

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Общественностное научно-методическое отделение
Алексахин Ю.И., Молодоженцев А.Ю.

БЗ-9-89-835

Формирование и транспортировка релятивистского
потока в пушках с полупрозрачной анодной сеткой.

19. 12. 89

г.Дубна, 1989 год.



Решается задача синтеза источников брэгговских потоков с компенсированными абберациями. Один из возможных путей решения задачи рассмотрен в работе /1/, в которой сформулирован негеометризованный способ описания безвихревых релятивистских потоков и на его основе развита параксиальная теория высшего порядка.

Описанный в работах /1,2/ подход к синтезу источников сплошных осесимметричных релятивистских пучков с незамкнутым катодом дает возможность решить задачу формирования безвихревого релятивистского потока.

Как указывалось в работе /2/ одна из особенностей используемого метода состоит в привлечении ортогональной системы координат

q_i , $i = 1, 2, 3$, не связанной, в принципе, с трубками тока, но в которой обязательно поверхность катода является одной из координатных поверхностей (выберем ее в качестве поверхности $q_1 = 0$). Через q_2 обозначим поперечную координату, отсчитываемую от оси системы ($q_2 = 0$), а через q_3 - азимут, так что соответствующая функции Ламе есть радиус: $h_3 = r(q_1, q_2)$. Функции Ламе h_i , $i = 1, 2, 3$, должны удовлетворять всего двум соотношениям /1/, вытекающим из требований евклидовости пространства и ортогональности координатной сетки:

$$\frac{\partial}{\partial q_1} \left(\frac{1}{h_1} \frac{\partial h_2}{\partial q_1} \right) + \frac{\partial}{\partial q_2} \left(\frac{1}{h_2} \frac{\partial h_1}{\partial q_2} \right) = 0,$$

$$\left(\frac{1}{h_1} \frac{\partial h_3}{\partial q_1} \right)^2 + \left(\frac{1}{h_2} \frac{\partial h_3}{\partial q_2} \right)^2 = 1. \quad (I)$$

Координатные линии $q_1 = \text{const}$ (в том числе сечение катода) на плоскости цилиндрических координат (r, z) определяются уравне-

ИЗЫВАЕМ

$$z = q_1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n(q_1) r_{i0}^{2n}, \quad (2)$$

коэффициенты в котором, с учётом равенств $r = h_3$ и (I), выражаются через осевые значения функций Ламе и их производных:

$$a_n(q_1) = -\frac{1}{(2n)!} \left[\left(\frac{1}{\frac{\partial h_3}{\partial q_2}} \cdot \frac{\partial}{\partial q_2} \right)^{2n-1} \cdot \frac{1}{h_1} \cdot \frac{\partial h_3}{\partial q_1} \right]_{q_2=0}. \quad (3)$$

Следуя параксимальному методу, представим функции Ламе в виде рядов по степеням поперечной координаты q_2 :

$$h_i = \sum_{n=0}^{\infty} h_{in}(q_1) q_2^{2n}, \quad i = 1, 2$$

$$h_3 = \sum_{n=0}^{\infty} h_{3n}(q_1) q_2^{2n+1}. \quad (4)$$

Равенства (I) приводят к соотношениям /I/:

$$\begin{aligned} h_{20} = h_{30} = \lambda, \quad h_{11} = -\frac{1}{2} \lambda \lambda', \\ h_{21} = 3h_{31} + \frac{1}{2} \lambda \lambda'^2, \quad \dots \end{aligned} \quad (5)$$

где штрихом обозначено дифференцирование по q_1 .

Ограничиваясь параксимальной теорией второго порядка, в рядах (4) следует удерживать по два члена; соотношения (5) уменьшают число независимых коэффициентов до двух (λ и h_{31}). Линии $q_1 = \text{const}$ в этом случае есть параболы четвертого порядка с коэффициентами

$$\begin{aligned} a_1 &= -\lambda' / 2\lambda, \\ a_2 &= -\frac{1}{4\lambda^3} \left[\lambda \left(\frac{h_{31}}{\lambda} \right)' + \frac{1}{4} \lambda' (\lambda^2)'' \right]. \end{aligned} \quad (6)$$

