | 1542 | 0,879 17 42  | 0963 18 43   | 1048 19 43   | 1135 21 44   | 1222 22 45   | 1311 23 45   | 1402 24 46   | 1494 25 46   | 1587 27 47   | 1682   |
| 0,40 | 1640 | 0,0845 17 41 | 0,0926 19 41 | 0,1008 20 42 | 0,1092 22 43 | 0,1177 23 43 | 0,1263 24 44 | 0,1351 25 45 | 0,1441 27 45 | 0,1532 28 46 | 0,1624 |
| 38   | 1639 | 0809 18 39   | 0888 19 40   | 0967 21 40   | 1048 22 41   | 1130 24 42   | 1213 25 43   | 1298 26 44   | 1385 28 44   | 1474 29 45   | 1564   |
| 36   | 1737 | 0773 18 38   | 0848 20 39   | 0924 21 39   | 1002 23 40   | 1081 24 41   | 1162 26 43   | 1244 27 43   | 1328 29 43   | 1414 30 44   | 1502   |
| 34   | 1735 | 0736 19 36   | 0808 20 36   | 0880 22 37   | 0955 24 38   | 1031 25 39   | 1108 27 40   | 1188 28 41   | 1269 30 42   | 1352 31 43   | 1437   |
| 32   | 1734 | 0698 19 34   | 0766 21 35   | 0835 23 36   | 0906 24 36   | 0979 26 37   | 1053 28 38   | 1129 29 39   | 1207 31 40   | 1287 32 41   | 1369   |
| 0,30 | 1832 | 0,0659 20 32 | 0,0723 21 33 | 0,0789 23 34 | 0,0857 25 35 | 0,0926 27 35 | 0,0996 28 37 | 0,1069 30 37 | 0,1144 32 38 | 0,1220 34 39 | 0,1299 |

**x**

| $t$  | $t = 0,22$ | $0,24$    | $0,26$    | $0,28$    | $0,30$    | $0,32$    | $0,34$    | $0,36$    | $0,38$    | $0,40$  |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 23   | 0519 20    | 0680 22   | 0742 24   | 0906 25   | 0971 25   | 0933 29   | 1007 31   | 1078 33   | 1151 35   | 1226    |
| 23   | 0578 20    | 0635 22   | 0694 24   | 0754 25   | 0815 26   | 0878 28   | 0943 30   | 1010 32   | 1050 34   | 1151    |
| 26   | 0537 21    | 0590 23   | 0645 25   | 0700 27   | 0755 28   | 0737 30   | 0317 31   | 0378 32   | 0411 33   | 1073    |
| 24   | 0591 21    | 0544 23   | 0591 25   | 0616 27   | 0690 28   | 0751 30   | 0511 31   | 0570 32   | 0630 34   | 0933    |
| 22   | 0495 15    | 0,0452 21 | 0,0197 23 | 0,0543 24 | 0,0591 25 | 0,0610 25 | 0,0630 26 | 0,0743 27 | 0,0791 28 | 0,0911  |
| 0,20 | 19         | 22        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20      |
| 18   | 0108 20    | 0449 21   | 0491 21   | 0535 21   | 0579 21   | 0615 21   | 0659 21   | 0693 21   | 0722 21   | 0773 21 |
| 16   | 0364 18    | 0401 19   | 0439 19   | 0477 20   | 0517 20   | 0559 20   | 0601 21   | 0646 21   | 0682 21   | 0740    |
| 14   | 0320 16    | 0352 17   | 0385 17   | 0419 18   | 0453 18   | 0491 19   | 0529 19   | 0563 19   | 0609 19   | 0652    |
| 12   | 0275 14    | 0303 15   | 0331 15   | 0361 15   | 0391 16   | 0423 16   | 0455 17   | 0490 17   | 0525 19   | 0562    |
| 0,10 | 20         | 21        | 21        | 21        | 21        | 21        | 21        | 21        | 21        | 21      |
| 08   | 0184 23    | 0203 25   | 0222 27   | 0242 29   | 0262 31   | 0281 33   | 0306 34   | 0329 35   | 0353 35   | 0378    |
| 06   | 0138 22    | 0152 23   | 0167 23   | 0182 24   | 0197 24   | 0213 25   | 0230 25   | 0247 25   | 0265 25   | 0285    |
| 04   | 0092 23    | 0102 25   | 0111 25   | 0121 26   | 0132 26   | 0142 26   | 0151 26   | 0165 26   | 0177 26   | 0190    |
| 02   | 0046 23    | 0051 25   | 0056 25   | 0061 26   | 0066 26   | 0071 26   | 0077 26   | 0083 26   | 0099 26   | 0095    |
| 0,00 | 21         | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20      |
|      |            |           |           |           |           |           |           |           |           |         |
|      |            |           |           |           |           |           |           |           |           |         |

**y**

| $t$  | $t = 0,22$ | $0,24$    | $0,26$    | $0,28$    | $0,30$    | $0,32$    | $0,34$    | $0,36$    | $0,38$    | $0,40$    |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1,00 | 0          | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  | 0,0000 0  |
| 98   | 30         | 0066 33   | 0071 36   | 0077 38   | 0082 41   | 0086 43   | 0091 45   | 0096 48   | 0100 50   | 0104 52   |
| 96   | 30         | 0132 33   | 0143 36   | 0153 38   | 0163 41   | 0173 43   | 0182 45   | 0191 48   | 0200 50   | 0209 52   |
| 94   | 30         | 0198 33   | 0214 36   | 0229 38   | 0245 41   | 0259 43   | 0273 45   | 0287 48   | 0300 50   | 0313 52   |
| 92   | 11         | 0263 33   | 0285 36   | 0306 38   | 0326 41   | 0346 43   | 0364 45   | 0383 48   | 0400 50   | 0417 52   |
| 0,90 | 30         | 0,0329 33 | 0,0356 35 | 0,0382 33 | 0,0407 41 | 0,0432 43 | 0,0455 46 | 0,0478 48 | 0,0500 50 | 0,0521 52 |
| 88   | 30         | 0394 33   | 0426 35   | 0458 38   | 0488 41   | 0518 43   | 0546 45   | 0574 48   | 0600 50   | 0625 52   |
| 86   | 30         | 0459 33   | 0497 35   | 0533 38   | 0569 40   | 0603 43   | 0637 45   | 0669 48   | 0700 50   | 0729 52   |
| 84   | 30         | 0524 32   | 0567 35   | 0609 38   | 0649 40   | 0689 43   | 0727 45   | 0764 48   | 0799 50   | 0833 52   |
| 82   | 25         | 0588 32   | 0637 35   | 0681 38   | 0730 40   | 0774 43   | 0817 45   | 0859 47   | 0899 50   | 0937 52   |
| 0,80 | 28         | 0,0652 32 | 0,0706 35 | 0,0758 37 | 0,0809 40 | 0,0859 43 | 0,0907 45 | 0,0953 47 | 0,0998 50 | 0,1041 52 |
| 78   | 29         | 0716 32   | 0775 34   | 0833 37   | 0889 40   | 0943 42   | 0996 45   | 1047 47   | 1097 50   | 1144 52   |
| 76   | 29         | 0779 32   | 0843 34   | 0906 37   | 0968 39   | 1027 42   | 1085 45   | 1141 47   | 1195 49   | 1248 52   |
| 74   | 29         | 0841 31   | 0911 34   | 0980 37   | 1046 39   | 1111 42   | 1174 44   | 1235 47   | 1294 49   | 1351 52   |
| 72   | 28         | 0903 31   | 0978 34   | 1052 36   | 1124 39   | 1194 42   | 1262 44   | 1328 47   | 1392 49   | 1453 51   |
|      |            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

| $\tau$ | $t = 0,22$           | $0,24$               | $0,26$               | $0,28$               | $0,30$               | $0,32$               | $0,34$               | $0,35$               | $0,38$               |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0,70   | 0,0964 <sub>40</sub> | 0,1045 <sub>38</sub> | 0,1124 <sub>35</sub> | 0,1201 <sub>33</sub> | 0,1277 <sub>31</sub> | 0,1350 <sub>29</sub> | 0,1421 <sub>28</sub> | 0,1482 <sub>27</sub> | 0,1555 <sub>26</sub> |
| 68     | 1025 <sub>39</sub>   | 1111 <sub>35</sub>   | 1196 <sub>35</sub>   | 1273 <sub>33</sub>   | 1353 <sub>31</sub>   | 1437 <sub>31</sub>   | 1513 <sub>29</sub>   | 1587 <sub>28</sub>   | 1653 <sub>27</sub>   |
| 66     | 1035 <sub>39</sub>   | 1176 <sub>33</sub>   | 1266 <sub>41</sub>   | 1351 <sub>38</sub>   | 1404 <sub>32</sub>   | 1533 <sub>32</sub>   | 1604 <sub>29</sub>   | 1683 <sub>28</sub>   | 1711 <sub>27</sub>   |
| 64     | 1144 <sub>39</sub>   | 1241 <sub>32</sub>   | 1336 <sub>35</sub>   | 1429 <sub>38</sub>   | 1520 <sub>41</sub>   | 1607 <sub>41</sub>   | 1675 <sub>40</sub>   | 1779 <sub>39</sub>   | 1851 <sub>38</sub>   |
| 62     | 1202 <sub>39</sub>   | 1304 <sub>32</sub>   | 1405 <sub>40</sub>   | 1503 <sub>37</sub>   | 1599 <sub>47</sub>   | 1694 <sub>42</sub>   | 1785 <sub>45</sub>   | 1874 <sub>43</sub>   | 1961 <sub>42</sub>   |
| 0,60   | 0,1259 <sub>51</sub> | 0,1357 <sub>53</sub> | 0,1473 <sub>51</sub> | 0,1576 <sub>51</sub> | 0,1678 <sub>50</sub> | 0,1777 <sub>49</sub> | 0,1875 <sub>47</sub> | 0,1969 <sub>45</sub> | 0,2061 <sub>45</sub> |
| 58     | 1316 <sub>51</sub>   | 1428 <sub>51</sub>   | 1510 <sub>53</sub>   | 1619 <sub>51</sub>   | 1756 <sub>51</sub>   | 1804 <sub>51</sub>   | 1963 <sub>44</sub>   | 2063 <sub>43</sub>   | 2160 <sub>43</sub>   |
| 56     | 1371 <sub>53</sub>   | 1439 <sub>53</sub>   | 1605 <sub>55</sub>   | 1720 <sub>54</sub>   | 1832 <sub>55</sub>   | 1912 <sub>51</sub>   | 2050 <sub>45</sub>   | 2156 <sub>45</sub>   | 2253 <sub>45</sub>   |
| 54     | 1425 <sub>57</sub>   | 1543 <sub>53</sub>   | 1670 <sub>52</sub>   | 1793 <sub>51</sub>   | 1908 <sub>54</sub>   | 2021 <sub>51</sub>   | 2137 <sub>43</sub>   | 2248 <sub>44</sub>   | 2356 <sub>43</sub>   |
| 52     | 1478 <sub>55</sub>   | 1607 <sub>53</sub>   | 1733 <sub>52</sub>   | 1859 <sub>51</sub>   | 1932 <sub>51</sub>   | 2033 <sub>40</sub>   | 2222 <sub>45</sub>   | 2333 <sub>45</sub>   | 2452 <sub>44</sub>   |
| 0,50   | 0,1530 <sub>58</sub> | 0,1663 <sub>58</sub> | 0,1795 <sub>51</sub> | 0,1926 <sub>54</sub> | 0,2054 <sub>53</sub> | 0,2181 <sub>52</sub> | 0,2305 <sub>47</sub> | 0,2428 <sub>45</sub> | 0,2513 <sub>45</sub> |
| 48     | 1530 <sub>55</sub>   | 1719 <sub>53</sub>   | 1855 <sub>53</sub>   | 1992 <sub>51</sub>   | 2126 <sub>54</sub>   | 2259 <sub>51</sub>   | 2383 <sub>41</sub>   | 2516 <sub>41</sub>   | 2641 <sub>41</sub>   |
| 46     | 1629 <sub>55</sub>   | 1773 <sub>51</sub>   | 1915 <sub>52</sub>   | 2056 <sub>50</sub>   | 2196 <sub>52</sub>   | 2333 <sub>48</sub>   | 2469 <sub>47</sub>   | 2603 <sub>46</sub>   | 2734 <sub>45</sub>   |
| 44     | 1677 <sub>54</sub>   | 1826 <sub>55</sub>   | 1973 <sub>52</sub>   | 2119 <sub>51</sub>   | 2264 <sub>51</sub>   | 2407 <sub>51</sub>   | 2543 <sub>49</sub>   | 2639 <sub>47</sub>   | 2825 <sub>45</sub>   |
| 42     | 1723 <sub>53</sub>   | 1876 <sub>56</sub>   | 2029 <sub>58</sub>   | 2180 <sub>51</sub>   | 2330 <sub>52</sub>   | 2478 <sub>51</sub>   | 2626 <sub>49</sub>   | 2771 <sub>41</sub>   | 2914 <sub>41</sub>   |
| 0,40   | 0,1763 <sub>52</sub> | 0,1926 <sub>55</sub> | 0,2083 <sub>57</sub> | 0,2239 <sub>58</sub> | 0,2394 <sub>57</sub> | 0,2548 <sub>55</sub> | 0,2701 <sub>51</sub> | 0,2852 <sub>51</sub> | 0,3002 <sub>44</sub> |
| 38     | 1811 <sub>52</sub>   | 1973 <sub>51</sub>   | 2135 <sub>51</sub>   | 2296 <sub>50</sub>   | 2457 <sub>51</sub>   | 2616 <sub>51</sub>   | 2774 <sub>47</sub>   | 2931 <sub>46</sub>   | 3087 <sub>41</sub>   |
|        |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | 3241                 |

| $\tau$ | $t = 0,22$               | $0,24$                    | $0,26$                    | $0,28$                    | $0,30$                    | $0,32$                    | $0,34$                    | $0,35$                    | $0,38$                     |
|--------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 36     | 1852 <sub>21</sub><br>84 | 1892 <sub>20</sub><br>86  | 2063 <sub>22</sub><br>86  | 2105 <sub>21</sub><br>88  | 2186 <sub>25</sub><br>83  | 2352 <sub>23</sub><br>83  | 2517 <sub>30</sub><br>82  | 2692 <sub>33</sub><br>82  | 2845 <sub>31</sub><br>81   |
| 34     | 1881 <sub>18</sub><br>86 | 1929 <sub>19</sub><br>83  | 2024 <sub>21</sub><br>85  | 2260 <sub>23</sub><br>88  | 2234 <sub>24</sub><br>85  | 2405 <sub>27</sub><br>85  | 2515 <sub>29</sub><br>85  | 2745 <sub>32</sub><br>85  | 2914 <sub>34</sub><br>81   |
| 32     | 1900 <sub>17</sub><br>88 | 1965 <sub>18</sub><br>90  | 2144 <sub>20</sub><br>90  | 2324 <sub>22</sub><br>90  | 2182 <sub>19</sub><br>92  | 2366 <sub>21</sub><br>91  | 2549 <sub>23</sub><br>92  | 2734 <sub>25</sub><br>92  | 2918 <sub>28</sub><br>92   |
| 0,30   | 1999 <sub>17</sub><br>91 | 2031 <sub>15</sub><br>93  | 2217 <sub>18</sub><br>94  | 2405 <sub>20</sub><br>91  | 2221 <sub>17</sub><br>94  | 2593 <sub>22</sub><br>94  | 2781 <sub>24</sub><br>94  | 2970 <sub>26</sub><br>95  | 3160 <sub>29</sub><br>95   |
|        |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           | 3283 <sub>33</sub><br>93   |
| 28     | 2019 <sub>23</sub><br>93 | 2234 <sub>24</sub><br>95  | 2405 <sub>23</sub><br>95  | 2442 <sub>18</sub><br>95  | 2263 <sub>20</sub><br>95  | 2633 <sub>20</sub><br>96  | 2826 <sub>22</sub><br>97  | 3019 <sub>25</sub><br>97  | 3213 <sub>27</sub><br>98   |
| 26     | 2051 <sub>21</sub><br>93 | 2251 <sub>15</sub><br>95  | 2421 <sub>17</sub><br>95  | 2476 <sub>17</sub><br>95  | 2281 <sub>15</sub><br>97  | 2671 <sub>19</sub><br>93  | 2867 <sub>21</sub><br>99  | 3065 <sub>23</sub><br>99  | 3249 <sub>25</sub><br>98   |
| 24     | 2070 <sub>21</sub><br>95 | 2288 <sub>14</sub><br>95  | 2476 <sub>17</sub><br>97  | 2671 <sub>19</sub><br>93  | 2476 <sub>17</sub><br>97  | 2867 <sub>21</sub><br>98  | 3065 <sub>23</sub><br>99  | 3264 <sub>25</sub><br>100 | 3463 <sub>27</sub><br>101  |
| 22     | 2110 <sub>19</sub><br>96 | 2308 <sub>14</sub><br>97  | 2476 <sub>17</sub><br>97  | 2671 <sub>19</sub><br>93  | 2476 <sub>17</sub><br>97  | 2867 <sub>21</sub><br>98  | 3065 <sub>23</sub><br>99  | 3264 <sub>25</sub><br>100 | 3463 <sub>27</sub><br>101  |
| 0,20   | 2136 <sub>12</sub><br>98 | 2335 <sub>13</sub><br>98  | 2536 <sub>14</sub><br>98  | 2736 <sub>16</sub><br>98  | 2536 <sub>14</sub><br>98  | 2736 <sub>16</sub><br>98  | 2941 <sub>18</sub><br>98  | 3146 <sub>19</sub><br>98  | 3353 <sub>21</sub><br>98   |
| 18     | 2157 <sub>10</sub><br>99 | 2359 <sub>12</sub><br>101 | 2562 <sub>12</sub><br>101 | 2766 <sub>14</sub><br>103 | 2562 <sub>12</sub><br>101 | 2766 <sub>14</sub><br>103 | 2973 <sub>16</sub><br>103 | 3181 <sub>18</sub><br>105 | 3391 <sub>19</sub><br>105  |
| 16     | 2176 <sub>9</sub><br>100 | 2379 <sub>10</sub><br>102 | 2585 <sub>12</sub><br>102 | 2792 <sub>13</sub><br>102 | 2585 <sub>10</sub><br>102 | 2792 <sub>13</sub><br>102 | 3001 <sub>14</sub><br>102 | 3212 <sub>16</sub><br>102 | 3412 <sub>17</sub><br>103  |
| 14     | 2192 <sub>8</sub><br>101 | 2397 <sub>9</sub><br>104  | 2605 <sub>10</sub><br>105 | 2814 <sub>11</sub><br>106 | 2397 <sub>9</sub><br>104  | 2605 <sub>10</sub><br>105 | 3026 <sub>12</sub><br>107 | 3240 <sub>14</sub><br>108 | 3456 <sub>15</sub><br>109  |
| 12     | 2192 <sub>7</sub><br>102 | 2397 <sub>8</sub><br>103  | 2605 <sub>10</sub><br>105 | 2814 <sub>11</sub><br>106 | 2397 <sub>8</sub><br>104  | 2605 <sub>10</sub><br>105 | 3026 <sub>12</sub><br>107 | 3240 <sub>14</sub><br>108 | 3675 <sub>17</sub><br>111  |
| 0,10   | 2220 <sub>6</sub><br>103 | 2413 <sub>7</sub><br>104  | 2622 <sub>9</sub><br>105  | 2833 <sub>9</sub><br>106  | 2413 <sub>8</sub><br>105  | 2622 <sub>9</sub><br>106  | 3047 <sub>11</sub><br>108 | 3253 <sub>12</sub><br>109 | 3482 <sub>13</sub><br>111  |
| 08     | 2217 <sub>6</sub><br>104 | 2425 <sub>6</sub><br>105  | 2636 <sub>7</sub><br>106  | 2849 <sub>8</sub><br>108  | 2425 <sub>6</sub><br>105  | 2636 <sub>7</sub><br>106  | 3064 <sub>9</sub><br>109  | 3282 <sub>10</sub><br>110 | 3513 <sub>11</sub><br>112  |
| 05     | 2225 <sub>4</sub><br>104 | 2435 <sub>5</sub><br>105  | 2647 <sub>5</sub><br>107  | 2851 <sub>7</sub><br>108  | 2435 <sub>5</sub><br>106  | 2647 <sub>5</sub><br>107  | 3078 <sub>8</sub><br>108  | 3297 <sub>9</sub><br>110  | 3519 <sub>8</sub><br>113   |
| 04     | 2232 <sub>3</sub><br>104 | 2442 <sub>4</sub><br>105  | 2655 <sub>4</sub><br>108  | 2870 <sub>4</sub><br>109  | 2442 <sub>3</sub><br>106  | 2655 <sub>4</sub><br>108  | 3087 <sub>5</sub><br>110  | 3308 <sub>5</sub><br>112  | 3533 <sub>6</sub><br>114   |
| 02     | 2235 <sub>2</sub><br>105 | 2446 <sub>2</sub><br>106  | 2659 <sub>2</sub><br>108  | 2875 <sub>3</sub><br>109  | 2446 <sub>2</sub><br>107  | 2659 <sub>2</sub><br>108  | 3093 <sub>3</sub><br>111  | 3314 <sub>3</sub><br>112  | 3539 <sub>4</sub><br>116   |
| 00     | 2237 <sub>1</sub><br>105 | 2448 <sub>1</sub><br>107  | 2661 <sub>1</sub><br>108  | 2877 <sub>1</sub><br>109  | 2448 <sub>1</sub><br>106  | 2661 <sub>1</sub><br>108  | 3095 <sub>1</sub><br>111  | 3316 <sub>1</sub><br>112  | 3541 <sub>1</sub><br>114   |
|        |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           | 0,4237 <sub>1</sub><br>118 |

| $\tau$ | $t = 0,42$   | $0,44$    | $0,46$    | $0,48$    | $0,50$    | $0,52$    | $0,54$    | $0,56$    | $0,58$    | $0,60$ |
|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 1,00   | 0,2531 64    | 0,2639 53 | 0,2745 52 | 0,2849 51 | 0,2952 61 | 0,3053 50 | 0,3152 49 | 0,3250 48 | 0,3346 47 | 0,3440 |
| 98     | 0 2531 51    | 2638 0    | 2744 52   | 2848 0    | 2951 51   | 3052 0    | 3151 0    | 3249 43   | 3345 47   | 3440   |
| 96     | 55 2528 51   | 2636 1    | 2742 52   | 2846 51   | 2949 51   | 3050 50   | 3149 49   | 3247 43   | 3343 47   | 3438   |
| 94     | 65 2524 52   | 2632 52   | 2738 52   | 2842 51   | 2945 52   | 3046 52   | 3146 49   | 3244 43   | 3340 47   | 3435   |
| 92     | 53 2519 51   | 2626 53   | 2732 52   | 2837 51   | 2940 53   | 3041 50   | 3141 49   | 3239 44   | 3335 47   | 3430   |
| 0,90   | 4 0,2512 64  | 0,2619 53 | 0,2725 52 | 0,2830 52 | 0,2933 51 | 0,3034 50 | 0,3134 49 | 0,3232 43 | 0,3329 43 | 0,3424 |
| 88     | 4 2503 54    | 2610 53   | 2717 51   | 2821 51   | 2921 51   | 3026 50   | 3126 49   | 3224 44   | 3321 44   | 3417   |
| 86     | 54 2493 55   | 2600 53   | 2706 52   | 2811 52   | 2914 51   | 3016 50   | 3116 49   | 3215 42   | 3312 43   | 3403   |
| 84     | 6 2481 54    | 2588 56   | 2694 53   | 2799 52   | 2903 51   | 3005 50   | 3105 50   | 3204 49   | 3302 45   | 3393   |
| 82     | 7 2467 64    | 2574 53   | 2681 51   | 2786 51   | 2885 51   | 2993 50   | 3093 49   | 3192 49   | 3290 48   | 3386   |
| 0,80   | 8 0,2452 54  | 0,2559 53 | 0,2666 54 | 0,2771 53 | 0,2871 51 | 0,2977 51 | 0,3078 50 | 0,3178 49 | 0,3276 48 | 0,3373 |
| 78     | 9 2431 51    | 2542 53   | 2618 52   | 2754 51   | 2853 51   | 2961 51   | 3062 50   | 3162 49   | 3261 49   | 3359   |
| 76     | 54 2416 51   | 2523 53   | 2630 52   | 2735 52   | 2833 51   | 2942 51   | 3044 50   | 3145 49   | 3244 48   | 3342   |
| 74     | 10 2395 51   | 2502 52   | 2609 52   | 2715 52   | 2819 51   | 2923 50   | 3025 50   | 3126 50   | 3226 49   | 3324   |
| 72     | 11 2172 51   | 2480 51   | 2556 53   | 2692 51   | 2797 52   | 2901 51   | 3003 51   | 3105 50   | 3205 50   | 3305   |
| 0,70   | 12 0,2348 54 | 0,2455 53 | 0,2562 52 | 0,2668 52 | 0,2773 52 | 0,2877 52 | 0,2980 52 | 0,3082 51 | 0,3183 51 | 0,3283 |
| 68     | 13 2322 51   | 2429 53   | 2536 53   | 2641 53   | 2747 53   | 2851 52   | 2955 53   | 3057 51   | 3159 52   | 3260   |

| $\tau$ | $t = 0,42$   | $0,44$    | $0,46$    | $0,48$    | $0,50$    | $0,52$    | $0,54$    | $0,56$    | $0,58$    | $0,60$ |
|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 10     | 66 2293 51   | 2400 53   | 2507 54   | 2613 53   | 2719 52   | 2823 54   | 2927 51   | 3030 51   | 3133 51   | 3234   |
| 64     | 54 2263 55   | 2370 55   | 2476 55   | 2582 55   | 2688 55   | 2793 55   | 2898 52   | 3001 52   | 3104 51   | 3207   |
| 62     | 53 2231 56   | 2337 55   | 2444 56   | 2550 56   | 2655 56   | 2761 55   | 2866 52   | 2970 52   | 3074 51   | 3177   |
| 0,60   | 17 0,2196 57 | 0,2302 57 | 0,2403 58 | 0,2515 58 | 0,2620 58 | 0,2726 57 | 0,2831 58 | 0,2936 57 | 0,3041 57 | 0,3145 |
| 58     | 18 2159 58   | 2265 59   | 2371 59   | 2477 59   | 2583 59   | 2689 59   | 2795 58   | 2900 58   | 3005 58   | 3110   |
| 56     | 19 2120 53   | 2225 53   | 2331 53   | 2437 53   | 2543 53   | 2649 53   | 2755 53   | 2861 53   | 2967 53   | 3073   |
| 54     | 20 2079 52   | 2183 53   | 2289 52   | 2394 52   | 2500 53   | 2606 52   | 2713 53   | 2819 53   | 2926 53   | 3033   |
| 52     | 21 2035 52   | 2139 52   | 2244 53   | 2349 53   | 2455 53   | 2561 53   | 2668 53   | 2775 53   | 2882 54   | 2989   |
| 0,50   | 23 0,1989 52 | 0,2092 54 | 0,2196 52 | 0,2301 54 | 0,2406 54 | 0,2513 53 | 0,2619 54 | 0,2727 54 | 0,2835 54 | 0,2943 |
| 48     | 24 1940 51   | 2042 52   | 2145 52   | 2250 53   | 2355 53   | 2461 53   | 2568 54   | 2676 54   | 2784 55   | 2893   |
| 46     | 50 1889 56   | 1990 56   | 2092 57   | 2196 52   | 2300 57   | 2406 57   | 2513 54   | 2621 54   | 2730 55   | 2840   |
| 44     | 49 1835 57   | 1935 51   | 2036 58   | 2138 59   | 2242 59   | 2348 59   | 2454 59   | 2563 59   | 2672 55   | 2782   |
| 42     | 48 1778 58   | 1876 59   | 1976 51   | 2078 52   | 2181 51   | 2286 53   | 2392 54   | 2500 55   | 2610 55   | 2721   |
| 0,40   | 29 0,1719 50 | 0,1815 51 | 0,1914 50 | 0,2014 52 | 0,2116 53 | 0,2220 53 | 0,2326 54 | 0,2434 53 | 0,2543 56 | 0,2654 |
| 38     | 30 1657 51   | 1751 52   | 1848 53   | 1946 54   | 2047 54   | 2150 55   | 2255 54   | 2355 54   | 2457 56   | 2584   |
| 36     | 45 1592 52   | 1684 54   | 1779 55   | 1875 56   | 1975 55   | 2076 57   | 2180 57   | 2287 58   | 2396 58   | 2507   |
| 34     | 33 1524 54   | 1613 55   | 1706 56   | 1801 57   | 1898 58   | 1998 59   | 2101 58   | 2206 54   | 2315 56   | 2426   |
| 32     | 44 1454 55   | 1541 56   | 1630 58   | 1722 59   | 1817 50   | 1915 51   | 2016 52   | 2121 54   | 2228 55   | 2338   |
| 0,30   | 35 0,1380 57 | 0,1465 58 | 0,1551 49 | 0,1640 46 | 0,1733 48 | 0,1828 50 | 0,1927 51 | 0,2029 53 | 0,2135 46 | 0,2245 |

| $\tau$ |          | $t = 0,42$      | 0,44            | 0,46            | 0,48            | 0,50            | 0,52            | 0,54            | 0,56            | 0,58            | 0,60   |
|--------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 28     | 38<br>31 | 1304 38<br>40   | 1384 40<br>42   | 1468 41<br>43   | 1554 43<br>45   | 1644 45<br>46   | 1736 46<br>48   | 1833 47<br>50   | 1933 48<br>52   | 2037 49<br>54   | 2145   |
| 26     | 34<br>27 | 1225 40<br>38   | 1302 41<br>40   | 1381 43<br>41   | 1464 43<br>43   | 1550 47<br>43   | 1640 49<br>47   | 1733 50<br>49   | 1830 51<br>51   | 1935 53<br>53   | 2037   |
| 24     | 39<br>25 | 1143 41<br>36   | 1216 43<br>38   | 1292 45<br>39   | 1370 47<br>41   | 1452 49<br>43   | 1538 51<br>45   | 1623 53<br>47   | 1722 54<br>49   | 1820 51<br>56   | 1923   |
| 22     | 40<br>33 | 1059 42<br>34   | 1127 44<br>36   | 1198 47<br>37   | 1273 47<br>39   | 1350 51<br>41   | 1432 53<br>43   | 1517 55<br>45   | 1607 57<br>47   | 1702 59<br>50   | 1801   |
| 0,20   | 41<br>30 | 0,0072 43<br>33 | 0,1035 46<br>33 | 0,1102 49<br>35 | 0,1171 51<br>38 | 0,1244 53<br>39 | 0,1321 55<br>40 | 0,1401 58<br>43 | 0,1487 60<br>45 | 0,1576 63<br>48 | 0,1672 |
| 18     | 42<br>28 | 0382 45<br>29   | 0941 47<br>31   | 1002 50<br>32   | 1066 53<br>34   | 1134 55<br>36   | 1205 58<br>37   | 1280 61<br>39   | 1360 63<br>41   | 1444 68<br>45   | 1534   |
| 16     | 43<br>25 | 0791 46<br>28   | 0844 49<br>28   | 0899 51<br>29   | 0957 54<br>31   | 1019 57<br>33   | 1084 60<br>35   | 1154 63<br>37   | 1227 66<br>39   | 1305 70<br>42   | 1389   |
| 14     | 41<br>22 | 0697 47<br>24   | 0744 50<br>25   | 0793 53<br>26   | 0840 56<br>24   | 0902 59<br>29   | 0960 62<br>31   | 1022 64<br>33   | 1088 68<br>36   | 1160 73<br>34   | 1236   |
| 12     | 45<br>20 | 0601 48<br>20   | 0642 51<br>22   | 0685 54<br>23   | 0731 58<br>21   | 0779 61<br>26   | 0831 64<br>27   | 0886 64<br>29   | 0915 72<br>32   | 1008 76<br>34   | 1075   |
| 0,10   | 46<br>16 | 0,0504 49<br>17 | 0,0538 52<br>13 | 0,0575 55<br>19 | 0,0613 59<br>21 | 0,0655 62<br>22 | 0,0698 66<br>23 | 0,0745 70<br>23 | 0,0796 75<br>27 | 0,0850 79<br>29 | 0,0908 |
| 08     | 48<br>13 | 0105 49<br>14   | 0433 53<br>15   | 0462 56<br>16   | 0494 60<br>17   | 0527 64<br>18   | 0563 68<br>19   | 0601 72<br>21   | 0642 77<br>22   | 0687 82<br>14   | 0735   |
| 06     | 47<br>10 | 0305 50<br>11   | 0326 53<br>11   | 0318 57<br>12   | 0372 61<br>13   | 0397 65<br>14   | 0424 69<br>15   | 0454 74<br>16   | 0483 79<br>17   | 0519 84<br>18   | 0556   |
| 04     | 47<br>7  | 0204 51<br>7    | 0218 54<br>8    | 0233 58<br>8    | 0249 62<br>9    | 0266 66<br>9    | 0284 70<br>10   | 0304 75<br>11   | 0325 80<br>12   | 0349 88<br>13   | 0373   |
| 02     | 47<br>3  | 0102 51<br>4    | 0109 54<br>4    | 0117 58<br>4    | 0125 62<br>4    | 0133 64<br>5    | 0142 71<br>5    | 0152 76<br>5    | 0163 81<br>6    | 0175 87<br>6    | 0187   |
| 0,00   | 48<br>0  | 0,0000 51<br>0  | 0,0000 55<br>0  | 0,0000 58<br>0  | 0,0000 62<br>0  | 0,0000 67<br>0  | 0,0000 71<br>0  | 0,0000 76<br>0  | 0,0000 82<br>0  | 0,0000 87<br>0  | 0,0000 |

| $\tau$ |          | $t = 0,42$      | 0,44            | 0,46            | 0,48            | 0,50            | 0,52            | 0,54            | 0,56            | 0,58            | 0,60   |
|--------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 1,00   | 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 |
| 98     | 54<br>2  | 0112 56<br>2    | 0116 58<br>2    | 0119 60<br>2    | 0123 61<br>2    | 0126 63<br>1    | 0129 64<br>1    | 0131 66<br>1    | 0134 67<br>1    | 0136 68<br>1    | 0139   |
| 96     | 54<br>4  | 0224 56<br>4    | 0232 58<br>4    | 0239 60<br>3    | 0245 61<br>3    | 0251 63<br>3    | 0257 64<br>3    | 0263 66<br>3    | 0268 67<br>2    | 0273 68<br>2    | 0277   |
| 94     | 54<br>6  | 0337 56<br>5    | 0347 58<br>5    | 0358 60<br>5    | 0368 61<br>5    | 0377 63<br>5    | 0386 64<br>4    | 0394 66<br>4    | 0402 67<br>4    | 0409 68<br>3    | 0416   |
| 92     | 54<br>8  | 0449 56<br>7    | 0463 58<br>7    | 0477 60<br>7    | 0491 61<br>6    | 0503 63<br>6    | 0515 64<br>6    | 0526 66<br>5    | 0536 67<br>5    | 0546 68<br>5    | 0555   |
| 0,90   | 54<br>10 | 0,0561 56<br>9  | 0,0579 58<br>9  | 0,0597 60<br>8  | 0,0613 61<br>8  | 0,0629 63<br>7  | 0,0644 65<br>7  | 0,0658 66<br>7  | 0,0671 67<br>6  | 0,0683 69<br>6  | 0,0695 |
| 88     | 54<br>12 | 0673 56<br>11   | 0695 58<br>11   | 0716 60<br>10   | 0736 61<br>10   | 0755 63<br>9    | 0773 65<br>8    | 0790 66<br>8    | 0806 67<br>7    | 0821 69<br>7    | 0834   |
| 86     | 54<br>14 | 0785 56<br>13   | 0811 58<br>12   | 0836 60<br>12   | 0859 62<br>11   | 0882 63<br>11   | 0903 65<br>10   | 0922 66<br>9    | 0941 68<br>9    | 0958 69<br>8    | 0975   |
| 84     | 54<br>16 | 0897 56<br>15   | 0927 58<br>14   | 0956 60<br>14   | 0983 62<br>13   | 1008 63<br>12   | 1032 65<br>11   | 1055 66<br>11   | 1077 68<br>10   | 1097 69<br>9    | 1115 - |
| 82     | 54<br>18 | 1010 56<br>17   | 1043 58<br>16   | 1076 60<br>15   | 1106 62<br>15   | 1135 63<br>14   | 1162 65<br>13   | 1188 67<br>12   | 1213 68<br>11   | 1235 69<br>11   | 1257   |
| 0,80   | 54<br>20 | 0,1122 56<br>19 | 0,1159 58<br>18 | 0,1195 60<br>17 | 0,1230 62<br>16 | 0,1262 64<br>15 | 0,1293 65<br>15 | 0,1322 67<br>14 | 0,1349 68<br>13 | 0,1375 70<br>12 | 0,1399 |
| 78     | 54<br>22 | 1234 56<br>21   | 1276 58<br>20   | 1316 60<br>19   | 1354 62<br>18   | 1390 64<br>17   | 1424 65<br>16   | 1456 67<br>15   | 1486 69<br>14   | 1515 70<br>13   | 1541   |
| 76     | 54<br>24 | 1346 56<br>23   | 1392 58<br>22   | 1436 60<br>21   | 1478 62<br>20   | 1517 64<br>19   | 1555 66<br>18   | 1591 67<br>17   | 1624 69<br>16   | 1656 70<br>15   | 1685 - |
| 74     | 54<br>26 | 1458 56<br>25   | 1508 58<br>24   | 1556 60<br>23   | 1602 62<br>22   | 1646 64<br>21   | 1687 66<br>20   | 1726 68<br>18   | 1763 69<br>17   | 1797 71<br>16   | 1830   |
| 72     | 54<br>29 | 1570 56<br>27   | 1624 58<br>26   | 1677 60<br>25   | 1727 62<br>24   | 1774 64<br>23   | 1819 66<br>21   | 1862 68<br>20   | 1902 70<br>19   | 1940 71<br>18   | 1975   |

| $\tau$ |          | $t = 0,42$                         | $0,44$                             | $0,46$                             | $0,48$                             | $0,50$                             | $0,52$                             | $0,54$                             | $0,56$                             | $0,58$                             | $0,60$ |
|--------|----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------|
| 0,70   | 54<br>31 | 0,1682 <sup>65</sup> <sub>30</sub> | 0,1741 <sup>59</sup> <sub>29</sub> | 0,1797 <sup>60</sup> <sub>27</sub> | 0,1851 <sup>62</sup> <sub>26</sub> | 0,1903 <sup>64</sup> <sub>24</sub> | 0,1952 <sup>65</sup> <sub>23</sub> | 0,1993 <sup>68</sup> <sub>22</sub> | 0,2042 <sup>70</sup> <sub>21</sub> | 0,2053 <sup>73</sup> <sub>19</sub> | 0,2122 |
| 68     | 53<br>33 | 1793 <sup>53</sup> <sub>32</sub>   | 1857 <sup>58</sup> <sub>31</sub>   | 1918 <sup>60</sup> <sub>29</sub>   | 1976 <sup>63</sup> <sub>28</sub>   | 2032 <sup>65</sup> <sub>27</sub>   | 2085 <sup>67</sup> <sub>25</sub>   | 2135 <sup>69</sup> <sub>24</sub>   | 2183 <sup>70</sup> <sub>22</sub>   | 2227 <sup>72</sup> <sub>21</sub>   | 2269   |
| 66     | 53<br>38 | 1904 <sup>63</sup> <sub>34</sub>   | 1973 <sup>68</sup> <sub>33</sub>   | 2039 <sup>69</sup> <sub>31</sub>   | 2101 <sup>63</sup> <sub>30</sub>   | 2161 <sup>65</sup> <sub>29</sub>   | 2219 <sup>67</sup> <sub>27</sub>   | 2273 <sup>69</sup> <sub>26</sub>   | 2324 <sup>71</sup> <sub>24</sub>   | 2373 <sup>73</sup> <sub>23</sub>   | 2418   |
| 64     | 53<br>34 | 2016 <sup>66</sup> <sub>37</sub>   | 2089 <sup>68</sup> <sub>35</sub>   | 2159 <sup>60</sup> <sub>34</sub>   | 2227 <sup>63</sup> <sub>32</sub>   | 2291 <sup>65</sup> <sub>31</sub>   | 2353 <sup>67</sup> <sub>30</sub>   | 2411 <sup>69</sup> <sub>29</sub>   | 2467 <sup>71</sup> <sub>28</sub>   | 2519 <sup>73</sup> <sub>25</sub>   | 2568   |
| 62     | 53<br>41 | 2126 <sup>55</sup> <sub>39</sub>   | 2205 <sup>58</sup> <sub>38</sub>   | 2280 <sup>60</sup> <sub>36</sub>   | 2352 <sup>63</sup> <sub>35</sub>   | 2421 <sup>65</sup> <sub>33</sub>   | 2487 <sup>67</sup> <sub>31</sub>   | 2550 <sup>70</sup> <sub>30</sub>   | 2610 <sup>72</sup> <sub>28</sub>   | 2666 <sup>74</sup> <sub>27</sub>   | 2720   |
| 0,60   | 53<br>43 | 0,2237 <sup>53</sup> <sub>42</sub> | 0,2320 <sup>68</sup> <sub>40</sub> | 0,2401 <sup>60</sup> <sub>39</sub> | 0,2478 <sup>63</sup> <sub>37</sub> | 0,2552 <sup>65</sup> <sub>35</sub> | 0,2623 <sup>68</sup> <sub>34</sub> | 0,2690 <sup>71</sup> <sub>33</sub> | 0,2754 <sup>73</sup> <sub>30</sub> | 0,2815 <sup>74</sup> <sub>29</sub> | 0,2872 |
| 58     | 52<br>48 | 2347 <sup>65</sup> <sub>41</sub>   | 2433 <sup>58</sup> <sub>43</sub>   | 2521 <sup>60</sup> <sub>41</sub>   | 2603 <sup>63</sup> <sub>40</sub>   | 2683 <sup>65</sup> <sub>39</sub>   | 2758 <sup>68</sup> <sub>36</sub>   | 2831 <sup>70</sup> <sub>34</sub>   | 2899 <sup>73</sup> <sub>32</sub>   | 2965 <sup>75</sup> <sub>31</sub>   | 3026   |
| 56     | 52<br>49 | 2456 <sup>63</sup> <sub>47</sub>   | 2550 <sup>57</sup> <sub>46</sub>   | 2641 <sup>61</sup> <sub>44</sub>   | 2729 <sup>63</sup> <sub>42</sub>   | 2813 <sup>65</sup> <sub>41</sub>   | 2891 <sup>68</sup> <sub>39</sub>   | 2972 <sup>71</sup> <sub>37</sub>   | 3045 <sup>73</sup> <sub>35</sub>   | 3116 <sup>75</sup> <sub>31</sub>   | 3182   |
| 54     | 52<br>61 | 2505 <sup>51</sup> <sub>51</sub>   | 2664 <sup>67</sup> <sub>43</sub>   | 2761 <sup>63</sup> <sub>47</sub>   | 2854 <sup>61</sup> <sub>45</sub>   | 2914 <sup>63</sup> <sub>43</sub>   | 3031 <sup>68</sup> <sub>41</sub>   | 3113 <sup>71</sup> <sub>40</sub>   | 3192 <sup>73</sup> <sub>38</sub>   | 3267 <sup>76</sup> <sub>36</sub>   | 3339   |
| 52     | 51<br>64 | 2672 <sup>54</sup> <sub>53</sub>   | 2778 <sup>67</sup> <sub>51</sub>   | 2880 <sup>63</sup> <sub>50</sub>   | 2979 <sup>63</sup> <sub>49</sub>   | 3075 <sup>65</sup> <sub>48</sub>   | 3167 <sup>68</sup> <sub>44</sub>   | 3255 <sup>71</sup> <sub>42</sub>   | 3340 <sup>74</sup> <sub>40</sub>   | 3421 <sup>77</sup> <sub>33</sub>   | 3497   |
| 0,50   | 51<br>67 | 0,2779 <sup>53</sup> <sub>56</sub> | 0,2891 <sup>66</sup> <sub>54</sub> | 0,2999 <sup>59</sup> <sub>53</sub> | 0,3104 <sup>62</sup> <sub>51</sub> | 0,3206 <sup>63</sup> <sub>49</sub> | 0,3301 <sup>64</sup> <sub>47</sub> | 0,3398 <sup>71</sup> <sub>45</sub> | 0,3488 <sup>71</sup> <sub>41</sub> | 0,3575 <sup>77</sup> <sub>41</sub> | 0,3657 |
| 48     | 50<br>60 | 2885 <sup>53</sup> <sub>59</sub>   | 3003 <sup>58</sup> <sub>57</sub>   | 3117 <sup>59</sup> <sub>54</sub>   | 3229 <sup>62</sup> <sub>54</sub>   | 3336 <sup>63</sup> <sub>52</sub>   | 3440 <sup>64</sup> <sub>51</sub>   | 3511 <sup>72</sup> <sub>44</sub>   | 3637 <sup>75</sup> <sub>46</sub>   | 3730 <sup>75</sup> <sub>41</sub>   | 3818   |
| 46     | 49<br>63 | 2990 <sup>52</sup> <sub>62</sub>   | 3114 <sup>56</sup> <sub>60</sub>   | 3234 <sup>59</sup> <sub>58</sub>   | 3352 <sup>62</sup> <sub>57</sub>   | 3466 <sup>65</sup> <sub>55</sub>   | 3577 <sup>68</sup> <sub>54</sub>   | 3681 <sup>72</sup> <sub>52</sub>   | 3787 <sup>75</sup> <sub>49</sub>   | 3886 <sup>78</sup> <sub>47</sub>   | 3981   |
| 44     | 49<br>66 | 3093 <sup>51</sup> <sub>65</sub>   | 3223 <sup>53</sup> <sub>64</sub>   | 3351 <sup>58</sup> <sub>62</sub>   | 3475 <sup>61</sup> <sub>61</sub>   | 3596 <sup>65</sup> <sub>59</sub>   | 3714 <sup>68</sup> <sub>57</sub>   | 3827 <sup>72</sup> <sub>55</sub>   | 3937 <sup>75</sup> <sub>53</sub>   | 4013 <sup>78</sup> <sub>51</sub>   | 4144   |
| 42     | 48<br>70 | 3195 <sup>51</sup> <sub>69</sub>   | 3332 <sup>54</sup> <sub>57</sub>   | 3466 <sup>57</sup> <sub>66</sub>   | 3597 <sup>61</sup> <sub>64</sub>   | 3725 <sup>64</sup> <sub>62</sub>   | 3819 <sup>69</sup> <sub>61</sub>   | 3970 <sup>72</sup> <sub>59</sub>   | 4087 <sup>75</sup> <sub>57</sub>   | 4200 <sup>79</sup> <sub>54</sub>   | 4309   |
| 0,40   | 47<br>73 | 0,3295 <sup>50</sup> <sub>71</sub> | 0,3438 <sup>53</sup> <sub>70</sub> | 0,3579 <sup>57</sup> <sub>69</sub> | 0,3717 <sup>60</sup> <sub>68</sub> | 0,3852 <sup>64</sup> <sub>66</sub> | 0,3984 <sup>64</sup> <sub>64</sub> | 0,4113 <sup>71</sup> <sub>62</sub> | 0,4238 <sup>75</sup> <sub>60</sub> | 0,4358 <sup>73</sup> <sub>53</sub> | 0,4476 |
| 38     | 46<br>76 | 3393 <sup>49</sup> <sub>75</sub>   | 3543 <sup>52</sup> <sub>74</sub>   | 3691 <sup>56</sup> <sub>73</sub>   | 3836 <sup>60</sup> <sub>71</sub>   | 3979 <sup>63</sup> <sub>70</sub>   | 4119 <sup>67</sup> <sub>64</sub>   | 4255 <sup>71</sup> <sub>66</sub>   | 4388 <sup>75</sup> <sub>61</sub>   | 4517 <sup>79</sup> <sub>62</sub>   | 4611   |