Форму катода будем задавать с помощью двух параметров - радиуса кривизны на оси R_c и фактора g , характеризующего отклонение поверхности катода от параболоида вращения ($g = 0$) и равного единице для сферы, так что

$$a_1^{(0)} = \frac{1}{2R_c}, \quad a_2^{(0)} = g a_1^{(0)3}, \quad (7)$$

где верхний индекс "0" указывает значение величин на катоде ($q_1 = 0$) а нижний - на оси системы ($q_2 = 0$). При заданной форме катода функции $\lambda(q_1)$, $h_{31}(q_1)$ должны обеспечивать выполнение равенств $a_{1,2} \Big|_{q_1 \rightarrow 0} = a_{1,2}^{(0)}$, а в остальном их выбор произволен. В частности, можно потребовать $\lambda' \Big|_{q_1 \rightarrow \infty} = h_{31} \Big|_{q_1 \rightarrow \infty} = 0$. Переход от криволинейной системы координат к цилиндрической в рассматриваемом приближении осуществляются по формулам:

$$\begin{aligned} r(q_1, q_2) &= h_3(q_1, q_2) = q_2 (\lambda + h_{31} q_2^2), \\ z(q_1, q_2) &= q_1 + a_1 \lambda^2 q_2^2 + \\ &\quad + \lambda (\lambda^3 a_2 + 2 h_{31} a_1) q_2^4. \end{aligned} \quad (8)$$

1.2. Нормализованные переменные.

В данной работе рассматривается не только задача формирования безвихревых релятивистских потоков в катод - анодном зазоре, но и задача транспортировки пучка в трубе дрейфа, торцевая сетка которой является анодом. Сетка имеет конечную толщину, прозрачность ее будем характеризовать коэффициентом $\rho_a \leq 1$.

Основными характеристиками, используемыми для описания безвихревых потоков, являются /1/: безразмерный импульс $\vec{\eta} = \vec{p}/mc$, m - масса покоя частиц, c - скорость света; релятивистский фактор массы $\gamma = \sqrt{1 + \vec{\eta}^2}$; локальное значение плазменной частоты $\omega_c = \sqrt{4\pi e \rho / m \gamma}$, где ρ - плотность заряда, а также функция тока

$$\psi(q_1, q_2) = \frac{1}{2} \int_0^{q_2} \eta_1 x^2 h_2 h_3 dq_2, \quad (9)$$

равная отношению к $I_0 = mc^3/e$ ($I_0 = 17 \text{ кА}$ для электронов) полному току через поверхность, ограниченную контуром $q_1 = \text{const}$, $q_2 = \text{const}$.

Единицей измерения длины выберем величину

$$\chi_0 = \left(8\pi j_{z0} / I_0 \right)^{-1/2}, \quad (10)$$

связанную со значением плотности тока эмиссии в центре катода j_{z0} , исключая тем самым это значение из числа задаваемых параметров.

Под q_1 , $h_{2,3}$ будем далее подразумевать отношения соответствующих размерных величин к χ_0 . Не ограничивая общности, положим

$\lambda^{(0)} = 1$. Требуя аналитичность характеристик потока вблизи оси получаем, что параксиальное разложение поперечных компонент импульса содержит только нечетные степени q_2

$$\eta_i = \sum_n \eta_{in} q_2^{2n+1}, \quad i=2,3$$

а величины η_1 , γ , ψ , x - только четные:

$$\eta_1 = \sum_n \eta_{1n} q_2^{2n}, \quad \gamma = \sum_n \gamma_n q_2^{2n}, \quad \psi = \sum_n \psi_n q_2^{2n+2}.$$

Вводя функции $\theta(q_1)$, $\tau(q_1)$, первая из которых пропорциональна приведенному радиусу пучка $^{1/3}$, а вторая характеризует отклонение от параксиальности, т.е. абберации системы, разложение x представим в виде

$$x = \frac{1}{\sqrt{2} \chi_0 \theta} \left(1 + \tau q_2^2 \right) \sqrt{\rho a}. \quad (11)$$

Безразмерную индукцию магнитного поля определим так

$$b \equiv - \frac{e B_1 \chi_0}{m c^2} = \frac{1}{h_2 h_3} \frac{\partial}{\partial q_2} (h_3 \eta_3). \quad (12)$$

1.3. Уравнения потока в катод - анодном зазоре.