|       |           |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |        |
|-------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| 36    | 45<br>79  | 3488 <sup>49</sup> <sub>78</sub>    | 3645 <sup>51</sup> <sub>78</sub>    | 3800 <sup>55</sup> <sub>76</sub>    | 3953 <sup>59</sup> <sub>75</sub>    | 4104 <sup>62</sup> <sub>74</sub>    | 4251 <sup>66</sup> <sub>72</sub>    | 4396 <sup>70</sup> <sub>71</sub>    | 4537 <sup>75</sup> <sub>59</sub>    | 4675 <sup>79</sup> <sub>77</sub>    | 4808   |
| 34    | 43<br>83  | 3581 <sup>47</sup> <sub>82</sub>    | 3745 <sup>50</sup> <sub>81</sub>    | 3908 <sup>54</sup> <sub>80</sub>    | 4068 <sup>57</sup> <sub>79</sub>    | 4226 <sup>61</sup> <sub>78</sub>    | 4382 <sup>65</sup> <sub>77</sub>    | 4535 <sup>70</sup> <sub>75</sub>    | 4695 <sup>74</sup> <sub>73</sub>    | 4832 <sup>79</sup> <sub>71</sub>    | 4975   |
| 32    | 42<br>86  | 3672 <sup>45</sup> <sub>85</sub>    | 3843 <sup>49</sup> <sub>85</sub>    | 4012 <sup>52</sup> <sub>84</sub>    | 4180 <sup>56</sup> <sub>83</sub>    | 4347 <sup>61</sup> <sub>82</sub>    | 4511 <sup>64</sup> <sub>81</sub>    | 4673 <sup>69</sup> <sub>80</sub>    | 4833 <sup>74</sup> <sub>78</sub>    | 4989 <sup>78</sup> <sub>76</sub>    | 5141   |
| 0,30  | 40<br>89  | 0,3759 <sup>44</sup> <sub>89</sub>  | 0,3937 <sup>47</sup> <sub>88</sub>  | 0,4114 <sup>51</sup> <sub>88</sub>  | 0,4290 <sup>55</sup> <sub>87</sub>  | 0,4464 <sup>59</sup> <sub>87</sub>  | 0,4637 <sup>63</sup> <sub>86</sub>  | 0,4809 <sup>68</sup> <sub>84</sub>  | 0,4977 <sup>72</sup> <sub>83</sub>  | 0,5144 <sup>77</sup> <sub>82</sub>  | 0,5307 |
| 28    | 39<br>93  | 3843 <sup>42</sup> <sub>92</sub>    | 4028 <sup>45</sup> <sub>92</sub>    | 4212 <sup>49</sup> <sub>92</sub>    | 4396 <sup>53</sup> <sub>91</sub>    | 4579 <sup>57</sup> <sub>91</sub>    | 4760 <sup>62</sup> <sub>90</sub>    | 4941 <sup>66</sup> <sub>89</sub>    | 5120 <sup>71</sup> <sub>88</sub>    | 5296 <sup>76</sup> <sub>87</sub>    | 5471   |
| 26    | 37<br>96  | 3923 <sup>40</sup> <sub>96</sub>    | 4114 <sup>43</sup> <sub>96</sub>    | 4306 <sup>47</sup> <sub>96</sub>    | 4498 <sup>51</sup> <sub>95</sub>    | 4689 <sup>55</sup> <sub>95</sub>    | 4830 <sup>60</sup> <sub>95</sub>    | 5070 <sup>65</sup> <sub>95</sub>    | 5259 <sup>70</sup> <sub>91</sub>    | 5446 <sup>75</sup> <sub>98</sub>    | 5632   |
| 24    | 35<br>99  | 3999 <sup>38</sup> <sub>99</sub>    | 4197 <sup>41</sup> <sub>99</sub>    | 4396 <sup>45</sup> <sub>100</sub>   | 4595 <sup>49</sup> <sub>100</sub>   | 4795 <sup>53</sup> <sub>100</sub>   | 4995 <sup>62</sup> <sub>101</sub>   | 5195 <sup>67</sup> <sub>100</sub>   | 5394 <sup>73</sup> <sub>99</sub>    | 5593 <sup>73</sup> <sub>99</sub>    | 5790   |
| 22    | 33<br>102 | 4070 <sup>36</sup> <sub>102</sub>   | 4275 <sup>39</sup> <sub>103</sub>   | 4481 <sup>43</sup> <sub>104</sub>   | 4688 <sup>47</sup> <sub>104</sub>   | 4896 <sup>53</sup> <sub>104</sub>   | 5105 <sup>55</sup> <sub>105</sub>   | 5314 <sup>60</sup> <sub>105</sub>   | 5524 <sup>65</sup> <sub>105</sub>   | 5734 <sup>71</sup> <sub>105</sub>   | 5944   |
| -0,20 | 31<br>105 | 0,4138 <sup>34</sup> <sub>105</sub> | 0,4348 <sup>36</sup> <sub>106</sub> | 0,4561 <sup>40</sup> <sub>107</sub> | 0,4775 <sup>43</sup> <sub>108</sub> | 0,4991 <sup>48</sup> <sub>109</sub> | 0,5209 <sup>52</sup> <sub>110</sub> | 0,5428 <sup>57</sup> <sub>110</sub> | 0,5648 <sup>62</sup> <sub>111</sub> | 0,5870 <sup>68</sup> <sub>111</sub> | 0,6092 |
| 18    | 28<br>107 | 4199 <sup>30</sup> <sub>108</sub>   | 4416 <sup>34</sup> <sub>110</sub>   | 4635 <sup>37</sup> <sub>111</sub>   | 4856 <sup>41</sup> <sub>112</sub>   | 5080 <sup>44</sup> <sub>113</sub>   | 5307 <sup>49</sup> <sub>114</sub>   | 5535 <sup>53</sup> <sub>115</sub>   | 5765 <sup>59</sup> <sub>116</sub>   | 5998 <sup>64</sup> <sub>117</sub>   | 6233   |
| 16    | 26<br>110 | 4255 <sup>28</sup> <sub>111</sub>   | 4478 <sup>31</sup> <sub>113</sub>   | 4703 <sup>34</sup> <sub>114</sub>   | 4931 <sup>37</sup> <sub>116</sub>   | 5162 <sup>41</sup> <sub>117</sub>   | 5396 <sup>45</sup> <sub>119</sub>   | 5634 <sup>50</sup> <sub>120</sub>   | 5874 <sup>55</sup> <sub>122</sub>   | 6118 <sup>60</sup> <sub>124</sub>   | 6365   |
| 14    | 23<br>112 | 4306 <sup>25</sup> <sub>114</sub>   | 4533 <sup>28</sup> <sub>115</sub>   | 4764 <sup>31</sup> <sub>117</sub>   | 4998 <sup>34</sup> <sub>119</sub>   | 5236 <sup>37</sup> <sub>121</sub>   | 5478 <sup>41</sup> <sub>123</sub>   | 5724 <sup>45</sup> <sub>125</sub>   | 5974 <sup>50</sup> <sub>127</sub>   | 6229 <sup>55</sup> <sub>130</sub>   | 6488   |
| 12    | 20<br>114 | 4350 <sup>22</sup> <sub>116</sub>   | 4532 <sup>25</sup> <sub>118</sub>   | 4818 <sup>27</sup> <sub>120</sub>   | 5058 <sup>30</sup> <sub>122</sub>   | 5302 <sup>33</sup> <sub>124</sub>   | 5551 <sup>37</sup> <sub>127</sub>   | 5805 <sup>40</sup> <sub>130</sub>   | 6064 <sup>45</sup> <sub>132</sub>   | 6329 <sup>50</sup> <sub>135</sub>   | 6599   |
| 0,10  | 17<br>116 | 0,4388 <sup>19</sup> <sub>118</sub> | 0,4624 <sup>21</sup> <sub>120</sub> | 0,4865 <sup>23</sup> <sub>122</sub> | 0,5109 <sup>26</sup> <sub>125</sub> | 0,5359 <sup>29</sup> <sub>118</sub> | 0,5614 <sup>32</sup> <sub>130</sub> | 0,5875 <sup>35</sup> <sub>133</sub> | 0,6142 <sup>39</sup> <sub>137</sub> | 0,6416 <sup>44</sup> <sub>140</sub> | 0,6696 |
| 08    | 14<br>117 | 4420 <sup>16</sup> <sub>120</sub>   | 4659 <sup>17</sup> <sub>112</sub>   | 4903 <sup>19</sup> <sub>125</sub>   | 5152 <sup>21</sup> <sub>127</sub>   | 5407 <sup>24</sup> <sub>130</sub>   | 5667 <sup>26</sup> <sub>133</sub>   | 5934 <sup>29</sup> <sub>137</sub>   | 620                                 |                                     |        |

| $\tau$ |    | $t = 0,62$ | $0,64$    | $0,66$    | $0,68$    | $0,70$    | $0,72$    | $0,74$    | $0,76$    | $0,78$    | $0,80$ |
|--------|----|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 1,00   | 46 | 0,3533 46  | 0,3624 45 | 0,3714 44 | 0,3802 43 | 0,3888 42 | 0,3973 42 | 0,4056 41 | 0,4137 40 | 0,4217 39 | 0,4296 |
| 98     | 40 | 3533 40    | 3624 45   | 3713 41   | 3801 43   | 3883 42   | 3972 41   | 4055 40   | 4137 40   | 4217 39   | 4295   |
| 96     | 41 | 3531 41    | 3622 45   | 3712 41   | 3800 43   | 3886 42   | 3971 41   | 4054 41   | 4136 41   | 4216 39   | 4294   |
| 94     | 47 | 3528 42    | 3619 45   | 3709 41   | 3797 43   | 3883 42   | 3968 41   | 4052 41   | 4134 40   | 4214 39   | 4293   |
| 92     | 47 | 3523 42    | 3615 45   | 3705 41   | 3793 43   | 3880 42   | 3965 41   | 4049 41   | 4131 40   | 4211 39   | 4290   |
| 0,90   | 47 | 0,3517 3   | 0,3609 45 | 0,3700 41 | 0,3788 41 | 0,3875 42 | 0,3961 42 | 0,4015 41 | 0,4127 40 | 0,4208 40 | 0,4287 |
| 88     | 47 | 3510 4     | 3603 45   | 3693 45   | 3782 41   | 3870 42   | 3955 42   | 4010 41   | 4122 41   | 4204 40   | 4283   |
| 86     | 47 | 3502 4     | 3595 46   | 3686 45   | 3775 41   | 3863 42   | 3949 42   | 4035 41   | 4117 41   | 4199 40   | 4279   |
| 84     | 47 | 3492 5     | 3585 46   | 3677 43   | 3767 41   | 3853 42   | 3942 41   | 4027 42   | 4111 41   | 4193 40   | 4273   |
| 82     | 47 | 3481 6     | 3575 46   | 3667 45   | 3757 41   | 3840 44   | 3933 42   | 4019 42   | 4103 41   | 4186 41   | 4267   |
| 0,80   | 49 | 0,3169 6   | 0,3563 45 | 0,3655 46 | 0,3746 45 | 0,3836 41 | 0,3924 43 | 0,4010 43 | 0,4095 42 | 0,4179 41 | 0,4261 |
| 78     | 49 | 3455 7     | 3549 47   | 3642 46   | 3734 45   | 3824 41   | 3913 41   | 4000 43   | 4086 41   | 4170 41   | 4253   |
| 76     | 49 | 3439 8     | 3534 47   | 3628 46   | 3720 46   | 3811 45   | 3901 41   | 3989 43   | 4076 43   | 4161 42   | 4244   |
| 74     | 49 | 3422 9     | 3518 47   | 3612 47   | 3705 46   | 3797 45   | 3888 43   | 3977 41   | 4064 43   | 4150 42   | 4235   |
| 72     | 49 | 3403 9     | 3499 48   | 3595 47   | 3689 46   | 3782 40   | 3873 45   | 3963 44   | 4051 41   | 4139 43   | 4224   |
| 0,70   | 49 | 0,3382 10  | 0,3479 10 | 0,3576 9  | 0,3671 9  | 0,3765 9  | 0,3857 8  | 0,3948 8  | 0,4038 7  | 0,4126 6  | 0,4213 |
| 68     | 50 | 3359 11    | 3453 49   | 3555 10   | 3651 47   | 3746 9    | 3839 46   | 3932 45   | 4023 8    | 4112 7    | 4200   |

|      |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |        |
|------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 66   | 13<br>60 | 3335 12<br>50   | 3434 12<br>49   | 3532 11<br>49   | 3630 11<br>48   | 3726 10<br>47   | 3820 10<br>47   | 3914 9<br>46    | 4006 8<br>45    | 4097 8<br>45    | 4186   |
| 64   | 14<br>51 | 3308 13<br>50   | 3408 13<br>50   | 3509 12<br>49   | 3606 12<br>49   | 3703 11<br>48   | 3800 10<br>47   | 3894 10<br>47   | 3988 9<br>46    | 4080 8<br>45    | 4171   |
| 62   | 15<br>51 | 3279 14<br>51   | 3381 14<br>50   | 3481 13<br>50   | 3581 13<br>49   | 3679 12<br>49   | 3777 11<br>48   | 3873 11<br>48   | 3968 10<br>47   | 4062 9<br>46    | 4155   |
| 0,60 | 16<br>52 | 0,3248 16<br>51 | 0,3251 15<br>51 | 0,3452 14<br>50 | 0,3553 14<br>50 | 0,3653 13<br>49 | 0,3752 12<br>49 | 0,3850 12<br>48 | 0,3947 11<br>48 | 0,4042 10<br>47 | 0,4137 |
| 58   | 17<br>52 | 3214 17<br>52   | 3318 16<br>52   | 3421 16<br>51   | 3523 15<br>51   | 3625 14<br>50   | 3725 13<br>50   | 3825 13<br>49   | 3924 12<br>49   | 4021 11<br>49   | 4117   |
| 56   | 19<br>53 | 3178 18<br>52   | 3283 18<br>52   | 3387 17<br>52   | 3491 16<br>52   | 3594 15<br>51   | 3696 15<br>51   | 3793 14<br>50   | 3898 13<br>50   | 3998 12<br>49   | 4096   |
| 54   | 20<br>53 | 3139 20<br>53   | 3245 19<br>53   | 3351 18<br>53   | 3456 18<br>52   | 3561 17<br>52   | 3665 16<br>52   | 3763 15<br>51   | 3871 14<br>51   | 3972 13<br>50   | 4072   |
| 52   | 22<br>54 | 3097 21<br>54   | 3204 20<br>54   | 3311 20<br>54   | 3418 19<br>53   | 3525 18<br>53   | 3631 17<br>53   | 3736 16<br>52   | 3841 15<br>52   | 3944 14<br>51   | 4047   |
| 0,50 | 23<br>54 | 0,3052 23<br>54 | 0,3160 22<br>54 | 0,3269 21<br>54 | 0,3377 21<br>54 | 0,3486 20<br>54 | 0,3594 19<br>54 | 0,3701 18<br>53 | 0,3808 16<br>53 | 0,3914 15<br>53 | 0,4019 |
| 48   | 25<br>55 | 3003 24<br>55   | 3113 24<br>55   | 3223 23<br>55   | 3333 22<br>55   | 3443 21<br>55   | 3553 20<br>55   | 3663 19<br>55   | 3773 18<br>54   | 3881 17<br>54   | 3989   |
| 46   | 27<br>55 | 2950 26<br>56   | 3061 26<br>56   | 3173 25<br>56   | 3285 24<br>56   | 3397 23<br>56   | 3510 22<br>56   | 3622 21<br>56   | 3734 19<br>55   | 3845 18<br>55   | 3936   |
| 44   | 29<br>56 | 2894 28<br>56   | 3006 28<br>57   | 3119 27<br>57   | 3233 16<br>57   | 3347 25<br>57   | 3462 24<br>57   | 3577 23<br>57   | 3691 21<br>57   | 3806 20<br>57   | 3920   |
| 42   | 31<br>56 | 2833 30<br>57   | 2946 30<br>57   | 3061 29<br>58   | 3177 28<br>58   | 3293 27<br>59   | 3410 26<br>59   | 3527 25<br>59   | 3645 23<br>59   | 3763 22<br>59   | 3880   |
| 0,40 | 33<br>57 | 0,2768 33<br>57 | 0,2882 32<br>58 | 0,2998 32<br>59 | 0,3115 31<br>59 | 0,3234 30<br>60 | 0,3353 28<br>60 | 0,3474 27<br>60 | 0,3594 25<br>61 | 0,3715 24<br>61 | 0,3836 |
| 38   | 35<br>57 | 2697 35<br>58   | 2813 35<br>59   | 2930 34<br>60   | 3049 33<br>60   | 3170 32<br>61   | 3292 31<br>62   | 3415 30<br>62   | 3539 28<br>62   | 3663 26<br>63   | 3788   |
| 36   | 38<br>57 | 2621 38<br>58   | 2738 37<br>59   | 2856 36<br>60   | 2977 36<br>61   | 3099 35<br>62   | 3224 34<br>63   | 3350 32<br>64   | 3477 31<br>64   | 3605 29<br>65   | 3735   |
| 34   | 41<br>57 | 2540 41<br>58   | 2657 40<br>60   | 2776 40<br>61   | 2898 39<br>62   | 3023 38<br>63   | 3150 37<br>64   | 3279 36<br>65   | 3409 34<br>66   | 3542 32<br>67   | 3675   |
| 32   | 44<br>57 | 2452 44<br>59   | 2569 44<br>60   | 2689 43<br>61   | 2813 43<br>63   | 2939 42<br>65   | 3068 41<br>66   | 3200 39<br>67   | 3335 37<br>68   | 3471 35<br>69   | 3609   |
| 0,30 | 47<br>57 | 0,2358 47<br>58 | 0,2475 47<br>60 | 0,2595 47<br>62 | 0,2720 47<br>64 | 0,2848 46<br>66 | 0,2979 45<br>57 | 0,3114 43<br>69 | 0,3252 42<br>70 | 0,3392 39<br>72 | 0,3535 |

| $\tau$ |          | $t = 0,62$      | 0,64            | 0,66            | 0,68             | 0,70             | 0,72             | 0,74             | 0,76             | 0,78             | 0,80   |
|--------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| 28     | 50<br>56 | 2257 51<br>53   | 2373 51<br>59   | 2493 51<br>62   | 2618 51<br>65    | 2747 50<br>67    | 2882 49<br>68    | 3018 48<br>71    | 3159 46<br>72    | 3304 44<br>74    | 3453   |
| 26     | 64<br>65 | 2143 54<br>58   | 2263 55<br>60   | 2383 55<br>63   | 2507 55<br>65    | 2637 55<br>67    | 2772 55<br>71    | 2912 53<br>72    | 3057 51<br>73    | 3206 44<br>75    | 3359   |
| 24     | 57<br>54 | 2031 58<br>57   | 2144 59<br>59   | 2263 60<br>62   | 2387 60<br>63    | 2517 60<br>64    | 2632 60<br>71    | 2794 59<br>74    | 2912 57<br>77    | 3095 55<br>79    | 3234   |
| 22     | 61<br>53 | 1906 63<br>63   | 2016 64<br>58   | 2133 63<br>61   | 2255 63<br>63    | 2384 63<br>63    | 2520 63<br>71    | 2663 63<br>73    | 2813 64<br>73    | 2970 63<br>82    | 3134   |
| 0,20   | 65<br>60 | 0,1772 67<br>53 | 0,1879 69<br>67 | 0,1902 70<br>60 | 0,2112 72<br>61  | 0,2230 73<br>63  | 0,2374 73<br>73  | 0,2517 73<br>73  | 0,2669 72<br>83  | 0,2828 71<br>81  | 0,2997 |
| 18     | 63<br>48 | 1630 71<br>51   | 1732 74<br>51   | 1840 76<br>64   | 1956 74<br>63    | 2060 79<br>64    | 2213 71<br>71    | 2355 81<br>76    | 2506 81<br>81    | 2668 80<br>83    | 2840   |
| 16     | 71<br>45 | 1478 78<br>49   | 1574 79<br>51   | 1677 80<br>53   | 1783 81<br>63    | 1907 81<br>61    | 2033 82<br>79    | 2174 83<br>73    | 2323 81<br>81    | 2485 81<br>87    | 2639   |
| 14     | 78<br>41 | 1318 81<br>41   | 1406 84<br>48   | 1503 84<br>51   | 1603 81<br>54    | 1717 85<br>61    | 1840 87<br>67    | 1973 89<br>73    | 2118 83<br>73    | 2277 84<br>87    | 2451   |
| 12     | 80<br>37 | 1149 85<br>40   | 1228 89<br>43   | 1315 87<br>47   | 1409 91<br>52    | 1512 91<br>57    | 1626 97<br>62    | 1750 111<br>69   | 1858 115<br>73   | 2041 118<br>83   | 2210   |
| 0,10   | 84<br>52 | 0,0972 81<br>35 | 0,1041 84<br>53 | 0,1116 89<br>44 | 0,1199 105<br>48 | 0,1291 111<br>51 | 0,1393 117<br>57 | 0,1506 122<br>63 | 0,1632 129<br>71 | 0,1774 134<br>81 | 0,1931 |
| 03     | 86<br>23 | 0787 92<br>59   | 0815 93<br>52   | 0903 104<br>35  | 0977 111<br>33   | 1055 118<br>43   | 1141 128<br>41   | 1239 131<br>53   | 1319 142<br>64   | 1474 170<br>72   | 1618   |
| 06     | 89<br>20 | 0596 93<br>27   | 0611 102<br>24  | 0690 105<br>27  | 0744 117<br>30   | 0803 125<br>34   | 0873 134<br>37   | 0951 141<br>41   | 1039 153<br>61   | 1142 163<br>60   | 1261   |
| 04     | 91<br>11 | 0400 98<br>15   | 0431 103<br>17  | 0164 113<br>19  | 0501 121<br>21   | 0513 131<br>24   | 0591 141<br>27   | 0615 153<br>31   | 0707 166<br>41   | 0780 181<br>43   | 0866   |
| 02     | 93<br>7  | 0201 100<br>8   | 0216 107<br>9   | 0233 115<br>10  | 0252 125<br>11   | 0274 135<br>12   | 0298 146<br>14   | 0326 160<br>16   | 0358 173<br>19   | 0396 192<br>23   | 0442   |
| 0,00   | 94<br>0  | 0,0000 101<br>0 | 0,0000 108<br>0 | 0,0000 117<br>0 | 0,0000 125<br>0  | 0,0000 137<br>0  | 0,0000 149<br>0  | 0,0000 163<br>0  | 0,0000 179<br>0  | 0,0000 198<br>0  | 0,0000 |

| $\tau$ |          | $t = 0,62$      | 0,64            | 0,66           | 0,68           | 0,70           | 0,72           | 0,74           | 0,76           | 0,78           | 0,80   |
|--------|----------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 1,00   | 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0        | 0,0000 0       | 0,0000 0       | 0,0000 0       | 0,0000 0       | 0,0000 0       | 0,0000 0       | 0,0000 0       | 0,0000 |
| 93     | 69<br>1  | 0141 70<br>1    | 0143 71<br>1    | 0144 72<br>1   | 0146 73<br>1   | 0148 74<br>1   | 0149 75<br>1   | 0150 75<br>1   | 0151 76<br>1   | 0152 76<br>0   | 0153   |
| 96     | 69<br>2  | 0282 70<br>2    | 0275 71<br>2    | 0289 72<br>2   | 0292 73<br>2   | 0295 74<br>1   | 0298 75<br>1   | 0301 75<br>1   | 0303 76<br>1   | 0305 76<br>1   | 0307   |
| 94     | 69<br>3  | 0422 70<br>3    | 0428 72<br>3    | 0434 72<br>2   | 0439 73<br>2   | 0443 74<br>2   | 0447 75<br>2   | 0451 75<br>2   | 0455 76<br>2   | 0458 76<br>1   | 0460   |
| 92     | 70<br>4  | 0564 71<br>4    | 0572 72<br>4    | 0579 72<br>3   | 0585 73<br>3   | 0592 74<br>3   | 0597 75<br>3   | 0602 76<br>2   | 0607 78<br>2   | 0611 77<br>2   | 0614   |
| 0,90   | 70<br>5  | 0,0705 71<br>5  | 0,715 72<br>5   | 0,0724 73<br>4 | 0,0733 74<br>4 | 0,0740 74<br>4 | 0,0747 73<br>3 | 0,0754 73<br>3 | 0,0759 76<br>3 | 0,0765 72<br>2 | 0,0769 |
| 88     | 70<br>6  | 0847 71<br>6    | 0859 72<br>6    | 0870 73<br>5   | 0880 74<br>5   | 0890 75<br>4   | 0898 75<br>4   | 0906 76<br>3   | 0913 77<br>3   | 0919 77<br>3   | 0924   |
| 86     | 70<br>8  | 0990 71<br>7    | 1004 72<br>7    | 1017 73<br>6   | 1029 74<br>6   | 1040 75<br>5   | 1050 76<br>5   | 1059 76<br>4   | 1067 77<br>4   | 1074 78<br>3   | 1081   |
| 84     | 70<br>9  | 1133 71<br>8    | 1149 73<br>8    | 1164 74<br>7   | 1178 75<br>6   | 1190 75<br>6   | 1202 76<br>5   | 1212 77<br>5   | 1222 78<br>4   | 1230 78<br>4   | 1238   |
| 82     | 71<br>10 | 1276 72<br>9    | 1295 73<br>9    | 1312 74<br>8   | 1328 75<br>7   | 1342 76<br>7   | 1355 77<br>6   | 1367 77<br>5   | 1378 78<br>5   | 1388 79<br>4   | 1396   |
| 0,80   | 71<br>11 | 0,1421 72<br>10 | 0,1442 73<br>10 | 0,1461 75<br>9 | 0,1479 76<br>8 | 0,1495 76<br>7 | 0,1510 77<br>7 | 0,1523 78<br>6 | 0,1535 79<br>5 | 0,1546 79<br>5 | 0,1556 |
| 78     | 71<br>13 | 1566 73<br>12   | 1589 74<br>11   | 1611 75<br>10  | 1631 76<br>9   | 1649 77<br>8   | 1665 78<br>8   | 1680 79<br>7   | 1694 79<br>6   | 1706 80<br>5   | 1717   |
| 76     | 72<br>14 | 1713 73<br>13   | 1738 74<br>12   | 1762 76<br>11  | 1784 77<br>10  | 1804 78<br>9   | 1822 79<br>8   | 1839 79<br>8   | 1854 80<br>7   | 1868 81<br>6   | 1880   |
| 74     | 72<br>15 | 1860 74<br>14   | 1888 75<br>13   | 1914 76<br>12  | 1938 77<br>11  | 1960 78<br>10  | 1981 79<br>9   | 1999 80<br>8   | 2016 81<br>8   | 2031 82<br>7   | 2044   |
| 72     | 73<br>17 | 2008 74<br>15   | 2039 76<br>14   | 2068 77<br>13  | 2094 78<br>12  | 2119 79<br>11  | 2141 80<br>10  | 2161 81<br>9   | 2179 82<br>8   | 2196 83<br>7   | 2211   |

| $\tau$ |          | $t = 0,62$                         | $0,64$                             | $0,66$                             | $0,68$                             | $0,70$                              | $0,72$                              | $0,74$                              | $0,76$                              | $0,78$                              | $0,80$ |
|--------|----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| 0,70   | 73<br>18 | 0,2158 <sup>75</sup> <sub>17</sub> | 0,2192 <sup>76</sup> <sub>16</sub> | 0,2223 <sup>78</sup> <sub>14</sub> | 0,2252 <sup>79</sup> <sub>13</sub> | 0,2278 <sup>80</sup> <sub>12</sub>  | 0,2303 <sup>81</sup> <sub>11</sub>  | 0,2325 <sup>82</sup> <sub>10</sub>  | 0,2345 <sup>83</sup> <sub>9</sub>   | 0,2363 <sup>84</sup> <sub>8</sub>   | 0,2379 |
| 68     | 74<br>20 | 2303 <sup>75</sup> <sub>18</sub>   | 2345 <sup>77</sup> <sub>17</sub>   | 2380 <sup>78</sup> <sub>16</sub>   | 2411 <sup>80</sup> <sub>15</sub>   | 2440 <sup>81</sup> <sub>13</sub>    | 2467 <sup>82</sup> <sub>12</sub>    | 2491 <sup>83</sup> <sub>11</sub>    | 2513 <sup>84</sup> <sub>10</sub>    | 2533 <sup>85</sup> <sub>9</sub>     | 2550   |
| 66     | 74<br>21 | 2461 <sup>76</sup> <sub>20</sub>   | 2501 <sup>78</sup> <sub>19</sub>   | 2538 <sup>79</sup> <sub>17</sub>   | 2572 <sup>81</sup> <sub>16</sub>   | 2604 <sup>82</sup> <sub>15</sub>    | 2633 <sup>83</sup> <sub>13</sub>    | 2659 <sup>84</sup> <sub>12</sub>    | 2683 <sup>85</sup> <sub>11</sub>    | 2705 <sup>86</sup> <sub>10</sub>    | 2724   |
| 64     | 75<br>23 | 2615 <sup>77</sup> <sub>22</sub>   | 2658 <sup>78</sup> <sub>21</sub>   | 2698 <sup>80</sup> <sub>19</sub>   | 2735 <sup>82</sup> <sub>17</sub>   | 2770 <sup>83</sup> <sub>16</sub>    | 2801 <sup>84</sup> <sub>14</sub>    | 2830 <sup>85</sup> <sub>13</sub>    | 2856 <sup>86</sup> <sub>12</sub>    | 2880 <sup>87</sup> <sub>10</sub>    | 2901   |
| 62     | 76<br>25 | 2770 <sup>78</sup> <sub>23</sub>   | 2816 <sup>79</sup> <sub>22</sub>   | 2860 <sup>81</sup> <sub>20</sub>   | 2900 <sup>83</sup> <sub>19</sub>   | 2938 <sup>84</sup> <sub>17</sub>    | 2972 <sup>85</sup> <sub>16</sub>    | 3003 <sup>87</sup> <sub>14</sub>    | 3032 <sup>88</sup> <sub>13</sub>    | 3057 <sup>89</sup> <sub>11</sub>    | 3080   |
| 0,60   | 76<br>27 | 0,2926 <sup>78</sup> <sub>25</sub> | 0,2977 <sup>80</sup> <sub>24</sub> | 0,3024 <sup>82</sup> <sub>23</sub> | 0,3068 <sup>81</sup> <sub>20</sub> | 0,3103 <sup>83</sup> <sub>19</sub>  | 0,3146 <sup>87</sup> <sub>17</sub>  | 0,3180 <sup>88</sup> <sub>15</sub>  | 0,3210 <sup>89</sup> <sub>14</sub>  | 0,3238 <sup>91</sup> <sub>12</sub>  | 0,3263 |
| 58     | 77<br>29 | 3085 <sup>79</sup> <sub>27</sub>   | 3139 <sup>81</sup> <sub>25</sub>   | 3190 <sup>83</sup> <sub>21</sub>   | 3238 <sup>85</sup> <sub>21</sub>   | 3281 <sup>87</sup> <sub>20</sub>    | 3322 <sup>89</sup> <sub>19</sub>    | 3359 <sup>90</sup> <sub>17</sub>    | 3392 <sup>91</sup> <sub>15</sub>    | 3423 <sup>92</sup> <sub>14</sub>    | 3450   |
| 56     | 78<br>31 | 3245 <sup>80</sup> <sub>29</sub>   | 3303 <sup>82</sup> <sub>28</sub>   | 3359 <sup>84</sup> <sub>26</sub>   | 3410 <sup>86</sup> <sub>24</sub>   | 3457 <sup>88</sup> <sub>23</sub>    | 3501 <sup>90</sup> <sub>20</sub>    | 3541 <sup>91</sup> <sub>18</sub>    | 3578 <sup>93</sup> <sub>16</sub>    | 3611 <sup>94</sup> <sub>15</sub>    | 3640   |
| 54     | 79<br>34 | 3406 <sup>81</sup> <sub>32</sub>   | 3470 <sup>83</sup> <sub>30</sub>   | 3529 <sup>85</sup> <sub>28</sub>   | 3555 <sup>87</sup> <sub>26</sub>   | 3636 <sup>89</sup> <sub>24</sub>    | 3684 <sup>91</sup> <sub>22</sub>    | 3727 <sup>93</sup> <sub>20</sub>    | 3767 <sup>95</sup> <sub>18</sub>    | 3803 <sup>96</sup> <sub>16</sub>    | 3835   |
| 52     | 79<br>36 | 3570 <sup>82</sup> <sub>34</sub>   | 3638 <sup>84</sup> <sub>32</sub>   | 3702 <sup>87</sup> <sub>30</sub>   | 3762 <sup>89</sup> <sub>28</sub>   | 3818 <sup>91</sup> <sub>26</sub>    | 3870 <sup>93</sup> <sub>24</sub>    | 3917 <sup>95</sup> <sub>22</sub>    | 3960 <sup>97</sup> <sub>20</sub>    | 3999 <sup>98</sup> <sub>19</sub>    | 4035   |
| 0,50   | 80<br>39 | 0,3735 <sup>83</sup> <sub>37</sub> | 0,3809 <sup>85</sup> <sub>35</sub> | 0,3878 <sup>89</sup> <sub>32</sub> | 0,3913 <sup>90</sup> <sub>30</sub> | 0,4003 <sup>93</sup> <sub>29</sub>  | 0,4059 <sup>95</sup> <sub>26</sub>  | 0,4111 <sup>97</sup> <sub>24</sub>  | 0,4158 <sup>99</sup> <sub>21</sub>  | 0,4200 <sup>100</sup> <sub>19</sub> | 0,4238 |
| 48     | 81<br>43 | 3902 <sup>81</sup> <sub>40</sub>   | 3981 <sup>86</sup> <sub>37</sub>   | 4056 <sup>89</sup> <sub>35</sub>   | 4126 <sup>92</sup> <sub>33</sub>   | 4192 <sup>94</sup> <sub>30</sub>    | 4253 <sup>97</sup> <sub>28</sub>    | 4308 <sup>99</sup> <sub>26</sub>    | 4360 <sup>101</sup> <sub>23</sub>   | 4406 <sup>103</sup> <sub>21</sub>   | 4448   |
| 46     | 81<br>45 | 4071 <sup>84</sup> <sub>43</sub>   | 4156 <sup>87</sup> <sub>40</sub>   | 4237 <sup>90</sup> <sub>38</sub>   | 4313 <sup>93</sup> <sub>36</sub>   | 4384 <sup>96</sup> <sub>33</sub>    | 4450 <sup>99</sup> <sub>30</sub>    | 4511 <sup>101</sup> <sub>28</sub>   | 4567 <sup>104</sup> <sub>25</sub>   | 4617 <sup>106</sup> <sub>23</sub>   | 4663   |
| 44     | 82<br>48 | 4241 <sup>85</sup> <sub>46</sub>   | 4333 <sup>88</sup> <sub>44</sub>   | 4421 <sup>92</sup> <sub>41</sub>   | 4503 <sup>93</sup> <sub>38</sub>   | 4550 <sup>98</sup> <sub>36</sub>    | 4651 <sup>101</sup> <sub>33</sub>   | 4718 <sup>104</sup> <sub>30</sub>   | 4779 <sup>106</sup> <sub>28</sub>   | 4834 <sup>109</sup> <sub>25</sub>   | 4885   |
| 42     | 82<br>52 | 4413 <sup>86</sup> <sub>50</sub>   | 4512 <sup>90</sup> <sub>47</sub>   | 4607 <sup>93</sup> <sub>45</sub>   | 4696 <sup>97</sup> <sub>42</sub>   | 4779 <sup>100</sup> <sub>39</sub>   | 4858 <sup>103</sup> <sub>36</sub>   | 4930 <sup>106</sup> <sub>33</sub>   | 4997 <sup>109</sup> <sub>30</sub>   | 5057 <sup>112</sup> <sub>28</sub>   | 5112   |
| 0,40   | 83<br>56 | 0,4587 <sup>87</sup> <sub>54</sub> | 0,4694 <sup>91</sup> <sub>51</sub> | 0,4795 <sup>94</sup> <sub>49</sub> | 0,4892 <sup>93</sup> <sub>46</sub> | 0,4983 <sup>102</sup> <sub>43</sub> | 0,5068 <sup>105</sup> <sub>40</sub> | 0,5147 <sup>109</sup> <sub>37</sub> | 0,5220 <sup>112</sup> <sub>33</sub> | 0,5287 <sup>115</sup> <sub>30</sub> | 0,5348 |
| 38     | 83<br>60 | 1761 <sup>87</sup> <sub>58</sub>   | 4877 <sup>92</sup> <sub>55</sub>   | 4987 <sup>96</sup> <sub>52</sub>   | 5091 <sup>100</sup> <sub>49</sub>  | 5190 <sup>104</sup> <sub>47</sub>   | 5283 <sup>108</sup> <sub>43</sub>   | 5370 <sup>111</sup> <sub>40</sub>   | 5450 <sup>115</sup> <sub>37</sub>   | 5524 <sup>118</sup> <sub>34</sub>   | 5591   |

|      |           |                                     |                                     |                                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |        |
|------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|
| 36   | 83<br>65  | 4937 <sup>88</sup> <sub>62</sub>    | 5061 <sup>92</sup> <sub>50</sub>    | 5181 <sup>97</sup> <sub>57</sub>    | 5294 <sup>101</sup> <sub>53</sub>    | 5402 <sup>106</sup> <sub>51</sub>    | 5503 <sup>110</sup> <sub>48</sub>    | 5598 <sup>114</sup> <sub>44</sub>    | 5686 <sup>118</sup> <sub>41</sub>    | 5768 <sup>122</sup> <sub>37</sub>    | 5842   |
| 34   | 83<br>69  | 5113 <sup>88</sup> <sub>67</sub>    | 5247 <sup>93</sup> <sub>64</sub>    | 5376 <sup>98</sup> <sub>62</sub>    | 5500 <sup>103</sup> <sub>59</sub>    | 5617 <sup>108</sup> <sub>66</sub>    | 5728 <sup>113</sup> <sub>62</sub>    | 5832 <sup>117</sup> <sub>49</sub>    | 5930 <sup>122</sup> <sub>45</sub>    | 6020 <sup>126</sup> <sub>41</sub>    | 6102   |
| 32   | 83<br>74  | 5290 <sup>88</sup> <sub>72</sub>    | 5434 <sup>94</sup> <sub>70</sub>    | 5574 <sup>99</sup> <sub>67</sub>    | 5708 <sup>104</sup> <sub>64</sub>    | 5836 <sup>110</sup> <sub>61</sub>    | 5958 <sup>115</sup> <sub>57</sub>    | 6073 <sup>120</sup> <sub>64</sub>    | 6180 <sup>125</sup> <sub>50</sub>    | 6280 <sup>130</sup> <sub>46</sub>    | 6371   |
| 0,30 | 83<br>80  | 0,5466 <sup>89</sup> <sub>78</sub>  | 0,5622 <sup>94</sup> <sub>75</sub>  | 0,5773 <sup>99</sup> <sub>73</sub>  | 0,5919 <sup>105</sup> <sub>70</sub>  | 0,6058 <sup>111</sup> <sub>67</sub>  | 0,6192 <sup>117</sup> <sub>63</sub>  | 0,6319 <sup>123</sup> <sub>60</sub>  | 0,6438 <sup>129</sup> <sub>55</sub>  | 0,6548 <sup>134</sup> <sub>51</sub>  | 0,6651 |
| 28   | 82<br>86  | 5642 <sup>88</sup> <sub>84</sub>    | 5809 <sup>94</sup> <sub>82</sub>    | 5972 <sup>100</sup> <sub>79</sub>   | 6131 <sup>106</sup> <sub>77</sub>    | 6284 <sup>113</sup> <sub>73</sub>    | 6431 <sup>119</sup> <sub>70</sub>    | 6570 <sup>126</sup> <sub>66</sub>    | 6702 <sup>132</sup> <sub>57</sub>    | 6826 <sup>139</sup> <sub>57</sub>    | 6941   |
| 26   | 81<br>92  | 5815 <sup>87</sup> <sub>90</sub>    | 5995 <sup>93</sup> <sub>88</sub>    | 6172 <sup>100</sup> <sub>86</sub>   | 6344 <sup>107</sup> <sub>84</sub>    | 6512 <sup>114</sup> <sub>81</sub>    | 6673 <sup>121</sup> <sub>77</sub>    | 6828 <sup>129</sup> <sub>73</sub>    | 6975 <sup>135</sup> <sub>69</sub>    | 7113 <sup>143</sup> <sub>64</sub>    | 7242   |
| 24   | 79<br>98  | 5936 <sup>85</sup> <sub>97</sub>    | 6180 <sup>92</sup> <sub>95</sub>    | 6371 <sup>99</sup> <sub>94</sub>    | 6558 <sup>107</sup> <sub>91</sub>    | 6741 <sup>115</sup> <sub>89</sub>    | 6918 <sup>123</sup> <sub>86</sub>    | 7090 <sup>131</sup> <sub>82</sub>    | 7253 <sup>139</sup> <sub>78</sub>    | 7409 <sup>148</sup> <sub>73</sub>    | 7555   |
| 22   | 77<br>105 | 6153 <sup>83</sup> <sub>104</sub>   | 6361 <sup>91</sup> <sub>103</sub>   | 6567 <sup>98</sup> <sub>102</sub>   | 6770 <sup>106</sup> <sub>100</sub>   | 6970 <sup>115</sup> <sub>98</sub>    | 7165 <sup>124</sup> <sub>95</sub>    | 7355 <sup>133</sup> <sub>92</sub>    | 7538 <sup>143</sup> <sub>88</sub>    | 7713 <sup>152</sup> <sub>83</sub>    | 7879   |
| 0,20 | 74<br>111 | 0,6314 <sup>81</sup> <sub>111</sub> | 0,6537 <sup>88</sup> <sub>111</sub> | 0,6759 <sup>96</sup> <sub>110</sub> | 0,6979 <sup>105</sup> <sub>109</sub> | 0,7198 <sup>114</sup> <sub>108</sub> | 0,7413 <sup>124</sup> <sub>105</sub> | 0,7624 <sup>134</sup> <sub>102</sub> | 0,7828 <sup>145</sup> <sub>99</sub>  | 0,8026 <sup>156</sup> <sub>94</sub>  | 0,8214 |
| 18   | 71<br>118 | 6469 <sup>77</sup> <sub>119</sub>   | 6707 <sup>85</sup> <sub>119</sub>   | 6945 <sup>93</sup> <sub>119</sub>   | 7184 <sup>102</sup> <sub>119</sub>   | 7422 <sup>112</sup> <sub>118</sub>   | 7658 <sup>123</sup> <sub>117</sub>   | 7892 <sup>134</sup> <sub>115</sub>   | 8121 <sup>146</sup> <sub>112</sub>   | 8344 <sup>159</sup> <sub>108</sub>   | 8559   |
| 16   | 66<br>125 | 6616 <sup>73</sup> <sub>126</sub>   | 6868 <sup>81</sup> <sub>128</sub>   | 7124 <sup>89</sup> <sub>129</sub>   | 7381 <sup>99</sup> <sub>130</sub>    | 7640 <sup>109</sup> <sub>120</sub>   | 7899 <sup>120</sup> <sub>129</sub>   | 8158 <sup>133</sup> <sub>128</sub>   | 8414 <sup>146</sup> <sub>126</sub>   | 8666 <sup>161</sup> <sub>123</sub>   | 8912   |
| 14   | 61<br>132 | 6751 <sup>68</sup> <sub>134</sub>   | 7019 <sup>75</sup> <sub>136</sub>   | 7292 <sup>84</sup> <sub>138</sub>   | 7568 <sup>93</sup> <sub>140</sub>    | 7848 <sup>104</sup> <sub>142</sub>   | 8131 <sup>116</sup> <sub>143</sub>   | 8416 <sup>129</sup> <sub>143</sub>   | 8703 <sup>144</sup> <sub>143</sub>   | 8988 <sup>161</sup> <sub>141</sub>   | 9270   |
| 12   | 55<br>138 | 6875 <sup>62</sup> <sub>141</sub>   | 7158 <sup>69</sup> <sub>144</sub>   | 7446 <sup>77</sup> <sub>148</sub>   | 7742 <sup>87</sup> <sub>151</sub>    | 8043 <sup>97</sup> <sub>154</sub>    | 8351 <sup>110</sup> <sub>157</sub>   | 8664 <sup>124</sup> <sub>159</sub>   | 8982 <sup>140</sup> <sub>161</sub>   | 9303 <sup>158</sup> <sub>161</sub>   | 9625   |
| 0,10 | 49<br>144 | 0,6984 <sup>55</sup> <sub>148</sub> | 0,7280 <sup>61</sup> <sub>152</sub> | 0,7585 <sup>69</sup> <sub>157</sub> | 0,7898 <sup>78</sup> <sub>161</sub>  | 0,8220 <sup>89</sup> <sub>166</sub>  | 0,8552 <sup>101</sup> <sub>171</sub> | 0,8893 <sup>115</sup> <sub>175</sub> | 0,9244 <sup>131</sup> <sub>180</sub> | 0,9603 <sup>150</sup> <sub>183</sub> | 0,9970 |
| 08   | 41<br>149 | 7077 <sup>46</sup> <sub>154</sub>   | 7385 <sup>52</sup> <sub>159</sub>   | 7703 <sup>59</sup> <sub>165</sub>   | 8033 <sup>67</sup> <sub>171</sub>    | 8374 <sup></sup>                     |                                      |                                      |                                      |                                      |        |