Из определений γ и ψ следуют соотношения из первых коэффициентов :

$$\gamma_0^2 = 1 + \eta_{10}^2, \quad \psi_0 = \frac{\eta_{10} \lambda^2}{8\theta^2} Pa. \quad (13)$$

Подстановка параксимальных разложений в уравнения безвихревого ламинарного потока приводит к уравнению отгибавшей (при выполнении требования $I_b \ll I_A$, I_A - ток Альфена, $I_A = \gamma \beta m c^3 / e$)

$$\eta_{10}^2 \frac{(3 + \eta_{10}^2)}{(1 + \eta_{10}^2)} = \frac{1}{\theta^2} - b_0^2 - 4\eta_{10}^2 \frac{\theta''}{\theta}. \quad (14)$$

которое связывает осевые значения импульса, магнитного поля и приведенный радиус пучка, а также к выражениям для коэффициентов высших порядков $1/n$ с учетом прозрачности анодной сетки Pa :

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{1}{4} \left[\frac{\lambda^2 \gamma_0 Pa}{2\theta^2} - (\lambda^2 \gamma_0')' \right], \\ \gamma_2 &= \frac{1}{16} \left[\frac{\lambda^2 \gamma_1 Pa}{2\theta^2} - (\lambda^2 \gamma_1')' \right] + \frac{1}{4} \gamma_1 \left(\frac{3h_{21} - h_{31}}{\lambda} - \right. \\ &\left. - 3h_{11} \right) + \frac{\lambda^2 \gamma_0 Pa}{16\theta^2} (\tau + h_{11}) - \frac{\lambda^2 \gamma_0'}{16} \left(\frac{h_{21} + h_{31}}{\lambda} - h_{11} \right)', \\ \eta_{11} &= -\eta_{10} h_{11} + \psi_0 - 2 \frac{(\theta^2 \psi_0')'}{Pa}, \\ \frac{2\psi_1}{\psi_0} &= 2\tau + \frac{h_{21} + h_{31}}{\lambda} + \frac{\eta_{11}}{\eta_{10}}, \\ \eta_{31} &= \frac{1}{8} \left[\frac{\eta_{30} \lambda^2 Pa}{2\theta^2} - \lambda (\lambda \eta_{30})'' \right] - \\ &- \frac{1}{2} \eta_{30} \left(h_{11} + \frac{h_{31} - h_{21}}{\lambda} \right), \end{aligned} \quad (15)$$

и к дифференциальному уравнению для абберационной функции:

$$\begin{aligned} & \eta_{10}^2 \psi_0 \alpha_0^2 \left[\frac{1}{\alpha_0^2} \left(\frac{\tau}{\psi_0} \right)' \right]' + (\alpha_0^2 + f^2) \tau = - \frac{1}{2} \left(\frac{\mu_1}{\mu_0} + \frac{\eta_{11}}{\eta_{10}} \right) f^2 + \\ & + \frac{1}{4} \lambda' (\lambda' - \lambda \chi) f^2 + \frac{1}{8} \lambda^2 \alpha_0^2 (\beta - f)^2 (1 - \mu_0^2 \alpha_0^2) + \\ & + \frac{1}{8} [\lambda^2 \beta' (\beta' - f') - \beta (\lambda^2 \beta')'] - \gamma_0' (\gamma_1' - \gamma_0' h_{11}) - \frac{2\gamma_1'^2}{\lambda^2} + \\ & + \eta_{10} (\eta_{11} - \eta_{10} h_{11}) \left[2\alpha_0 \left(\frac{1}{\alpha_0} \right)'' + \sigma \chi \right] + \eta_{10}^2 \sigma (h_{11}' - \chi h_{11}') \quad (I6) \\ & + \frac{2}{\lambda^2} \left(\eta_{11} + \frac{1}{4} \lambda \lambda' \eta_{10} \chi \right)^2 + \frac{3}{2} \eta_{10}' (\eta_{11}' - \eta_{10}' h_{11}' - \eta_{10} h_{11}' \chi) + \\ & + \frac{2}{\lambda^2} \left(\eta_{11} + \frac{1}{4} \lambda \lambda' \eta_{10} \chi - \psi_0 - \frac{1}{4} \mu_0 \alpha_0^2 \lambda^2 (\beta - f) \right)^2, \end{aligned}$$

$$\mu_1 = \text{const} \cdot \psi_0,$$

где $f = \mu_0 \alpha_0^2 \eta_{10} = \beta - 2\eta_{30} / \lambda$, $\lambda = h_{20}$, $\beta = e V_{10} / mc^2$,
 V_{10} - продольная компонента магнитного поля, $\alpha_0^2 \approx 4I / (I_0 \eta_{10} R^2)$.
 I - ток пучка, R - радиус пучка, $\chi = \psi_0' / \psi_0$, $\sigma = \alpha_0' / \alpha_0$.

В рассматриваемом втором порядке параксиальной теории соотношения (I2) - (I6) дают полное описание потока.

I.4. Алгоритм решения внутренней задачи в катод - анодном зазоре.

В качестве условий на катоде рассмотрим режим ограничения тока эмиссии пространственным зарядом, при котором $\vec{\eta}^{(0)} = 0$, $\gamma^{(0)} = 1$, $\gamma'^{(0)} = 0$. Совместно с требованием конечности ψ эти условия приводят к равенству $\psi'^{(0)} = 0$, что означает отсутствие тангенциальной составляющей плотности тока на катоде /1/.

Данная совокупность условий позволяет установить функциональный вид характеристик потока вблизи катода. Соответствующие асимптотические выражения можно использовать, чтобы описать поведение потока

в катод - анодном зазоре.

Известно /7/, что характеристики потока являются аналитическими функциями агрегата

$$u = \left(\frac{3}{2} q_1\right)^{1/3} \quad (17)$$

Учитывая требования $\gamma_0^{(0)} = 1$, $\gamma_0^{(1(0))} = 0$, будем искать функции $\gamma_{10}(q_1)$, $\Theta(q_1)$ в виде рядов

$$\gamma_{10} = \sum_{n=0}^{\infty} e_n u^{n+2}, \quad \Theta = \sum_{n=0}^{\infty} t_n u^{n+1} \quad (18)$$

Как указывается в работе /2/ подстановка разложений (18) в уравнение (14) и приравнивание членов с одинаковыми степенями u даст по одной связи для каждой пары коэффициентов e_n , t_n . Из условия $\gamma_k^{(0)} = \gamma_k^{(1(0))} = 0$ следует вторая связь для коэффициентов с $6k-4 \leq n < 6k$. Поскольку в выражение для γ_k входит коэффициент разложения плазменной частоты \mathcal{E}_{k-1} , в рассматриваемом порядке теории могут быть определены коэффициенты с $n < 12$. Для $n = 6k-6$, $6k-5$ получаемые таким образом пары уравнений линейно - зависимы. Из требования $\psi_{k-1}^{(0)} = 0$ определяется второе независимое соотношение для $n = 6k-5$. Неопределены остаются только коэффициенты t_{6k} , $k = 1, 2, \dots$.

На ЭВМ ЕС-1061 с помощью системы программирования REDUCE (версия 3.2), которая относится к универсальной системе для аналитических вычислений (САВ) /8/, все характеристики потока представлены в виде рядов (18). Свободными в них являются коэффициенты a_1 , a_2 которые связаны с формой катода (7), и t_6 , t_{12} . В приложениях I выписаны соответствующие выражения. Выбор радиуса кривизны катода R_c однозначно определяет величину коэффициента a_1 . Значения коэффициентов a_2 , t_6 , t_{12} должны удовлетворять на аноде требованиям

$$\gamma_1(x_a) = \gamma_2(x_a) = 0, \\ (\psi_0' / \psi_0) \Big|_{x_a} = A = \text{const}.$$

2. Транспортировка пучка в трубе дрейфа.