| $\epsilon$ | $t = 0,82$ | 0,84      | 0,86      | 0,88      | 0,90      | 0,92      | 0,94      | 0,96      | 0,98      | 1,00      |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1,00       | 38         | 0,4372 38 | 0,4448 37 | 0,4522 36 | 0,4594 36 | 0,4665 35 | 0,4735 34 | 0,4803 33 | 0,4870 32 | 0,4936 31 |
| 98         | 0          | 4372 38   | 4448 37   | 4521 36   | 4594 36   | 4665 35   | 4735 34   | 4803 33   | 4870 32   | 4936 31   |
| 96         | 38         | 4371 39   | 4447 37   | 4521 36   | 4593 36   | 4663 35   | 4734 34   | 4802 33   | 4870 32   | 4936 31   |
| 94         | 39         | 4370 39   | 4445 37   | 4520 36   | 4592 36   | 4661 35   | 4734 34   | 4802 33   | 4869 32   | 4935 31   |
| 92         | 39         | 4369 39   | 4444 37   | 4518 37   | 4591 36   | 4663 35   | 4733 34   | 4802 33   | 4869 32   | 4935 31   |
| 90         | 39         | 4365 39   | 4441 37   | 4516 37   | 4580 36   | 4661 35   | 4732 34   | 4801 34   | 4865 33   | 4935 32   |
| 88         | 2          | 4361 38   | 4438 38   | 4513 37   | 4597 36   | 4659 35   | 4730 34   | 4800 33   | 4868 32   | 4935 31   |
| 86         | 39         | 4357 39   | 4434 39   | 4510 37   | 4591 36   | 4657 35   | 4723 34   | 4793 33   | 4867 32   | 4934 31   |
| 84         | 40         | 4353 39   | 4430 39   | 4506 37   | 4581 37   | 4651 36   | 4726 35   | 4797 34   | 4866 33   | 4934 32   |
| 82         | 40         | 4347 39   | 4425 39   | 4502 38   | 4578 37   | 4652 36   | 4724 35   | 4795 34   | 4865 33   | 4933 31   |
| 80         | 3          | 0,4311 40 | 0,4120 39 | 0,4498 38 | 0,4574 37 | 0,4618 37 | 0,4721 36 | 0,4793 35 | 0,4853 34 | 0,4932 31 |
| 78         | 41         | 4334 40   | 4414 39   | 4592 38   | 4659 37   | 4614 37   | 4718 36   | 4791 35   | 4862 34   | 4932 30   |
| 76         | 41         | 4326 40   | 4407 39   | 4586 38   | 4656 38   | 4640 37   | 4715 37   | 4788 36   | 4861 35   | 4931 30   |
| 74         | 45         | 4318 41   | 4399 40   | 4500 39   | 4558 39   | 4635 38   | 4711 37   | 4786 36   | 4858 35   | 4930 30   |
| 72         | 42         | 4308 41   | 4391 41   | 4472 40   | 4552 39   | 4630 38   | 4707 37   | 4783 36   | 4856 35   | 4929 36   |
| 70         | 5          | 0,4298 42 | 0,4382 41 | 0,4464 40 | 0,4545 40 | 0,4625 39 | 0,4703 38 | 0,4779 38 | 0,4854 37 | 0,4929 36 |
| 68         | 6          | 4287 43   | 4372 42   | 4455 41   | 4538 40   | 4618 39   | 4698 38   | 4775 37   | 4852 37   | 4927 37   |

| $\epsilon$ | $t = 0,82$ | 0,84      | 0,86      | 0,88      | 0,90      | 0,92      | 0,94      | 0,96      | 0,98      | 1,00      |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 66         | 7          | 4274 43   | 4361 43   | 4446 42   | 4529 41   | 4612 40   | 4692 40   | 4771 39   | 4849 38   | 4925 37   |
| 64         | 8          | 4261 44   | 4349 43   | 4435 43   | 4520 42   | 4604 41   | 4686 40   | 4767 40   | 4846 39   | 4924 38   |
| 62         | 8          | 4246 45   | 4335 44   | 4424 43   | 4511 43   | 4596 42   | 4680 41   | 4762 40   | 4843 40   | 4922 39   |
| 60         | 9          | 0,4229 46 | 0,4321 45 | 0,4411 44 | 0,4500 44 | 0,4587 43 | 0,4673 42 | 0,4757 41 | 0,4839 41 | 0,4921 40 |
| 58         | 10         | 4212 47   | 4305 46   | 4397 45   | 4488 45   | 4577 45   | 4665 43   | 4751 42   | 4835 41   | 4919 41   |
| 56         | 11         | 4193 48   | 4288 47   | 4382 46   | 4475 45   | 4567 45   | 4656 44   | 4745 43   | 4831 42   | 4917 41   |
| 54         | 12         | 4172 49   | 4269 49   | 4366 48   | 4461 47   | 4555 45   | 4647 45   | 4738 43   | 4827 42   | 4914 43   |
| 52         | 12         | 4149 50   | 4249 49   | 4348 49   | 4446 48   | 4542 47   | 4637 47   | 4730 46   | 4822 45   | 4912 44   |
| 50         | 14         | 0,4124 52 | 0,4227 51 | 0,4329 50 | 0,4429 49 | 0,4528 49 | 0,4626 48 | 0,4722 47 | 0,4816 46 | 0,4909 45 |
| 48         | 15         | 4096 53   | 4202 52   | 4307 51   | 4411 50   | 4513 49   | 4614 48   | 4713 49   | 4810 48   | 4906 47   |
| 46         | 17         | 4066 55   | 4175 54   | 4284 52   | 4391 53   | 4496 51   | 4600 51   | 4703 50   | 4804 50   | 4903 49   |
| 44         | 18         | 4033 57   | 4146 55   | 4258 53   | 4368 55   | 4478 54   | 4585 53   | 4692 52   | 4796 51   | 4899 50   |
| 42         | 20         | 3997 53   | 4114 56   | 4229 54   | 4341 52   | 4457 51   | 4569 50   | 4680 51   | 4788 50   | 4895 49   |
| 40         | 22         | 0,3957 60 | 0,4078 58 | 0,4198 59 | 0,4317 58 | 0,4434 57 | 0,4551 58 | 0,4666 57 | 0,4779 56 | 0,4891 55 |
| 38         | 24         | 3913 62   | 4038 60   | 4163 58   | 4286 58   | 4409 57   | 4531 56   | 4651 55   | 4769 54   | 4886 53   |
| 36         | 27         | 3864 65   | 3994 65   | 4123 65   | 4253 64   | 4381 64   | 4508 63   | 4634 63   | 4758 62   | 4880 60   |
| 34         | 30         | 3810 68   | 3945 65   | 4080 68   | 4215 68   | 4349 67   | 4483 66   | 4615 65   | 4745 64   | 4874 63   |
| 32         | 33         | 3749 70   | 3890 71   | 4031 75   | 4172 71   | 4313 70   | 4454 70   | 4593 69   | 4731 68   | 4867 67   |
| 30         | 37         | 0,3681 73 | 0,3827 74 | 0,3975 74 | 0,4124 74 | 0,4273 74 | 0,4421 74 | 0,4569 73 | 0,4714 72 | 0,4858 71 |

| $\tau$     | $t - 0,82$              | 0,84                    | 0,86                    | 0,88                    | 0,90                  | 0,92                  | 0,94              | 0,95              | 0,96              | 0,98              | 0,99              | 1,00              |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 28 41 76   | 3604 77 3517 44 3678 62 | 3757 35 3913 78 3841 63 | 4069 27 4226 23 4173 27 | 4334 19 4540 14 4341 21 | 4646 9 4849 5 4537 81 | 4674 11 4503 16       | 4674 11 4503 16   | 4674 11 4503 16   | 4674 11 4503 16   | 4674 11 4503 16   | 4674 11 4503 16   | 4674 11 4503 16   |
| 26 47 79   | 3417 50 3304 57         | 3596 46 3450 53         | 3753 41 3848 43         | 3933 38 4038 36         | 4111 30 4231 29       | 4290 23 4469 19       | 4290 23 4469 19   | 4290 23 4469 19   | 4290 23 4469 19   | 4290 23 4469 19   | 4290 23 4469 19   | 4290 23 4469 19   |
| 24 53 82   | 3304 68                 | 3450 91                 | 3662 93                 | 3848 95                 | 4038 96               | 4231 97               | 4425 97           | 4425 97           | 4425 97           | 4425 97           | 4425 97           | 4425 97           |
| 22 60 85   |                         |                         |                         |                         |                       |                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 0,20 60 68 | 0,3173 92               | 0,3358 61 0,3550 93     | 0,3748 50 0,3952 93     | 0,4160 35 0,4371 93     | 0,4582 18 0,4792 93   | 0,4792 9 0,4792 93    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 18 79 91   | 3022 76 2846 83         | 3215 74 3045 84         | 3417 66 3259 79         | 3629 60 3485 72         | 3849 52 3722 61       | 4075 43 3969 53       | 4305 33 4223 41   | 4305 33 4223 41   | 4305 33 4223 41   | 4305 33 4223 41   | 4305 33 4223 41   | 4305 33 4223 41   |
| 16 90 93   | 2640 103 2398 121       | 2845 101 2819 114       | 3049 85 2837 74         | 3309 68 3367 74         | 3564 133 3837 74      | 3837 64 4120 123      | 4111 38 4111 44   | 4111 38 4111 44   | 4111 38 4111 44   | 4111 38 4111 44   | 4111 38 4111 44   | 4111 38 4111 44   |
| 14 104 105 | 2398 121 2607 133       | 2837 116 2837 127       | 3049 119 3049 133       | 3367 113 3565 133       | 3565 133 3981 163     | 3981 163 4317 147     | 4659 111 4659 111 | 4659 111 4659 111 | 4659 111 4659 111 | 4659 111 4659 111 | 4659 111 4659 111 | 4659 111 4659 111 |
| 12 120 94  |                         |                         |                         |                         |                       |                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 0,10 90    | 0,2115 142 0,2332 143   | 0,2552 131 0,2815 144   | 0,3111 123 0,3140 113   | 0,3300 9 0,3440 113     | 0,3500 1 0,3500 9     | 0,4187 65 0,4591 53   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 08 158 83  | 1764 166 1764 166       | 1976 171 2201 178       | 2464 175 2772 160       | 3130 155 3330 131       | 3330 131 3997 95      | 4491 50 4491 50       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 06 178 197 | 1401 191 1095 197       | 1569 101 1095 16        | 1770 153 2016 151       | 2318 196 2690 200       | 3148 191 3697 155     | 4327 82 4327 82       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 04 195 212 | 0969 53 0952 37         | 1095 78 0565 44         | 1251 101 0651 30        | 1450 63 0765 47         | 1708 165 2053 119     | 2522 113 3165 112     | 4003 159 3181 414 | 4003 159 3181 414 | 4003 159 3181 414 | 4003 159 3181 414 | 4003 159 3181 414 | 4003 159 3181 414 |
| 02 27      |                         |                         |                         |                         |                       |                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 0,00 221 0 | 0,0000 218 0,0000 210   | 0,0000 58 0,0000 60     | 0,0000 352 0,0000 400   | 0,0000 70 0,0000 400    | 0,0000 70 0,0000 70   | 0,0000 104 0,0000 104 |                   |                   |                   |                   |                   |                   |

| $\tau$    | $t - 0,82$          | 0,84                | 0,86                | 0,88                | 0,90                | 0,92                | 0,94                | 0,96                | 0,98                | 1,00                |                     |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1,00 0    | 0,0000 0            | 0,0000 0            | 0,0000 0            | 0,0000 0            | 0,0000 0            | 0,0000 0            | 0,0000 0            | 0,0000 0            | 0,0000 0            | 0,0000 0            |                     |
| 98 77 0   | 1054 77 0155 73     | 0155 73 0310 77     | 0311 73 0465 73     | 0312 78 0467 73     | 0313 78 0468 78     | 0157 78 0469 78     | 0157 78 0470 79     | 0157 78 0471 79     | 0157 78 0472 79     | 0157 78 0473 79     |                     |
| 96 77 1   | 0463 77 0618 77     | 0620 73 0620 71     | 0623 73 0625 71     | 0625 78 0626 71     | 0626 79 0628 79     | 0470 79 0628 79     | 0471 79 0629 79     | 0471 79 0629 79     | 0472 79 0630 79     | 0472 79 0630 79     |                     |
| 94 77 2   | 0,0773 78 0,0777 72 | 0,0777 78 0,0780 71 | 0,0782 79 0,0782 71 | 0,0784 79 0,0784 71 | 0,0786 79 0,0786 71 | 0,0787 79 0,0787 71 | 0,0788 79 0,0788 71 | 0,0788 79 0,0788 71 | 0,0789 79 0,0789 71 | 0,0789 79 0,0789 71 |                     |
| 92 77 2   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| 0,90 77 2 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| 88 78 2   | 0929 78 0934 79     | 0934 79 1091 79     | 1096 72 1255 80     | 1099 80 1259 82     | 1102 81 1263 80     | 1105 81 1265 80     | 1106 80 1268 81     | 1108 80 1269 81     | 1108 80 1270 81     | 1109 80 1270 81     | 1109 80 1270 81     |
| 86 78 3   | 1056 79 1244 79     | 1250 79 1410 80     | 1416 80 1421 81     | 1425 81 1428 81     | 1428 81 1430 82     | 1428 81 1430 82     | 1428 81 1432 81     | 1428 81 1432 81     | 1428 81 1433 81     | 1428 81 1433 81     | 1428 81 1433 81     |
| 84 78 3   | 1404 80 2056 83     | 2066 84 2075 84     | 2140 81 2082 84     | 2146 82 2088 84     | 2148 83 2093 85     | 2148 83 2097 85     | 2148 83 2099 85     | 2148 83 2101 85     | 2148 83 2101 85     | 2148 83 2101 85     | 2148 83 2101 85     |
| 82 79 4   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| 0,80 80 4 | 0,1564 80 0,1572 81 | 0,1572 81 0,1583 81 | 0,1578 81 0,1583 82 | 0,1588 82 0,1591 82 | 0,1591 82 0,1596 82 | 0,1596 82 0,1597 82 | 0,1596 82 0,1597 82 | 0,1596 82 0,1597 82 | 0,1596 82 0,1597 82 | 0,1596 82 0,1597 82 | 0,1596 82 0,1597 82 |
| 78 81 5   | 1726 81 1890 82     | 1735 82 1899 82     | 1742 82 1907 83     | 1748 82 1914 83     | 1753 82 1919 83     | 1757 82 1924 81     | 1760 82 1927 81     | 1762 82 1929 81     | 1763 82 1931 81     | 1763 82 1931 81     | 1763 82 1931 81     |
| 76 81 5   | 1890 82 2223 84     | 1899 82 2235 84     | 1907 83 2244 84     | 1914 83 2244 84     | 1919 83 2253 85     | 1924 81 2259 85     | 1927 81 2265 86     | 1929 81 2271 86     | 1931 81 2273 86     | 1931 81 2273 86     | 1931 81 2273 86     |
| 74 82 6   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| 72 83 6   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |

| $\tau$ | $t = 0.82$                        | 0.84                                | 0.86                                | 0.88                                | 0.90                                | 0.92                                | 0.94                               | 0.96                               | 0.98                               | 1.00                               |
|--------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0,70   | 0,2391 <sup>25</sup> <sub>6</sub> | 0,2406 <sup>86</sup> <sub>5</sub>   | 0,2417 <sup>86</sup> <sub>4</sub>   | 0,2425 <sup>85</sup> <sub>4</sub>   | 0,2133 <sup>87</sup> <sub>3</sub>   | 0,2439 <sup>97</sup> <sub>2</sub>   | 0,2143 <sup>87</sup> <sub>2</sub>  | 0,2446 <sup>97</sup> <sub>1</sub>  | 0,2448 <sup>87</sup> <sub>0</sub>  | 0,2449 <sup>87</sup>               |
| 68     | 85                                | 2516 <sup>85</sup> <sub>7</sub>     | 2579 <sup>87</sup> <sub>6</sub>     | 2591 <sup>87</sup> <sub>5</sub>     | 2601 <sup>88</sup> <sub>4</sub>     | 2607 <sup>83</sup> <sub>3</sub>     | 2615 <sup>88</sup> <sub>3</sub>    | 2620 <sup>88</sup> <sub>2</sub>    | 2624 <sup>88</sup> <sub>1</sub>    | 2626 <sup>89</sup> <sub>0</sub>    |
| 66     | 87                                | 2741 <sup>84</sup> <sub>7</sub>     | 2756 <sup>88</sup> <sub>6</sub>     | 2769 <sup>89</sup> <sub>5</sub>     | 2779 <sup>89</sup> <sub>4</sub>     | 2783 <sup>90</sup> <sub>3</sub>     | 2795 <sup>90</sup> <sub>2</sub>    | 2801 <sup>90</sup> <sub>1</sub>    | 2804 <sup>90</sup> <sub>1</sub>    | 2806 <sup>90</sup> <sub>0</sub>    |
| 64     | 89                                | 2919 <sup>83</sup> <sub>8</sub>     | 2935 <sup>90</sup> <sub>7</sub>     | 2949 <sup>90</sup> <sub>6</sub>     | 2961 <sup>91</sup> <sub>5</sub>     | 2971 <sup>91</sup> <sub>4</sub>     | 2978 <sup>92</sup> <sub>3</sub>    | 2984 <sup>92</sup> <sub>2</sub>    | 2988 <sup>92</sup> <sub>1</sub>    | 2991 <sup>92</sup> <sub>0</sub>    |
| 62     | 90                                | 3100 <sup>91</sup> <sub>9</sub>     | 3118 <sup>91</sup> <sub>8</sub>     | 3133 <sup>92</sup> <sub>6</sub>     | 3146 <sup>93</sup> <sub>5</sub>     | 3157 <sup>93</sup> <sub>4</sub>     | 3165 <sup>93</sup> <sub>3</sub>    | 3172 <sup>94</sup> <sub>2</sub>    | 3176 <sup>94</sup> <sub>1</sub>    | 3179 <sup>94</sup> <sub>0</sub>    |
| 0,60   | 92                                | 0,3285 <sup>92</sup> <sub>10</sub>  | 0,3304 <sup>93</sup> <sub>8</sub>   | 0,3321 <sup>94</sup> <sub>7</sub>   | 0,3335 <sup>95</sup> <sub>6</sub>   | 0,3347 <sup>95</sup> <sub>5</sub>   | 0,3356 <sup>95</sup> <sub>4</sub>  | 0,3363 <sup>96</sup> <sub>2</sub>  | 0,3368 <sup>96</sup> <sub>1</sub>  | 0,3371 <sup>96</sup> <sub>0</sub>  |
| 58     | 93                                | 3474 <sup>91</sup> <sub>11</sub>    | 3495 <sup>91</sup> <sub>9</sub>     | 3513 <sup>91</sup> <sub>8</sub>     | 3523 <sup>91</sup> <sub>6</sub>     | 3541 <sup>91</sup> <sub>5</sub>     | 3551 <sup>91</sup> <sub>4</sub>    | 3559 <sup>91</sup> <sub>3</sub>    | 3564 <sup>91</sup> <sub>2</sub>    | 3567 <sup>91</sup> <sub>1</sub>    |
| 56     | 95                                | 3666 <sup>94</sup> <sub>11</sub>    | 3689 <sup>94</sup> <sub>10</sub>    | 3703 <sup>94</sup> <sub>8</sub>     | 3726 <sup>94</sup> <sub>7</sub>     | 3740 <sup>94</sup> <sub>5</sub>     | 3751 <sup>94</sup> <sub>4</sub>    | 3759 <sup>94</sup> <sub>3</sub>    | 3765 <sup>94</sup> <sub>2</sub>    | 3769 <sup>94</sup> <sub>1</sub>    |
| 54     | 97                                | 3864 <sup>94</sup> <sub>13</sub>    | 3882 <sup>94</sup> <sub>11</sub>    | 3910 <sup>94</sup> <sub>9</sub>     | 3928 <sup>94</sup> <sub>8</sub>     | 3913 <sup>94</sup> <sub>7</sub>     | 3955 <sup>94</sup> <sub>6</sub>    | 3961 <sup>94</sup> <sub>5</sub>    | 3971 <sup>94</sup> <sub>4</sub>    | 3976 <sup>94</sup> <sub>3</sub>    |
| 52     | 100                               | 4065 <sup>101</sup> <sub>14</sub>   | 4093 <sup>102</sup> <sub>12</sub>   | 4116 <sup>103</sup> <sub>10</sub>   | 4136 <sup>104</sup> <sub>8</sub>    | 4153 <sup>104</sup> <sub>7</sub>    | 4166 <sup>105</sup> <sub>6</sub>   | 4176 <sup>105</sup> <sub>5</sub>   | 4183 <sup>106</sup> <sub>4</sub>   | 4183 <sup>106</sup> <sub>3</sub>   |
| 0,50   | 102                               | 0,4273 <sup>104</sup> <sub>15</sub> | 0,4302 <sup>105</sup> <sub>13</sub> | 0,4323 <sup>106</sup> <sub>11</sub> | 0,4350 <sup>107</sup> <sub>9</sub>  | 0,4363 <sup>108</sup> <sub>7</sub>  | 0,4383 <sup>109</sup> <sub>5</sub> | 0,4401 <sup>109</sup> <sub>4</sub> | 0,4405 <sup>109</sup> <sub>3</sub> | 0,4407 <sup>109</sup> <sub>2</sub> |
| 18     | 105                               | 4485 <sup>106</sup> <sub>14</sub>   | 4518 <sup>108</sup> <sub>13</sub>   | 4546 <sup>109</sup> <sub>12</sub>   | 4570 <sup>110</sup> <sub>10</sub>   | 4590 <sup>111</sup> <sub>8</sub>    | 4606 <sup>112</sup> <sub>6</sub>   | 4618 <sup>112</sup> <sub>4</sub>   | 4626 <sup>113</sup> <sub>2</sub>   | 4633 <sup>113</sup> <sub>1</sub>   |
| 16     | 108                               | 4704 <sup>109</sup> <sub>12</sub>   | 4740 <sup>111</sup> <sub>10</sub>   | 4771 <sup>112</sup> <sub>9</sub>    | 4797 <sup>113</sup> <sub>7</sub>    | 4819 <sup>115</sup> <sub>5</sub>    | 4836 <sup>115</sup> <sub>3</sub>   | 4850 <sup>116</sup> <sub>2</sub>   | 4861 <sup>117</sup> <sub>1</sub>   | 4866 <sup>117</sup> <sub>0</sub>   |
| 14     | 111                               | 4929 <sup>113</sup> <sub>11</sub>   | 4969 <sup>115</sup> <sub>10</sub>   | 5003 <sup>116</sup> <sub>12</sub>   | 5032 <sup>117</sup> <sub>11</sub>   | 5056 <sup>119</sup> <sub>9</sub>    | 5075 <sup>119</sup> <sub>7</sub>   | 5090 <sup>120</sup> <sub>5</sub>   | 5100 <sup>121</sup> <sub>3</sub>   | 5108 <sup>121</sup> <sub>1</sub>   |
| 42     | 114                               | 5162 <sup>116</sup> <sub>22</sub>   | 5203 <sup>118</sup> <sub>19</sub>   | 5243 <sup>119</sup> <sub>16</sub>   | 5275 <sup>120</sup> <sub>13</sub>   | 5302 <sup>120</sup> <sub>11</sub>   | 5323 <sup>121</sup> <sub>8</sub>   | 5339 <sup>123</sup> <sub>6</sub>   | 5351 <sup>123</sup> <sub>4</sub>   | 5359 <sup>123</sup> <sub>2</sub>   |
| 0,40   | 118                               | 0,5402 <sup>120</sup> <sub>24</sub> | 0,5450 <sup>122</sup> <sub>21</sub> | 0,5492 <sup>124</sup> <sub>18</sub> | 0,5527 <sup>126</sup> <sub>15</sub> | 0,5557 <sup>128</sup> <sub>12</sub> | 0,5591 <sup>129</sup> <sub>9</sub> | 0,5599 <sup>130</sup> <sub>6</sub> | 0,5611 <sup>130</sup> <sub>4</sub> | 0,5621 <sup>131</sup> <sub>1</sub> |
| 38     | 122                               | 5655 <sup>124</sup> <sub>27</sub>   | 5704 <sup>127</sup> <sub>23</sub>   | 5750 <sup>129</sup> <sub>20</sub>   | 5790 <sup>131</sup> <sub>16</sub>   | 5823 <sup>133</sup> <sub>13</sub>   | 5849 <sup>131</sup> <sub>10</sub>  | 5869 <sup>135</sup> <sub>7</sub>   | 5883 <sup>136</sup> <sub>4</sub>   | 5891 <sup>137</sup> <sub>1</sub>   |

| $\tau$ | $t = 0.82$ | 0.84                                 | 0.86                                 | 0.88                                 | 0.90                                 | 0.92                                 | 0.94                                 | 0.96                                  | 0.98                                  | 1.00                                 |
|--------|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 11     | 36         | 5908 <sup>159</sup> <sub>30</sub>    | 6019 <sup>155</sup> <sub>26</sub>    | 6063 <sup>157</sup> <sub>18</sub>    | 6100 <sup>179</sup> <sub>15</sub>    | 6130 <sup>140</sup> <sub>15</sub>    | 6152 <sup>142</sup> <sub>8</sub>     | 6163 <sup>142</sup> <sub>5</sub>      | 6171 <sup>143</sup> <sub>2</sub>      | 6180 <sup>144</sup> <sub>1</sub>     |
| 3ak.   | 34         | 6176 <sup>134</sup> <sub>33</sub>    | 6242 <sup>137</sup> <sub>30</sub>    | 6300 <sup>140</sup> <sub>25</sub>    | 6349 <sup>143</sup> <sub>21</sub>    | 6391 <sup>145</sup> <sub>17</sub>    | 6424 <sup>147</sup> <sub>13</sub>    | 6449 <sup>149</sup> <sub>9</sub>      | 6467 <sup>150</sup> <sub>5</sub>      | 6481 <sup>150</sup> <sub>1</sub>     |
| 3ak.   | 32         | 6454 <sup>139</sup> <sub>37</sub>    | 6528 <sup>143</sup> <sub>33</sub>    | 6593 <sup>147</sup> <sub>28</sub>    | 6649 <sup>150</sup> <sub>23</sub>    | 6696 <sup>153</sup> <sub>19</sub>    | 6733 <sup>155</sup> <sub>14</sub>    | 6762 <sup>156</sup> <sub>10</sub>     | 6782 <sup>158</sup> <sub>6</sub>      | 6798 <sup>159</sup> <sub>1</sub>     |
| 3ak.   | 31         | 0,30                                 | 1,10                                 | 0,6743 <sup>145</sup> <sub>41</sub>  | 0,6827 <sup>150</sup> <sub>37</sub>  | 0,6900 <sup>154</sup> <sub>32</sub>  | 0,6964 <sup>157</sup> <sub>26</sub>  | 0,7016 <sup>160</sup> <sub>22</sub>   | 0,7060 <sup>163</sup> <sub>16</sub>   | 0,7116 <sup>167</sup> <sub>7</sub>   |
| 0,20   | 1,19       | 0,8339 <sup>179</sup> <sub>82</sub>  | 0,8555 <sup>180</sup> <sub>66</sub>  | 0,8705 <sup>181</sup> <sub>66</sub>  | 0,8838 <sup>181</sup> <sub>57</sub>  | 0,8952 <sup>181</sup> <sub>47</sub>  | 0,9046 <sup>182</sup> <sub>37</sub>  | 0,9120 <sup>183</sup> <sub>26</sub>   | 0,9173 <sup>189</sup> <sub>16</sub>   | 0,9214 <sup>193</sup> <sub>5</sub>   |
| 18     | 173        | 8764 <sup>186</sup> <sub>96</sub>    | 8956 <sup>187</sup> <sub>84</sub>    | 9132 <sup>188</sup> <sub>74</sub>    | 9290 <sup>189</sup> <sub>66</sub>    | 9428 <sup>188</sup> <sub>57</sub>    | 9545 <sup>188</sup> <sub>45</sub>    | 9633 <sup>188</sup> <sub>32</sub>     | 9697 <sup>189</sup> <sub>19</sub>     | 9748 <sup>187</sup> <sub>6</sub>     |
| 16     | 177        | 9150 <sup>193</sup> <sub>113</sub>   | 9375 <sup>192</sup> <sub>115</sub>   | 9585 <sup>192</sup> <sub>96</sub>    | 9776 <sup>192</sup> <sub>73</sub>    | 9942 <sup>192</sup> <sub>54</sub>    | *0083 <sup>192</sup> <sub>56</sub>   | *0199 <sup>193</sup> <sub>41</sub>    | *0280 <sup>191</sup> <sub>24</sub>    | *0344 <sup>198</sup> <sub>8</sub>    |
| 14     | 179        | 9546 <sup>198</sup> <sub>133</sub>   | 9812 <sup>198</sup> <sub>116</sub>   | *0064 <sup>200</sup> <sub>117</sub>  | *0297 <sup>201</sup> <sub>105</sub>  | *0506 <sup>201</sup> <sub>90</sub>   | 0688 <sup>201</sup> <sub>72</sub>    | 0829 <sup>201</sup> <sub>55</sub>     | 0934 <sup>201</sup> <sub>37</sub>     | 1018 <sup>201</sup> <sub>37</sub>    |
| 12     | 178        | 9946 <sup>200</sup> <sub>158</sub>   | *0262 <sup>201</sup> <sub>152</sub>  | 0567 <sup>201</sup> <sub>144</sub>   | 0855 <sup>202</sup> <sub>142</sub>   | 1119 <sup>202</sup> <sub>116</sub>   | 1350 <sup>203</sup> <sub>95</sub>    | 1540 <sup>203</sup> <sub>70</sub>     | 1680 <sup>203</sup> <sub>46</sub>     | 1766 <sup>203</sup> <sub>14</sub>    |
| 0,10   | 172        | 1,0342 <sup>198</sup> <sub>187</sub> | 1,0716 <sup>197</sup> <sub>185</sub> | 1,1087 <sup>198</sup> <sub>180</sub> | 1,1447 <sup>196</sup> <sub>170</sub> | 1,1786 <sup>194</sup> <sub>153</sub> | 1,2093 <sup>191</sup> <sub>129</sub> | 1,2351 <sup>196</sup> <sub>98</sub>   | 1,2548 <sup>194</sup> <sub>61</sub>   | 1,2710 <sup>195</sup> <sub>20</sub>  |
| 0,08   | 161        | 0719 <sup>186</sup> <sub>220</sub>   | 1159 <sup>192</sup> <sub>225</sub>   | 1609 <sup>201</sup> <sub>231</sub>   | 2061 <sup>217</sup> <sub>221</sub>   | 2504 <sup>219</sup> <sub>19</sub>    | 2921 <sup>214</sup> <sub>14</sub>    | 3289 <sup>216</sup> <sub>9</sub>      | 3580 <sup>216</sup> <sub>93</sub>     | 3830 <sup>216</sup> <sub>50</sub>    |
| 0,06   | 141        | 1056 <sup>169</sup> <sub>256</sub>   | 1567 <sup>184</sup> <sub>269</sub>   | 2106 <sup>196</sup> <sub>281</sub>   | 2669 <sup>201</sup> <sub>270</sub>   | 3249 <sup>203</sup> <sub>174</sub>   | 4377 <sup>203</sup> <sub>133</sub>   | 4842 <sup>203</sup> <sub>81</sub>     | 5159 <sup>203</sup> <sub>56</sub>     | 5271 <sup>203</sup> <sub>71</sub>    |
| 0,04   | 111        | 1328 <sup>136</sup> <sub>269</sub>   | 1905 <sup>139</sup> <sub>313</sub>   | 2532 <sup>142</sup> <sub>313</sub>   | 3215 <sup>142</sup> <sub>312</sub>   | 3960 <sup>142</sup> <sub>310</sub>   | 4764 <sup>142</sup> <sub>211</sub>   | 5607 <sup>142</sup> <sub>179</sub>    | 7055 <sup>142</sup> <sub>123</sub>    | 7301 <sup>142</sup> <sub>1015</sub>  |
| 0,02   | 71         | 1506 <sup>89</sup> <sub>313</sub>    | 2131 <sup>113</sup> <sub>348</sub>   | 2827 <sup>148</sup> <sub>32</sub>    | 3611 <sup>158</sup> <sub>49</sub>    | 4509 <sup>154</sup> <sub>324</sub>   | 5555 <sup>154</sup> <sub>324</sub>   | 6807 <sup>150</sup> <sub>715</sub>    | 8296 <sup>150</sup> <sub>83</sub>     | 9902 <sup>150</sup> <sub>433</sub>   |
| 0,00   | 25         | 1,1568 <sup>31</sup> <sub>322</sub>  | 1,2211 <sup>40</sup> <sub>361</sub>  | 1,2933 <sup>53</sup> <sub>412</sub>  | 1,3758 <sup>74</sup> <sub>482</sub>  | 1,4722 <sup>107</sup> <sub>484</sub> | 1,5590 <sup>116</sup> <sub>745</sub> | 1,7380 <sup>137</sup> <sub>1039</sub> | 1,9459 <sup>158</sup> <sub>1758</sub> | 2,2976 <sup>157</sup> <sub>100</sub> |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ТИПИЧНЫЕ ТРЕХСЛОЙНЫЕ И ЧЕТЫРЕХСЛОЙНЫЕ ВОЛНОВЫЕ  
КРИВЫЕ СТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЯ

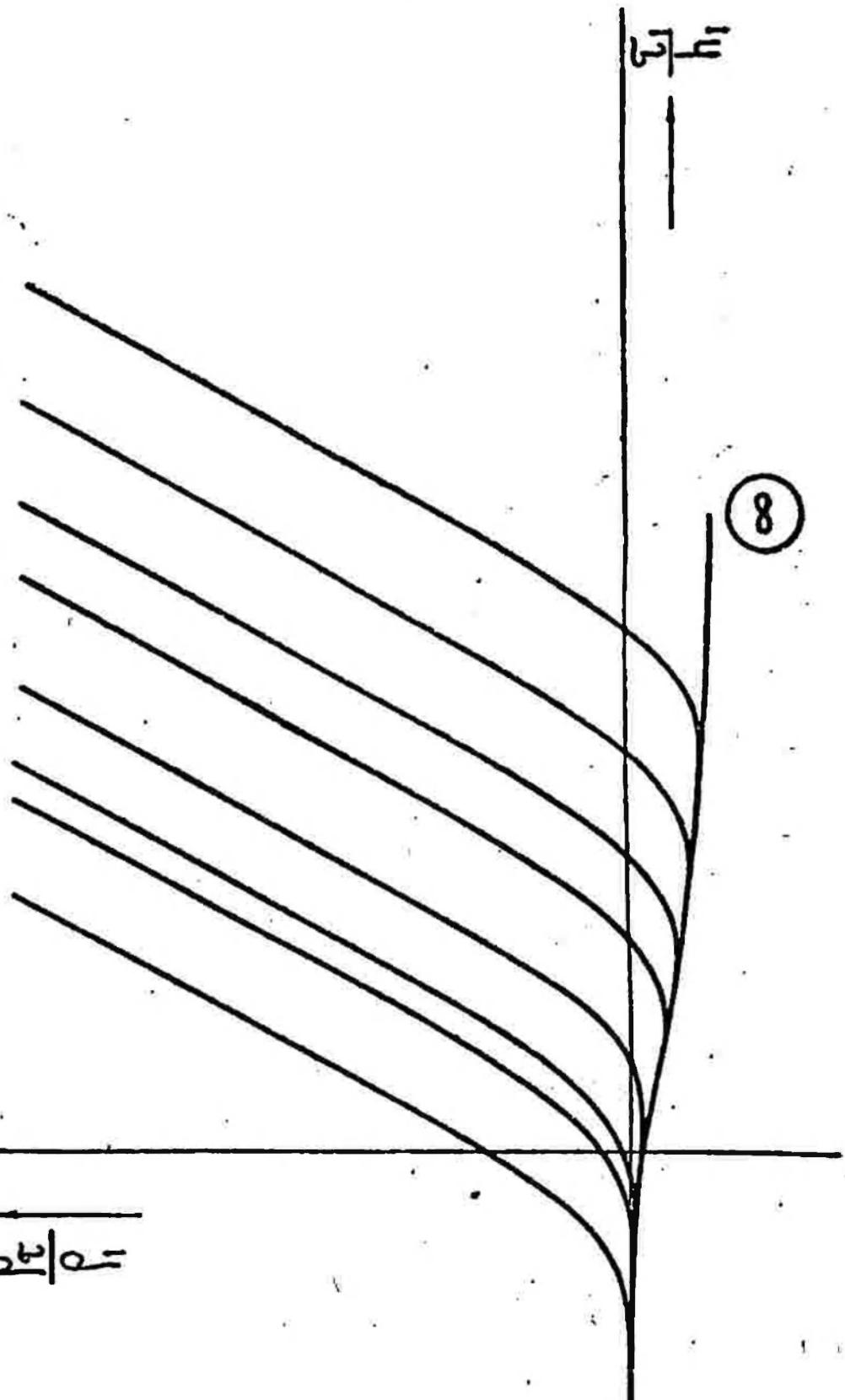
| <i>M</i> палетки | Шифр разреза                |
|------------------|-----------------------------|
| 1                | BC - 2/3 - M - ∞            |
| 2                | BC - 3,7 - M - ∞            |
| 3                | BC - 1/4 - M - ∞            |
| 4                | BC - 1/9 - M - ∞            |
| 5                | BC - 3,2 - M - ∞            |
| 6                | BC - 7/3 - M - ∞            |
| 7                | BC - 4 - M - ∞              |
| 8                | BC - 9 - M - ∞              |
| 9                | BC - 19 - M - ∞             |
| 10               | BC - 7/12 - M - 1/4 - 1 - ∞ |
| 11               | BC - ∞ - 1 - 1/9 - 5 - ∞    |
| 12               | BC - 39,9 - M - 1/9 - 1 - ∞ |

Примечание. В кружках на палетках даны значения относительной мощности второго слоя  $\frac{h_2}{h_1}$ .