В данной работе рассматривается важный для практики случай формирования брелльезновского потока в продольном магнитном поле, монотонно стремящемся при $\varphi_L \rightarrow \infty$ к конечному значению b_f . Для согласования транспортируемого пучка с внешним магнитным полем b_f необходимо, чтобы пучок в трубе дрейфа имел строго определенный брелльезновский радиус, при котором пульсации границы пучка отсутствуют. Как известно из анализа пучка Брелльезна ^{/9/} ток пучка I , радиус a и потенциал ϕ_0 на оси пучка связаны индукцией внешнего магнитного поля B соотношением:

$$I = 1,46 \times 10^6 (Ba)^2 \phi_0^{1/2},$$

или в безразмерных величинах:

$$k_{\text{согл.}} / \chi_0 = \frac{1}{b_f} \sqrt{\frac{8I}{I_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\eta_{0f} Pa}}, \quad (19)$$

где χ_0 - единица измерения длины (10), I - ток пучка в трубе дрейфа, Pa - прозрачность анодной сетки, η_{0f} - величина безразмерного импульса на оси пучка, $I_0 = m_0 c^3 / e = 17 \text{ кА}$ для электронов. Как известно, для учета собственного заряда пучка, находящегося в цилиндрической камере длины L и радиуса R , необходимо найти точное решение уравнения Пуассона через соответствующую функцию Грина. Для аксиально - симметричного распределения заряда в камере, стенки которой находятся под нулевым потенциалом, имеем ^{/4/}

$$\varphi(r, x) = \int_0^R dr' r' \int_0^L dx' G(r', x'; r, x) \rho(r', x'), \quad (20)$$

где x отсчитывается от края трубы дрейфа, ρ - плотность заряда, деленная на ϵ_0 и ^{/5/}:

$$G(r', x'; r, x) = \frac{2}{R} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0(\lambda_n r'/R) J_0(\lambda_n r/R)}{\lambda_n J_1^2(\lambda_n)} \times \frac{\text{sh} \{ \lambda_n [L - \max(x, x')] / R \} \text{sh} [\lambda_n \min(x, x') / R]}{\text{sh} (\lambda_n L / R)} \quad (21)$$

здесь J_0, J_1 - функции Бесселя первого рода и $\lambda_n (n=1, 2, \dots)$ - нули $J_0 (J_0(\lambda_n) = 0)$. Если камера достаточно длинная $\lambda_1 L / R \gg 1$, т.е. $L / R \gg 1/2, 4$, то множитель с гиперболическими синусами в (17) упрощается до вида

$$(\exp[-\lambda_n |x+x'|/R] - \exp[-\lambda_n |x-x'|/R]) / 2. \quad (22)$$

В решаемой здесь задаче удовлетворяется требование $L / R \gg 1/2, 4$, поэтому интегрируя уравнение (17) с учетом конкретного вида функции Грина для безразмерной энергии осевого электрона получаем зависимость от продольной координаты x вида

$$\gamma_0(x) = \gamma_{0f} + \frac{8I_b}{I_0} \frac{R}{r(x)} \frac{1}{\beta(x)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^3} \frac{J_1(\lambda_n \frac{r(x)}{R})}{J_1^2(\lambda_n)} \quad (23)$$

$$\times \exp(-\lambda_n x/R),$$

$$\gamma_{0f} = \gamma_0(x=0) - \frac{I_b}{I_0} \frac{1}{\beta_f} \left[1 + 2 \ln \left(\frac{R}{r_f} \right) \right], \quad (24)$$

здесь I_b - ток пучка в трубе дрейфа; R - радиус трубы дрейфа; $r(x)$ - радиус пучка; $\beta(x) = v/c = \sqrt{\gamma_0^2 - 1}$; $\gamma_0 = \eta_0 / \gamma_0$ - безразмерная скорость; $\gamma_{0f}, \beta_f, r_f$ - величины на расстоянии $x_f \gg R / \lambda_1$ от анода.

Очевидно, что в связи с "провисанием потенциала" внутри заряженного потока частиц существует предел для тока, транспортируемого по трубе радиуса R [6]:

$$I_{lim} \approx I_0 \frac{(\gamma_0^{2/3} - 1)^{3/2}}{2 \ln(R/r_b)} \quad (25)$$

здесь r_b - радиус пучка, γ_0 - безразмерная энергия заряженных частиц до влета в трубу дрейфа.

Так, при $\gamma_0 = 1.4$, $R/r_b = 2$ предельный ток

$I_{lim} \approx 0,091 I_0 \approx 1,55 \text{ кА}$. Если стремиться получить хорошую компрессию пучка в трубе дрейфа, то нужно помнить об уменьшении величины

предельного тока пучка по мере сжатия его в трубе с постоянным радиусом. Особенно это важно для низкоэнергетичных пучков.

Таким образом, условия согласования пучка с внешним магнитным полем (19) и "запирания" пучка собственным зарядом (25) фактически полностью определяют параметры пучка, внешнего магнитного поля и радиус трубы дрейфа.

Для согласования пучка с вдуемым магнитным полем, создаваемым соленоидом, может быть использована магнитная линза конечной длины, расположенная на некотором расстоянии от торца трубы дрейфа с анодной сеткой. Поток частиц в катод - анодном зазоре считается безвихревым, поэтому это расстояние должно быть достаточно большим. Магнитное поле такой линзы на оси получается интегрированием магнитного поля витка с током по длине линзы, тогда

$$b_0(x) = b_0^{\max} \frac{\sqrt{(2R)^2 + b^2}}{2b} \left[\frac{(b-2x)}{\sqrt{(2R)^2 + (b-2x)^2}} + \frac{(b+2x)}{\sqrt{(2R)^2 + (b+2x)^2}} \right] \quad (26)$$

где x отсчитывается от середины магнитной линзы; b - ее длина, R - внутренний радиус магнитной линзы, равный радиусу трубы дрейфа; $b_0^{\max} = b_0(x=0)$ - максимальное значение магнитного поля линзы

$$b_0^{\max} = - \frac{e V_{\max} X_0}{m_0 c^2} \quad ,$$

$$V_{\max} = 4\pi \frac{IN}{c \sqrt{(2R)^2 + b^2}} \quad (27)$$

где I - ток в обмотке, N - число витков, c - скорость света.

С помощью короткой магнитной линзы и соленоида можно осуществить и компрессию транспортируемого в трубе дрейфа пучка, если ток и радиус пучка при этом не превышают некоторого предельного значения (25).

Для описания магнитного поля соленоида используется некоторое модельное представление.

3. Анализ aberrаций пучка.

Введем некоторую функцию $Q = z/\psi_0$. Полученное уравнение (16) относится к классу дифференциальных уравнений второго порядка с переменными коэффициентами типа: $y'' + a(x)y' + b(x)y = c(x)$.

Рассматриваемое дифференциальное уравнение можно решить методом Гунтера - Кутты, но тогда возможно экспоненциальное накопление ошибок вычета.

В работе использован другой способ решения уравнения, основанный на его гамильтоновой форме, т.е. сводится к системе дифференциальных уравнений типа:

$$p = mQ' \quad , \quad p' = f(Q) \quad .$$

Используя описанный алгоритм можно проанализировать aberrации (Q) как в катод - анодной области, где необходим учет геометрии, так и в области трубы дрейфа, где $\lambda = 1$, $h_{11} = 0$. При переходе через анодную сетку необходимо выполнить условия сшивки решений, которые получены из требований эквипотенциальности сетки, непрерывности компонент импульса $\vec{\eta}$, непрерывности тока с учетом конечной прозрачности сетки и из соответствующих параканальных разложений. Значком "-" обозначим величины до сетки, значком "+" величины после сетки.

Условия непрерывности следующие:

$$\begin{aligned} \eta_{10}^- &= \eta_{10}^+ \quad ; \quad (z/\lambda_a^2)^- = z^+ \quad ; \quad (\eta_{11}/\lambda_a^2)^- = \eta_{11}^+ \quad ; \\ (\psi_0'/\psi_0)^- &= (\psi_0'/\psi_0)^+ \quad ; \quad \Theta^- = \Theta^+ \quad ; \quad (28) \\ (\psi_0/\lambda_a^2)^- &= \psi_0^+ \quad ; \quad (\psi_1/\lambda_a^2 \psi_0)^- \approx (\psi_1/\psi_0)^+ \quad , \end{aligned}$$

если считать, что в трубе дрейфа всяду цилиндрическая система координат, а также

$$Q^- = P_a Q^+ ,$$

$$(Q')^+ = (Q')^- + \left(\frac{\eta_{11}^-}{2 \psi_0^- \eta_{10}^-} \right)' - \left(\frac{\eta_{11}^+}{2 \psi_0^+ \eta_{10}^+} \right)' , \quad (29)$$

необходимые для решения абберационного уравнения.

4. Алгоритм программы "FOIL" .

4.1. Особенности построения программы.