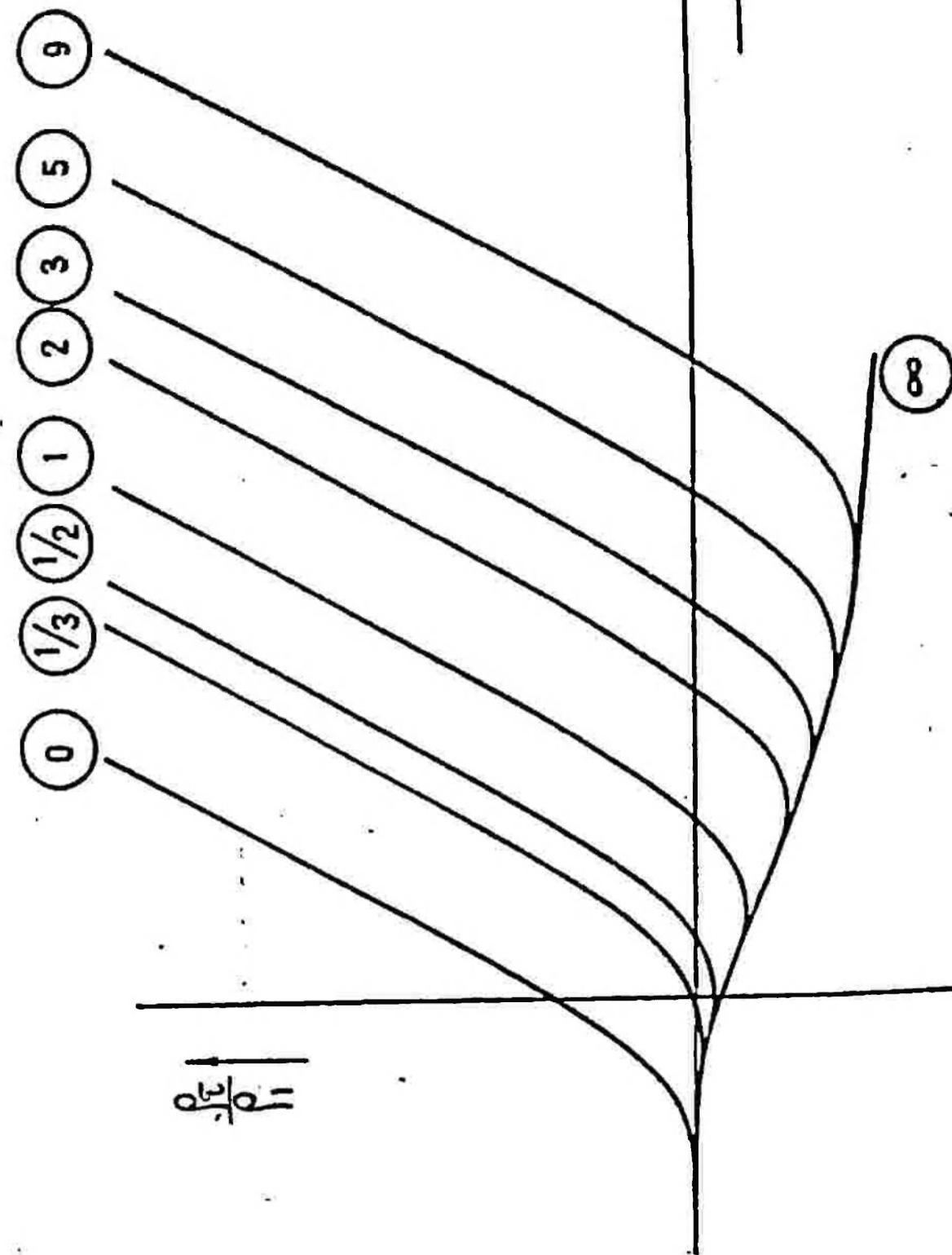
Nº 1

(0)  $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{2}$  1 2 3 5 9

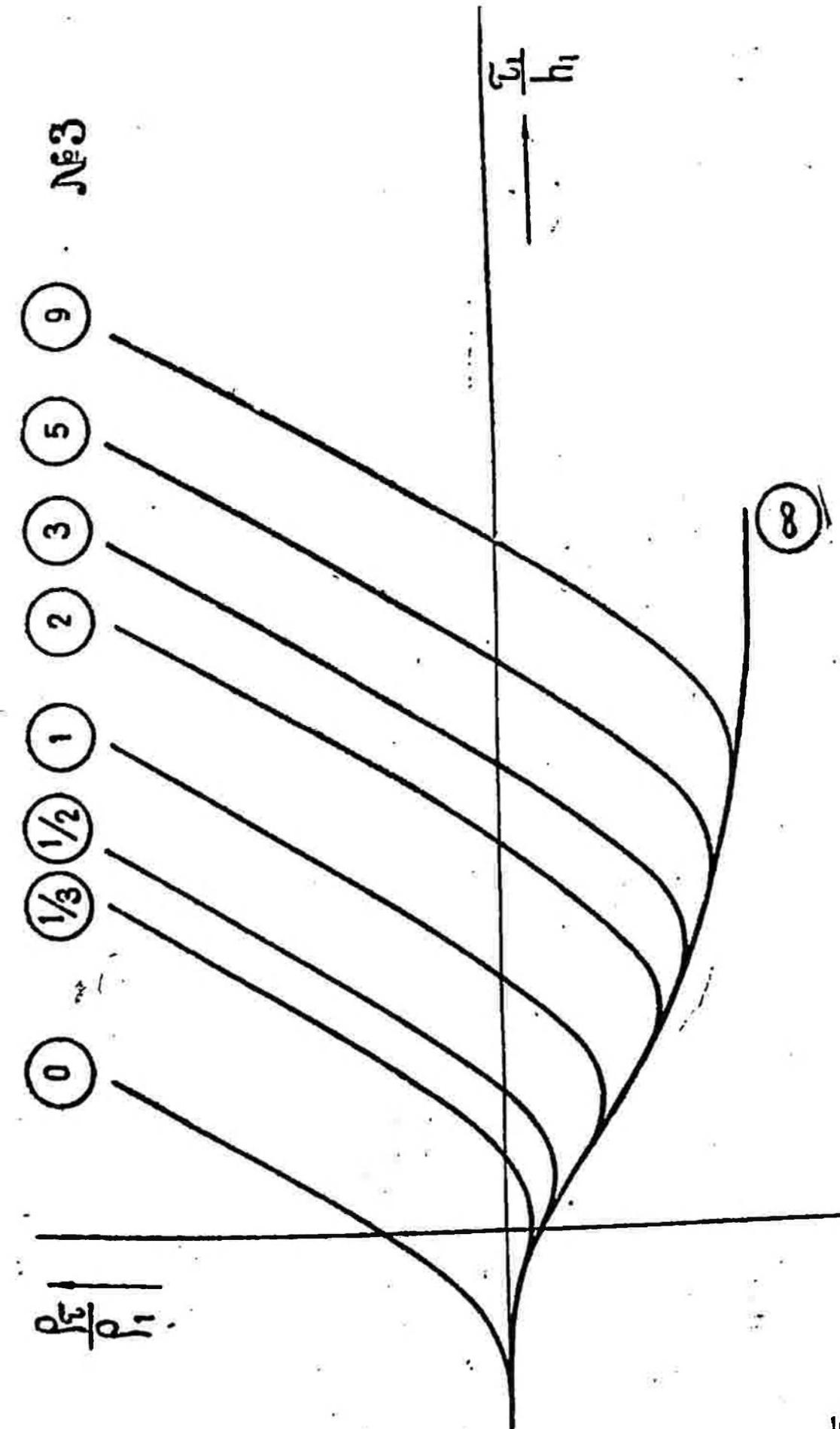
$$\frac{P_t}{P_0} =$$



Nº2

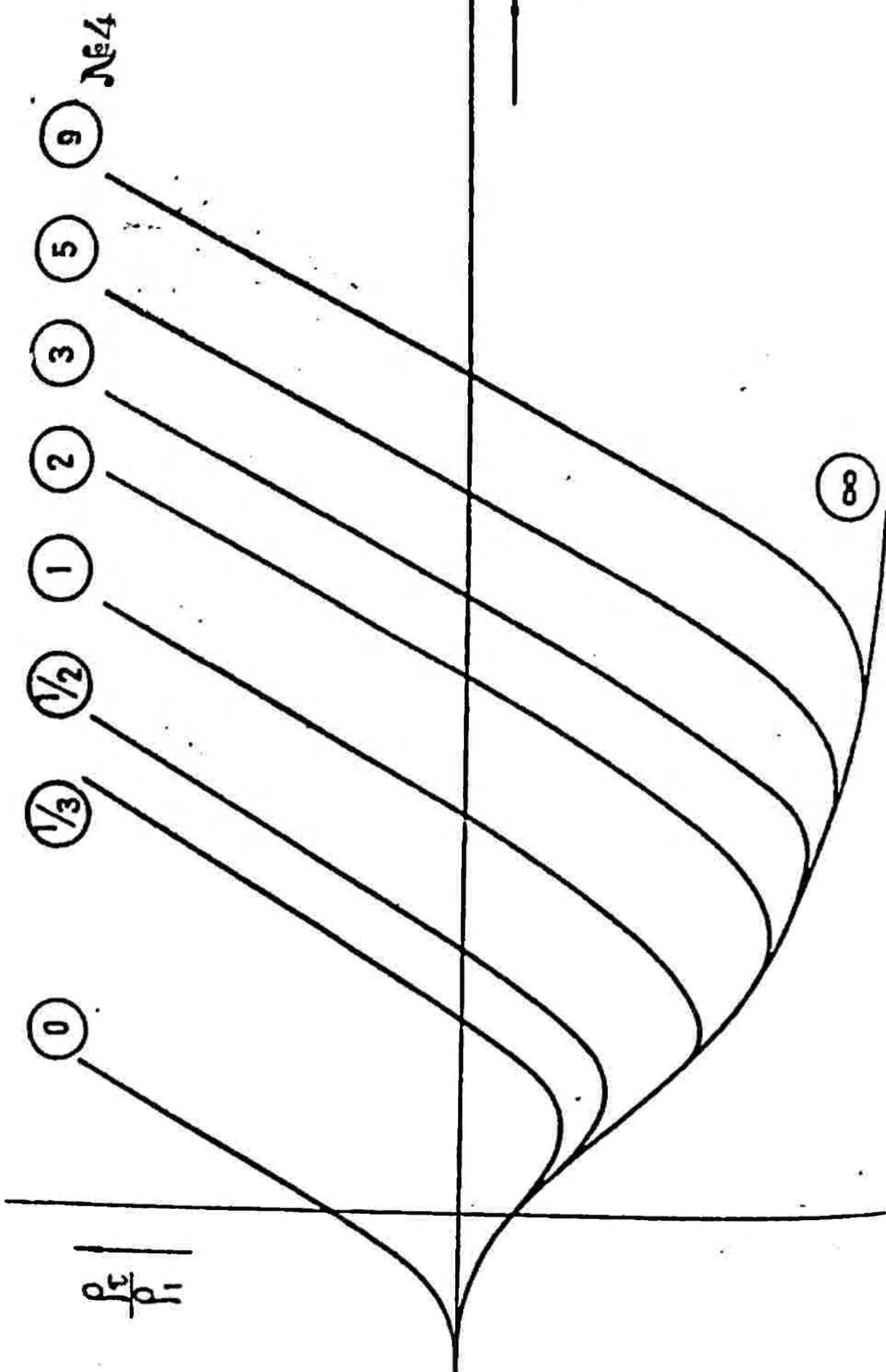


Nº3



0 1/3 1/2 1 2 3 5 9

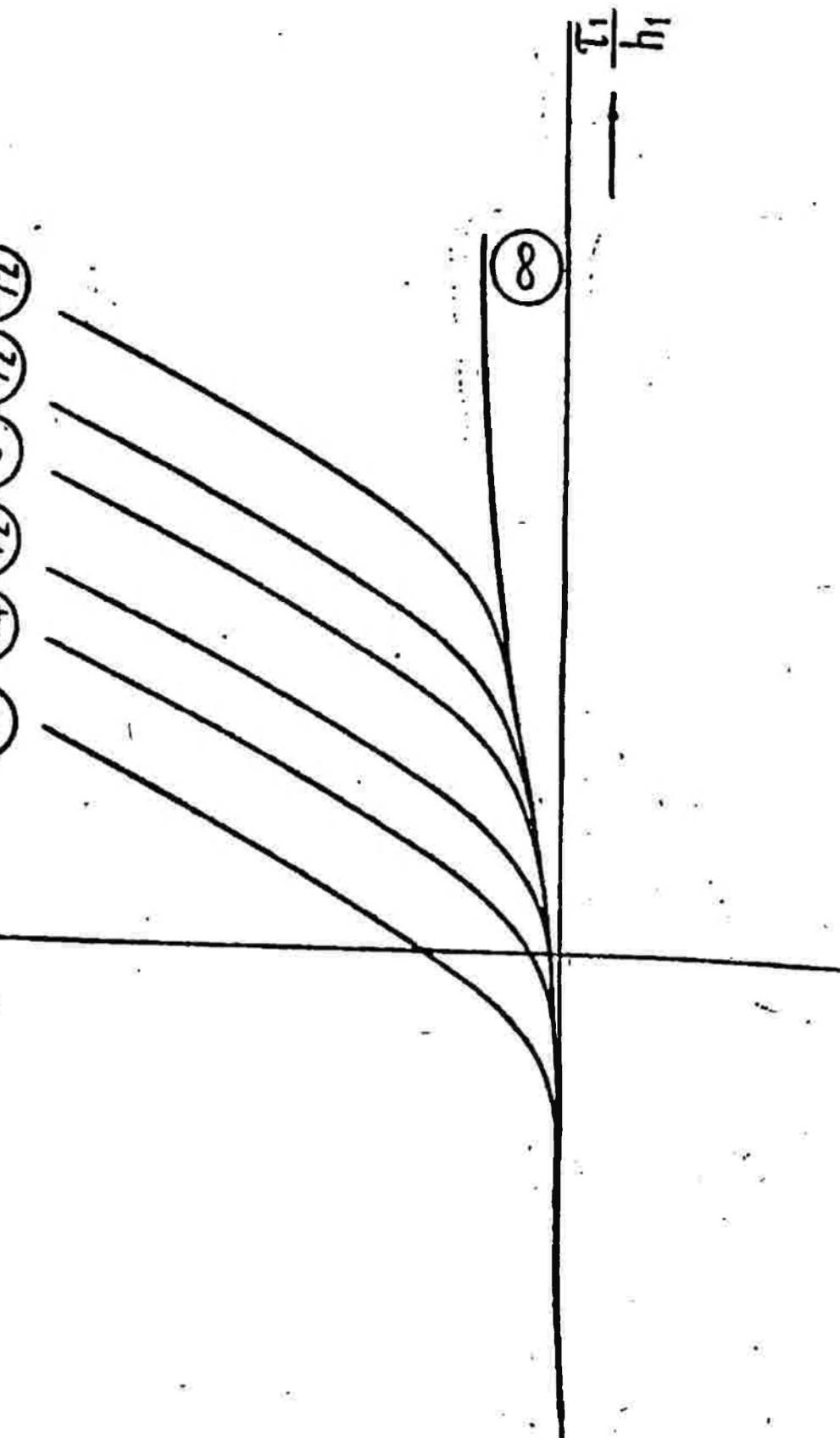
$\frac{P_2}{P_1}$

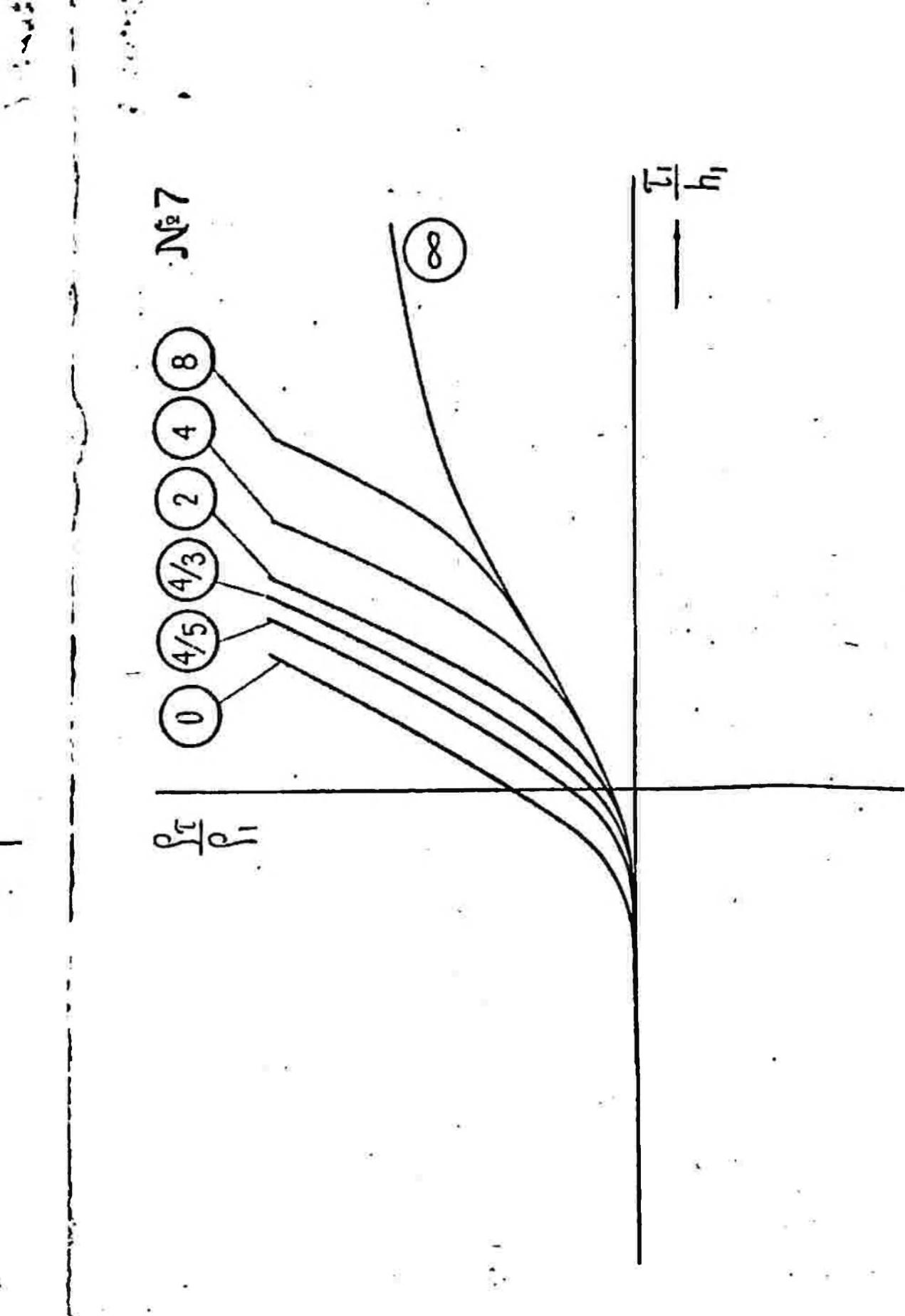
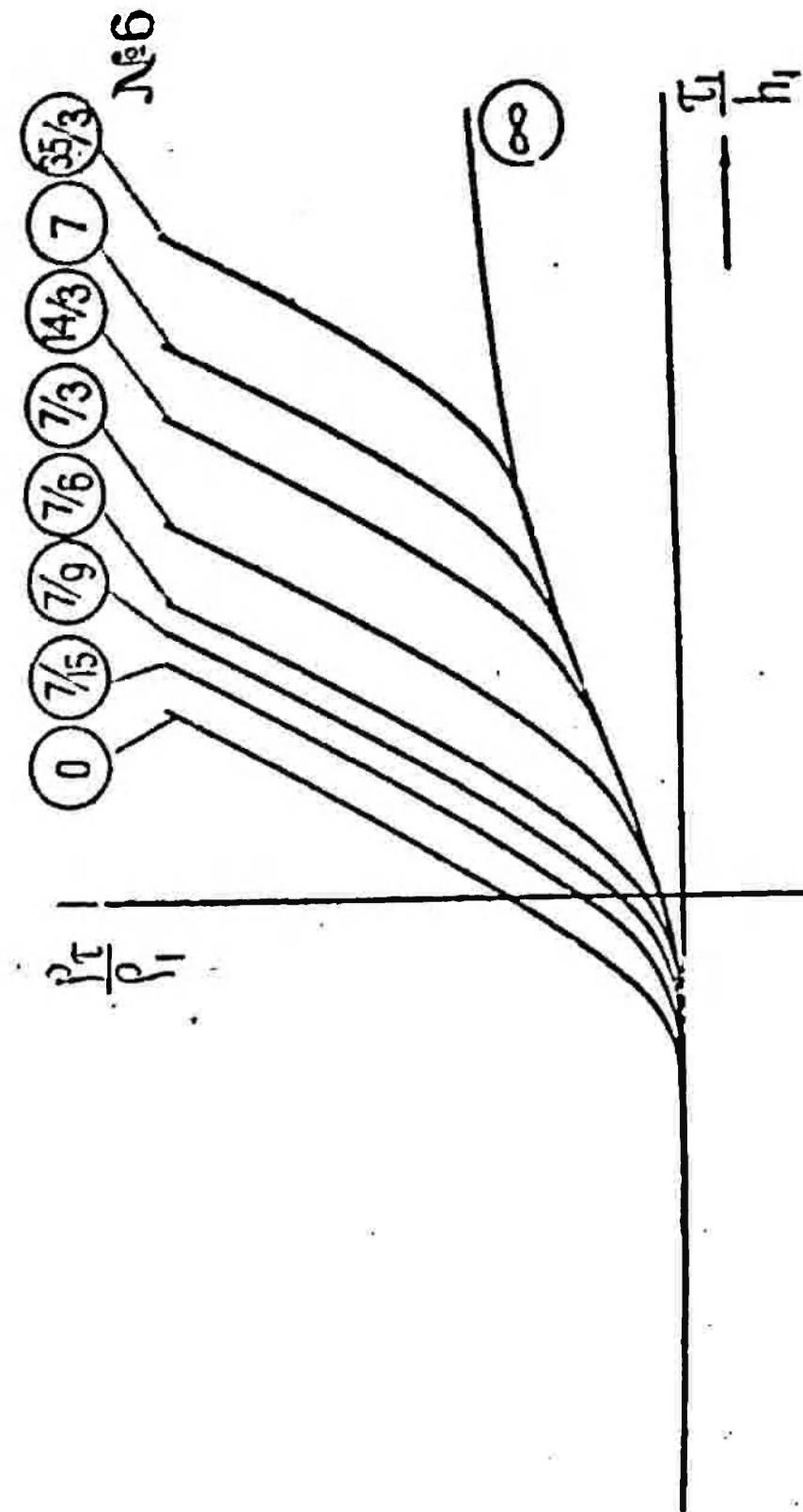