Программа "FOIL" состоит из двух программ "CAT" и "TUBE" , связанных через процедуру OVERLAY , что позволяет существенно сократить требуемую программой память, т.к. сначала загружается программа "CAT" , затем вместо "CAT" подключается "TUBE" . Программы "CAT" и "TUBE" связаны только шестью значениями общих параметров. Программы работают в интерактивном режиме, что позволяет активно влиять на их работу во время счета, придает программе гибкость. На рис.1 показано дерево построения программы "FOIL" .

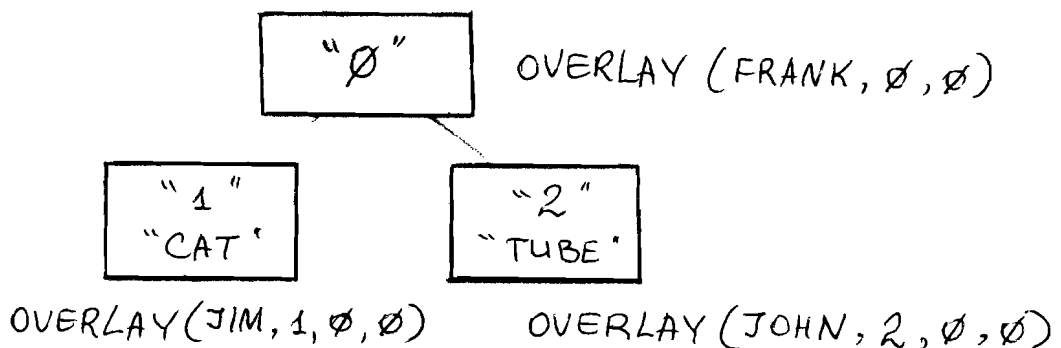


Рис.1.

4.2. Программа "CAT" .

На рис.2 изображена блок - схема программы "CAT" .

Основные идентификаторы:

$AL(I)$, $I = 1, 4$ - массив, содержащий коэффициенты разложения $\lambda(x)$ (5) в ряд Тейлора, т.е. $\lambda(x) \approx 1 + \sum_{n=1}^4 AL_n x^n / n!$;

- $\text{COT}(I)$, $I = I, I0$ - массив, содержащий значения коэффициентов t_{i+2} ($i = I, I0$), причем $t_1 = t_2 = 0$;
- G_{MF} - энергия осевых электронов на сетке ;
- BK - величина магнитного поля на катоде ;
 $BK = 0$ в данной программе ;
- PQ - прозрачность сетки ;
- X/N - величина анод - катодного зазора ;
- $A1 \equiv a_1$, $A2 \equiv a_2$ - коэффициенты, определяющие геометрию катода (7) ;
- $PLX \equiv (\psi'_0 / \psi_0) \Big|_{x_a}$ - является задаваемой величиной ;
- $TKA \equiv \theta_a$ - значение отгибающей пучка на анодной сетке ;
- $ET(I)$, $I = I, I2$ - коэффициенты разложения η_{10} , определяемые по формулам (24) и (II.1) ;
- $TEI(I)$, $I = I, I2$ - коэффициенты разложения θ , определяемые по формулам (24) и (II.2) ; $EE(I) = \eta_{10}(x)$ в катод - анодном зазоре ; $G_{X0}(I) \equiv \gamma_0(x)$, $G_{X1}(I) \equiv \gamma_0'(x)$, $G_{X2}(I) \equiv \gamma_0''(x)$;
- $PS(I)$, $I = I, 9$ - коэффициенты разложения ψ , определенные по формулам (II.3) ; $RADCAT$ - радиус катода , является задаваемой величиной ;
- $CURCAT$ - ток, снимаемый с катода ;
- $VX\phi$ - единица измерения длины.