N<sub>5</sub>

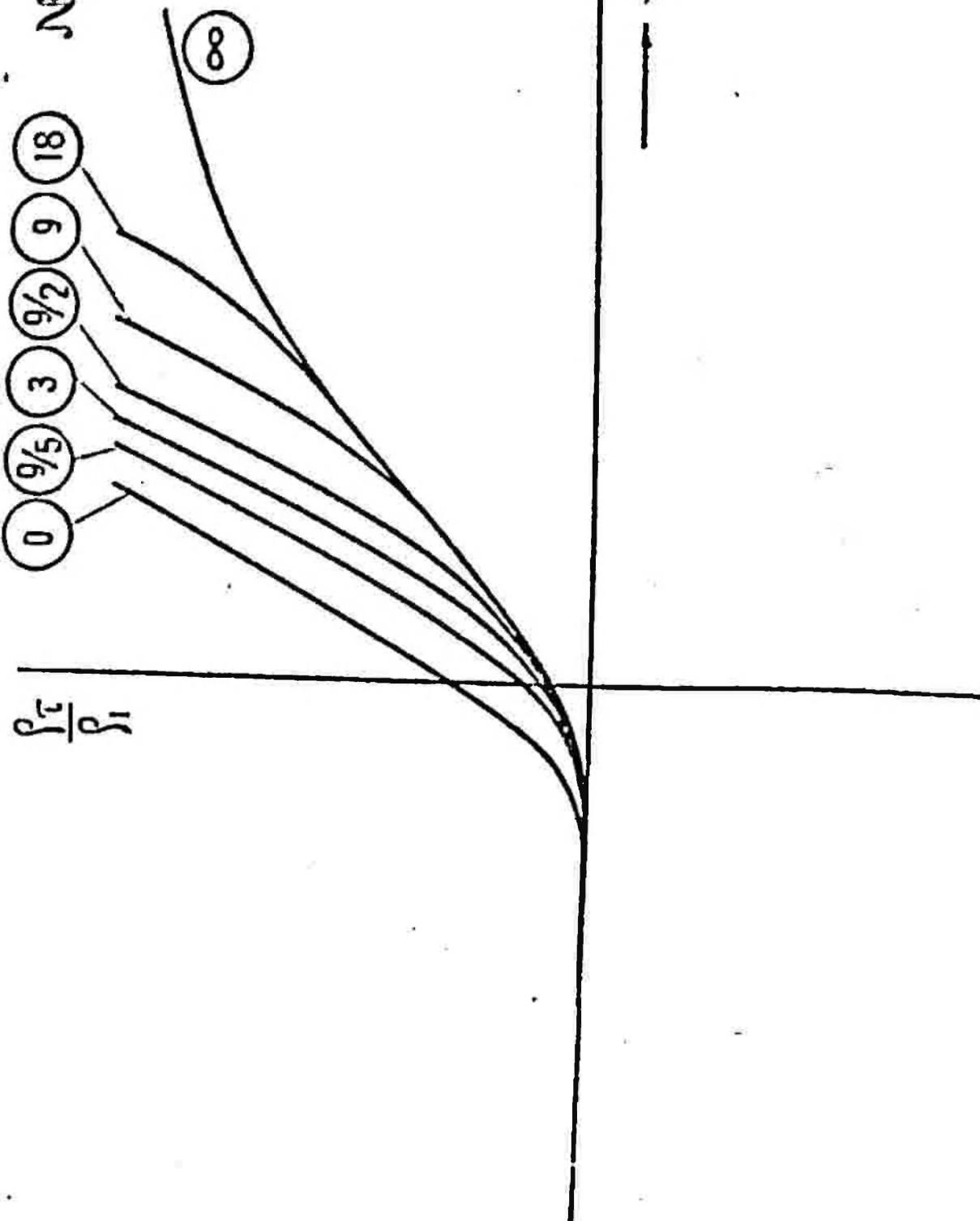
0 3/4 3/2 3 9/2 5/2

$\frac{P_2}{P_1}$

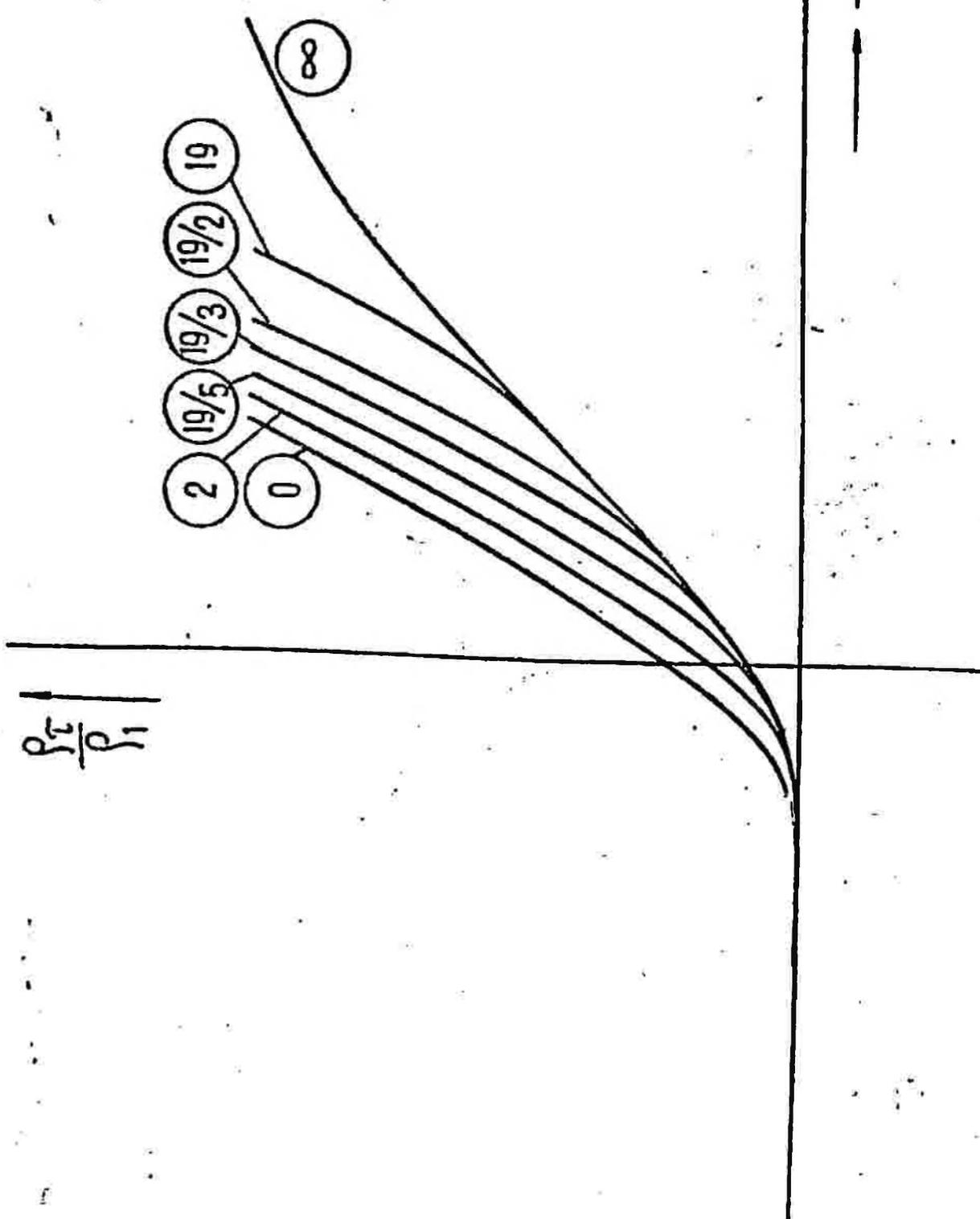




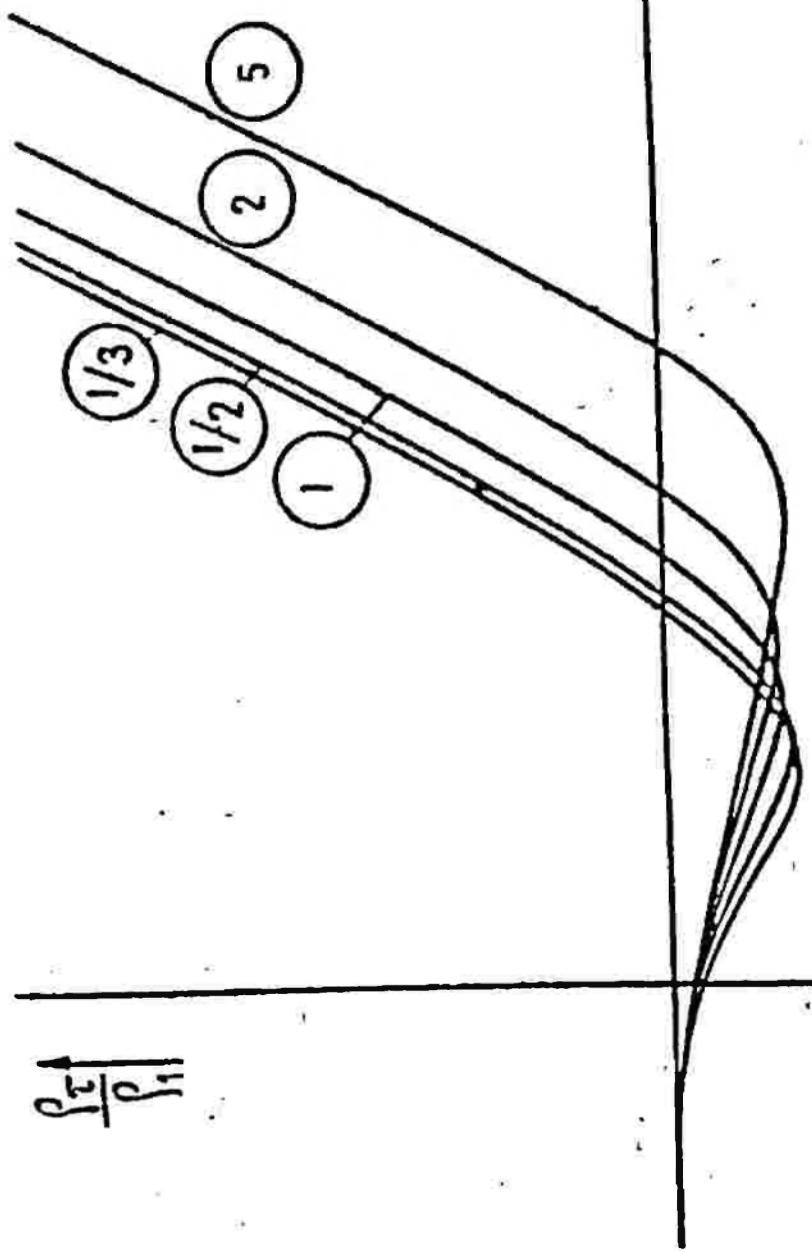
Nº8



Nº9

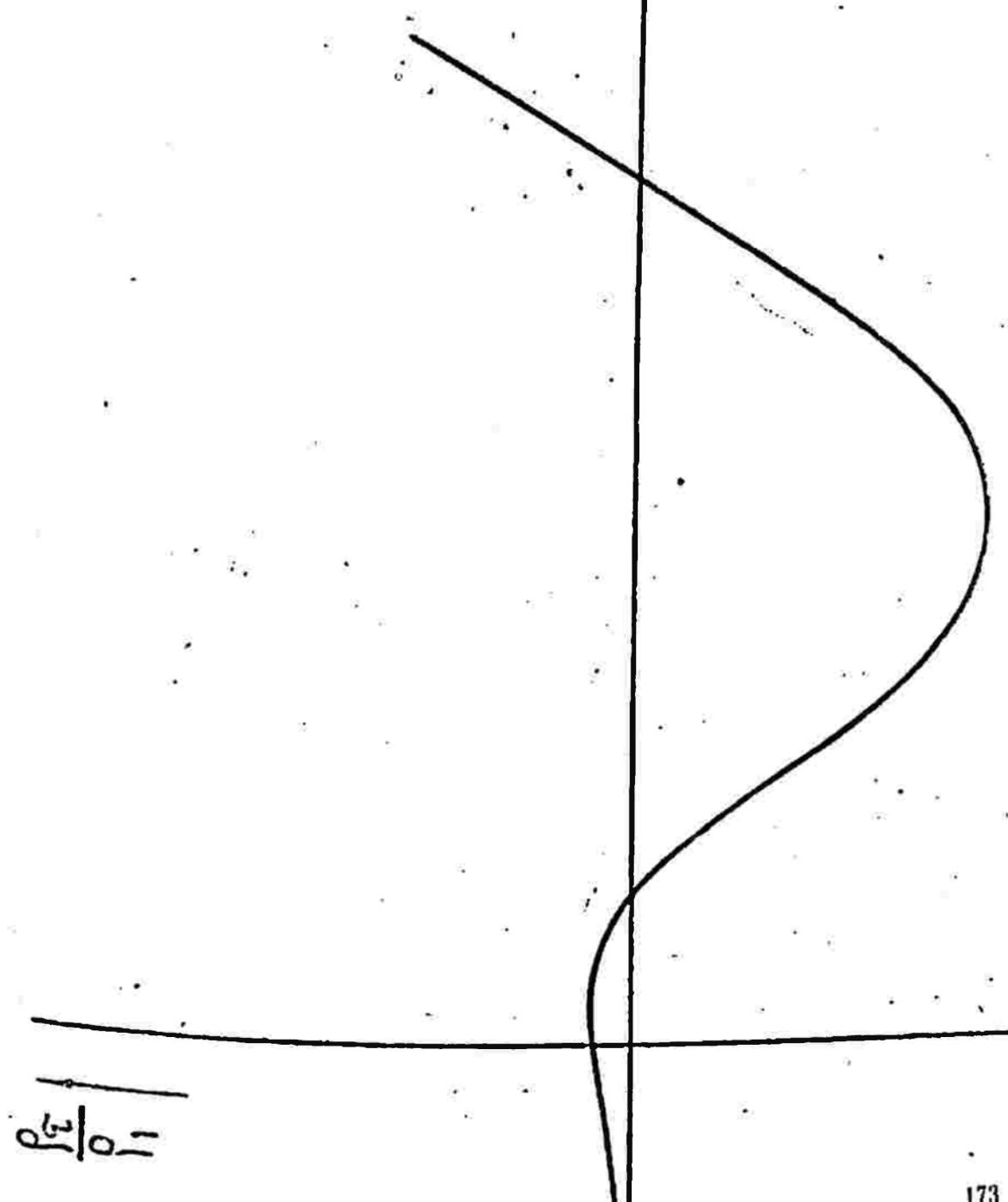


Nº10



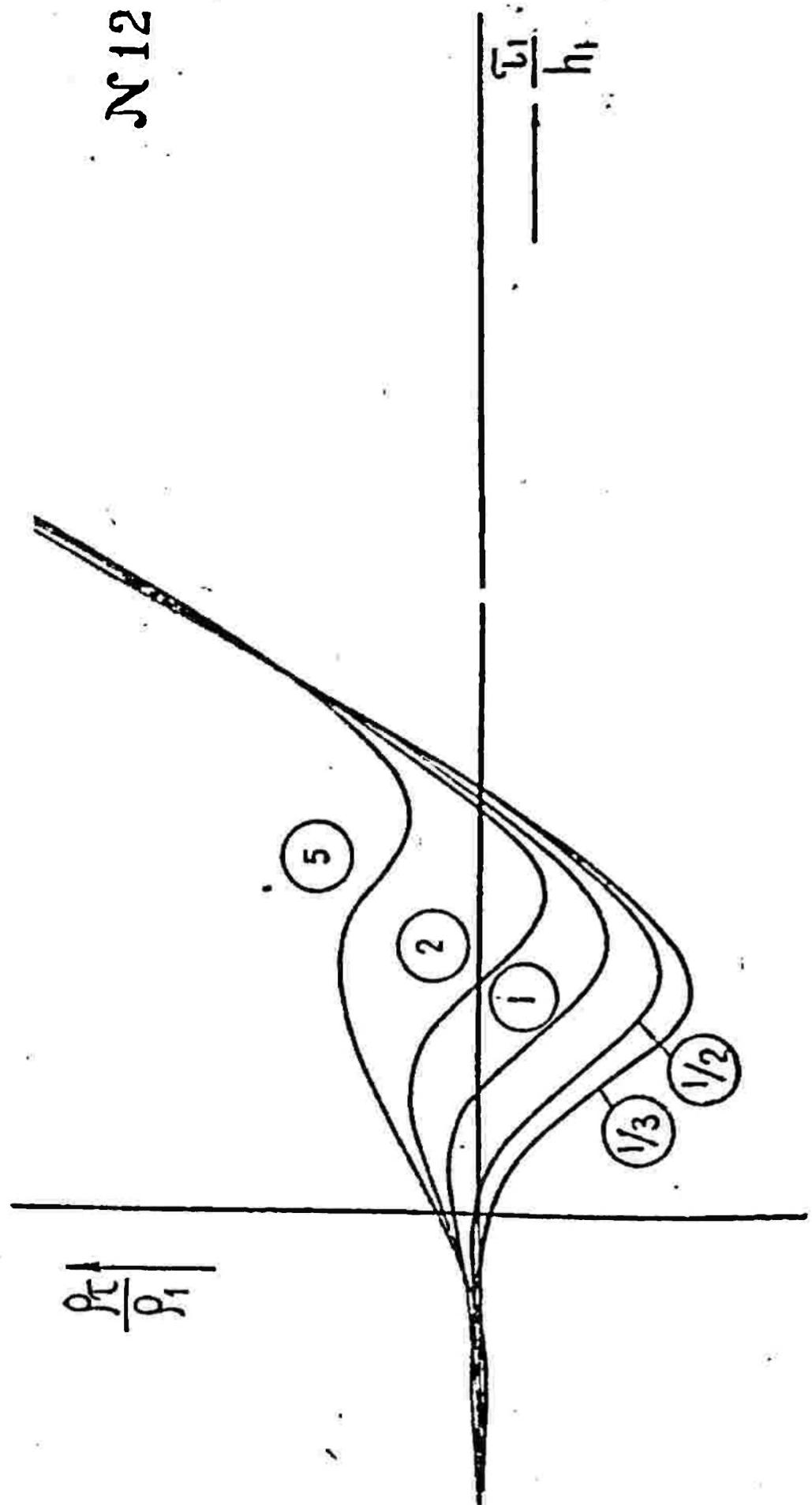
172

Nº11



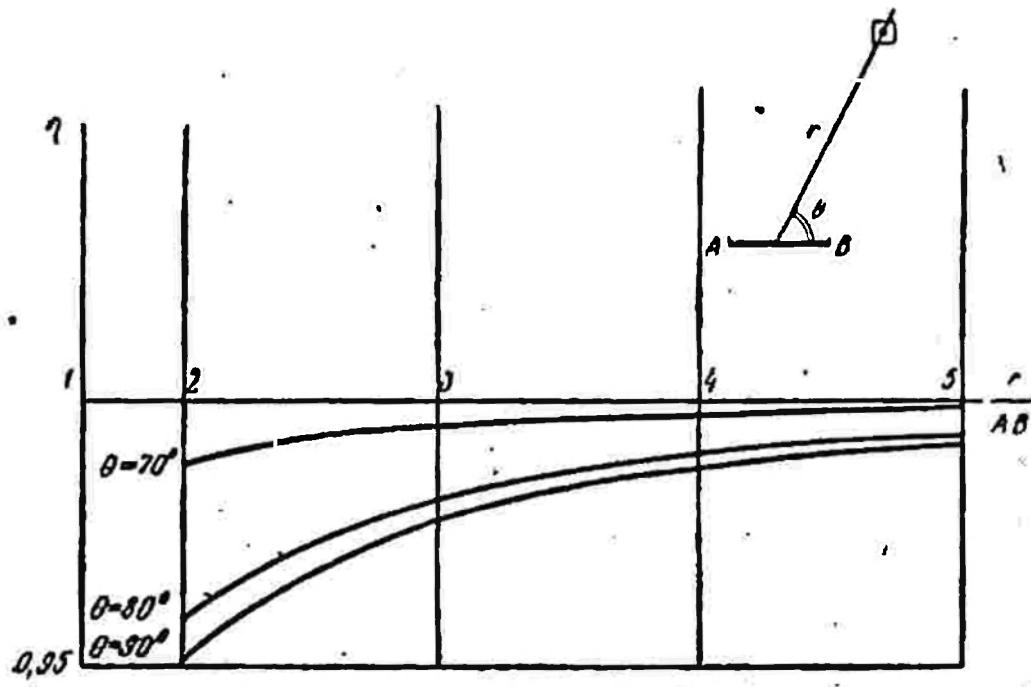
173

N 12



## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ $\eta$ -ПОПРАВКИ ЗА НЕДИПОЛЬНОСТЬ ПИТАЮЩЕЙ ЛИНИИ



## ФОРМЫ ПОЛЕВЫХ ЖУРНАЛОВ

## Журнал коэффициентов установок

| Дата | № точки | № избира-тории | $r, м$ | $AB, м$ | $\Theta$ | $q_{\text{стан.}}, м^2$ | $n_{\text{витков}}$ | $K$ | Поправка на неди-польность | Примечание |
|------|---------|----------------|--------|---------|----------|-------------------------|---------------------|-----|----------------------------|------------|
|      |         |                |        |         |          |                         |                     |     |                            |            |

Оператор:

## Журнал генераторной группы №\_\_\_\_\_

| Дата | № ЗСП | № осцил-лографа | Время записи | Длитель-ность импульса | № AB | $AB, м$ | $R_{\text{шунта}} \text{ (визуаль-ного при-бора)}, м$ | $I_{\text{виз}} \text{ (без удвое-ния)}$ | $I_{\text{ср}} \text{ (без удвое-ния)}$ | Приме-чание |
|------|-------|-----------------|--------------|------------------------|------|---------|---|--|---|-------------|
|      |       |                 |              |                        |      |         |   |  |   |             |

Оператор:

## Журнал полевой лаборатории №\_\_\_\_\_

| Дата | № ЗС | № осциллографа | Время записи | Длительность импульса | Площадь приемной петли $q, м^2$ | $MN, м$ | Чувствительность | $\Delta V_{гр}, мкв$ | Полоса | Примечание |
|------|------|----------------|--------------|-----------------------|---------------------------------|---------|------------------|----------------------|--------|------------|
|      |      |                |              |                       |                                 |         |                  |                      |        |            |

Оператор:

## Журнал эталонирования

Усилитель становления №\_\_\_\_\_

Осциллограф №\_\_\_\_\_

| № осциллограммы | Чувствительность | Полоса | $\Delta V_{гр}$ усилителя, мкв | $\Delta V_{гр}$ осциллографа, мв | Отклонение, мм           |                         |                             |                         | Истинная величина $\Delta V_{гр}$ (градуировка усилителя), мкв | Истинная величина $\Delta V_{гр}$ (градуировка осциллографа), мв | Примечание |
|-----------------|------------------|--------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|------------|
|                 |                  |        |                                |                                  | от градуировки усилителя | от эталонирования схемы | от градуировки осциллографа | от эталонирования схемы |  |  |            |
|                 |                  |        |                                |                                  |                          |                         |                             |                         |  |  |            |

Оператор:

Вычислитель:

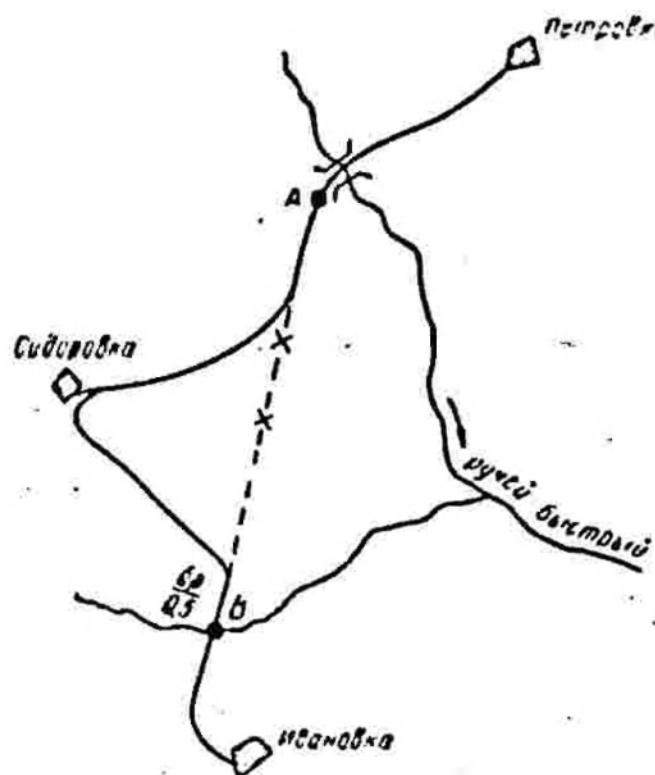
## Форма 5

## Журнал регистрации осциллографии

| Дата | ЗСМ | ЗСЭ | Коли-<br>чество<br>осцил-<br>лографий | Номер<br>журнала<br>полевой<br>лабора-<br>тории | Номер<br>журнала<br>генера-<br>торной<br>группы | Роспись |        | Приме-<br>чание |
|------|-----|-----|---------------------------------------|---|---|---------|--------|-----------------|
|      |     |     |                                       |   |   | сдал    | принял |                 |
|      |     |     |                                       |   |   |         |        |                 |

## Форма 6

## Журнал рекогносцировки



Природа АВ ≈ 6 км, А — мост через ручей Быстрый в 2 км юго-западнее дер. Петровка. Разматывать по дороге на дер. Сидоровка до поворота дороги. От поворота дороги по пашне до колодца с журавлем (на пашне выставлены две вехи), от колодца по дороге на дер. Ивановку до брода через ручей в 2 км севернее дер. Ивановка.

## Вычисление по таблицам

| Обозначения | Операция        | X         | Y         | Примечание |
|-------------|-----------------|-----------|-----------|------------|
|             |                 |           |           |            |
| $A_1$       | 1               | 5 913 460 | 9 595 000 |            |
| $B_1$       | 2               | 5 908 730 | 959 530   |            |
|             | 1-2             | 4 730     | 230       |            |
| $AB$        |                 | 4 735     |           |            |
|             | $\frac{1-2}{2}$ | 2 365     | 115       |            |
| $O$         |                 | 5 911 095 | 9 595 115 |            |
| $Q_1$       | 2               | 5 915 140 | 9 607 550 |            |
|             |                 | 4 045     | 12 435    |            |
| $r_1$       |                 | 13 076    |           |            |
| $O$         | 1               | 5 911 095 | 9 595 115 |            |
| $Q_1$       | 2               | 5 907 450 | 9 608 845 |            |
| $r_2$       | 1-2             | 3 645     | 13 730    |            |
|             |                 | 14 205    |           |            |

Интерпретатор:

Вычислитель:

## Ф о р м а 8

Пример обработки осциллограммы становления магнитного поля при  $r = 22232 \text{ м}, \theta = 76^\circ 00'$ ,  
 $A_B = 8033 \text{ м}, q = 826600 \text{ м}^2$

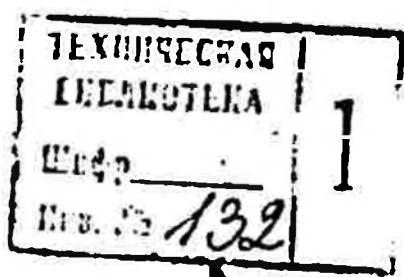
| $t_{\text{окр}} / \sqrt{2\pi r}$ | $\sqrt{2\pi r}$ | Отклонение спика |      |      |      |      |      |      |      |      |      | $A_{\text{ср}}$ | $A_{\text{тр}}$ | $\Delta V_{\text{тр}} / \Delta V_{\text{окр}}$ | $I_a$ | $P_t$ | Примечание |      |
|----------------------------------|-----------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|-----------------|--|-------|-------|------------|------|
|                                  |                 | Номер импульса   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                 |                 |  |       |       |            |      |
| 1                                | 2               | 3                | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |      |      |                 |                 |  |       |       |            |      |
| 0,2                              | 1,12            | 10,8             | 11,0 | 10,8 | 11,3 | 12,0 | 12,0 | 11,2 | 11,2 | 10,5 | 9,6  | 10,7            | 10,2            | 10,8   | 10,6  | 10,6  | 16,55      |      |
| 0,3                              | 1,37            | 12,0             | 14,0 | 13,2 | 12,6 | 12,0 | 12,0 | 14,0 | 14,0 | 14,5 | 12,5 | 11,8            | 11,2            | 11,8   | 11,8  | 11,5  | —          | 17,6 |
| 0,5                              | 1,77            | 14,0             | 17,2 | 16,2 | 15,8 | 17,0 | 17,0 | 16,5 | 16,5 | 16,0 | 15,0 | 15,0            | 15,0            | 15,0   | 15,0  | 15,0  | —          | 20,4 |
| 0,7                              | 2,10            | 17,2             | 21,4 | 20,5 | 19,1 | 21,0 | 21,0 | 17,5 | 17,5 | 19,5 | 18,5 | 19,5            | 19,5            | 19,5   | 19,5  | 19,5  | —          | 24,6 |
| 1,0                              | 2,51            | 21,4             | 23,8 | 23,8 | 22,7 | 24,5 | 24,5 | 22,0 | 22,0 | 22,0 | 22,0 | 22,0            | 22,0            | 22,0   | 22,0  | 22,0  | —          | 24,6 |
| 1,5                              | 3,08            | 23,8             | 25,5 | 22,5 | 22,5 | 21,8 | 21,8 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0            | 21,0            | 21,0   | 21,0  | 21,0  | —          | 24,6 |
| 2,3                              | 4,34            | 25,5             | 4,34 | 16,9 | 16,9 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2            | 17,2            | 17,2   | 17,2  | 17,2  | —          | 24,6 |
| 3,4                              | 5,00            | 11,8             | 5,00 | 11,8 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3            | 11,3            | 11,3   | 11,3  | 11,3  | —          | 24,6 |
| 6,7                              | 6,15            | 5,60             | 6,15 | 5,60 | 8,5  | 6,2  | 6,2  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0             | 5,0             | 5,0  | 5,0   | 5,0   | —          | 24,6 |
| 7,8                              | 6,56            | 7,10             | 7,10 | 7,10 | 2,6  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0             | 4,0             | 4,0  | 4,0   | 4,0   | —          | 24,6 |
| 9,9                              | 7,50            | 7,92             | 7,92 | 7,92 | 1,0  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7             | 0,7             | 0,7  | 0,7   | 0,7   | —          | 24,6 |
| 10                               | 7,92            |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                 |                 |  |       |       |            | 24,6 |

Интерпретатор:  
Вычислитель:

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  | Стр. |
|--|------|
| <b>Предисловие</b>   | 3    |
| <b>Введение</b>  | 5    |
| <b>Глава I. Физико-математические основы метода становления магнитного поля</b>      | 7    |
| § 1. Временной и спектральный методы в теории становления магнитного поля            | 7    |
| § 2. Первичное магнитное поле диполя   | 10   |
| § 3. Использование принципа взаимности для расчета неустановившегося магнитного поля | 10   |
| <b>Глава II. Расчет и анализ теоретических кривых</b>                                | 17   |
| § 1. О численных расчетах становления магнитного поля                                | 17   |
| § 2. Асимптотическое поведение становления вертикального магнитного поля             | 18   |
| § 3. Кажущееся удельное сопротивление в методе становления магнитного поля           | 22   |
| § 4. Расчет предельных волновых кривых становления магнитного поля                   | 24   |
| § 5. Расчет теоретических кривых поздней стадии становления магнитного поля          | 37   |
| § 6. Палетки становления магнитного поля   | 41   |
| § 7. Построение кривых становления магнитного поля в дальней зоне                    | 43   |
| § 8. Анализ теоретических кривых становления магнитного поля                         | 44   |
| § 9. Максимальная разрешающая способность кривых становления магнитного поля         | 49   |
| § 10. Об эквивалентности кривых становления магнитного поля                          | 50   |
| <b>Глава III. Аппаратура</b>   | 52   |
| § 1. Регистрация становления магнитного поля   | 52   |
| § 2. Соотношение помех и полезного сигнала   | 53   |
| § 3. Блок-схема аппаратуры метода становления магнитного поля                        | 55   |
| § 4. Генераторная аппаратура   | 56   |
| § 5. Измерительная аппаратура  | 57   |
| § 6. Особенности работы преобразователей   | 69   |
| § 7. Наладка усилителей  | 74   |
| § 8. Устройство для нанесения синхронных марок времени                               | 75   |
| § 9. Оборудование  | 77   |

|  | Стр.       |
|--|------------|
| <b>Гла ва IV. Методика полевых работ и основы интерпретации . . . . .</b>  | <b>79</b>  |
| § 1. Методика полевых работ . . . . .  | 79         |
| § 2. Построение кривых кажущегося удельного сопротивления $\rho_s$ . . . . .   | 81         |
| § 3. Топографо-геодезические работы . . . . .  | 82         |
| § 4. Запись, обработка и графическое изображение результатов полевых наблюдений . . . . .  | 83         |
| § 5. Основные технико-экономические показатели . . . . .   | 81         |
| § 6. Основы интерпретации конечной стадии становления магнитного поля . . . . .  | 85         |
| § 7. Использование данных электрического каротажа . . . . .  | 88         |
| § 8. Искажения кривых становления магнитного поля . . . . .  | 89         |
| § 9. Перспективы использования метода становления магнитного поля для решения задач структурной геологии . . . . .   | 90         |
| <b>Литература . . . . .</b>  | <b>95</b>  |
| <b>Приложение 1 Таблица гиперболических и обратных гиперболических функций комплексного аргумента для расчета волновых кривых становления поля . . . . .</b> | <b>96</b>  |
| <b>Приложение 2. Типичные трехслойные и четырехслойные волновые кривые становления поля . . . . .</b>  | <b>162</b> |
| <b>Приложение 3. Номограмма для определения <math>\eta</math>-поправки за недивольность питирующей линии . . . . .</b>                                       | <b>175</b> |
| <b>Приложение 4. Формы полевых журналов . . . . .</b>  | <b>176</b> |



**Л. Л. Ваньян, Л. З. Бобровников**  
**ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА ПО МЕТОДУ СТАНОВЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

Редактор А. Ш. Богданов

Редактор издательства Т. Н. Борушко

Технический редактор В. В. Быкова, А. Г. Иванова . Корректор Л. А. Столярова

Сдано в набор 31/VIII 1962 г.

Формат бумаги 60×90<sup>1/2</sup> . . . . .

Г 00484

Бум. л. 5,75

Тираж 4000 экз.

Подписано к печати 5/III-63 г.

Печ. л. 11,5

Уч.-изд. л. 13,14

Зак. 791

Цена 48 коп.

Картфабрика Госгеолтехиздата  
Ленинград, В-26, 19 линия, дом 30

**46 коп.**