Описание действия программы "CAT" :

1. задаются некоторые значения расстояния между анодом и катодом и радиус кривизны катода, т.е. определяются величины X/N и $A1$;
 $A2$, $\text{COT}(4)$, $\text{COT}(I0)$ считаются для начала нулевыми ;
2. задается некоторое значение ψ'_0 / ψ_0 на анодной сетке (значение PLX) ;
3. как указывалось в разделе 2 , для определения неизвестных $A2$, $\text{COT}(4)$, $\text{COT}(I0)$ необходимо решить систему алгебраических уравнений:

$$\gamma_1(x/N) = 0 , \quad \gamma_2(x/N) = 0 , \quad (\psi'_0 / \psi_0) \Big|_{x/N} = PLX ,$$

где γ_1 , γ_2 , ψ_0'/ψ_0 представлены в виде соответствующих рядов по степеням $u = (\frac{3}{2} \chi_{in})^{1/3}$; данная процедура выделена в подпрограмму "MOUSE";

4. вблизи катода задача некорректна из-за бесконечной плотности заряда на его поверхности, поэтому в программе определяется величина отхода от поверхности катода (NIN); определяется количество отрезков разбиения катод - анодного промежутка (NCA);

5. с учетом найденных значений коэффициентов a_2 , t_0 , t_2 вычисляются коэффициенты разложения η_{10} в ряд по степеням u (П.1 по заданным значениям a_1 и χ_{in} (расстояние между катодом и анодом) определяется геометрия катод - анодного пространства, причем при $\chi = \chi_{in}$ ортогональная криволинейная координатная сетка катод - анодного зазора переходит в цилиндрическую;

6. по найденному значению $\eta_{10}(\chi_{in})$ вычисляется значение безразмерной энергии электрона на аноде γ_{0a} , причем должно выполняться условие $\gamma_{0a} = \gamma_0$, где γ_0 заданная энергия электронов на аноде; если условие не выполняется, то изменяется расстояние между катодом и анодом χ_{in} и повторяется П.1 ... П.6;

7. определяются коэффициенты разложения в ряд по степеням u отгибающей пучка $\theta(u)$ и значения θ , θ' , θ'' в точках катод - анодного промежутка;

8. проверяется выполнение условия $\gamma_1(\chi_{in}) = 0$, где все величины (15) представлены в виде соответствующих рядов;

9. как указывалось в работе /1/ характеристики потока являются аналитическими функциями агрегата $u = (\frac{3}{2} q_1)^{1/3}$ только вблизи катода, поэтому необходимо проверить правильность вычисленных характеристик потока; для этого решается дифференциальное уравнение на отгибающую, считая, что магнитное поле отсутствует, отгибающая $\theta(x)$ пучка

представлена в виде ряда :

10. определив характер $\gamma_{10}(x)$ через решение уравнения отбавшей, где $\Theta(x)$ - в виде ряда, вычисляется значение $\gamma_1(x_{in})$ (15);

если $\gamma_1(x_{in}) \neq 0$, необходимо скорректировать значения коэффициентов a_1, a_2, t_6, t_{12} ; наиболее сильным для γ_1 коэффициентом является t_6 ;

11. изменив t_6 необходимо переопределить $t_9 = t_{10}$, содержащее t_6 , а также величину катод - анодного зазора x_{in} для удовлетворения условия $\gamma_0(x_{in}) = \gamma_0$;

12. определив таким образом x_{in} , используя значения коэффициентов a_1, a_2, t_{12} и новое значение t_6 повторяются процедуры 7 + 11 до тех пор, пока не выполнится условие $\gamma_1(x_{in}) = 0$.

13. для оценки релакции со стороны катод - анодного зазора определяются значения $\psi_0(x_{in}), (\psi_0'/\psi_0)'_{x_{in}}, \Theta(x_{in})$, где x_{in} - координата нахождения сетки по оси симметрии системы;

14. просчет aberrаций в катод - анодном зазоре.

4.3. Программа "TUBE".

Программа учитывает собственный заряд пучка, транспортируемого в трубе дрейфа. Первый член ряда в уравнении (24) является определяющим, поэтому можно записать более удобную формулу для определения осевой энергии электрона в трубе:

$$\gamma_0(x) \approx \gamma_0(x=0) - \frac{I_b}{I_0} \frac{1}{\beta(x)} \left[1 + 2 \ln \left(\frac{R_{TP}}{r(x)} \right) \right] \times (1 - \exp(-\lambda_1 x / R_{TP})), \quad (30)$$

где λ_1 - нуль функции Бесселя $J_0(\lambda_1) = 0$; $\gamma_0(x=0)$ - энергия электронов на сетке, т.е. $\gamma_0(x=0) = \gamma_a$; $\beta(x) = v/c$ - безразмерная скорость электронов; R_{TP} - радиус трубы дрейфа; $r(x)$ - радиус транспортируемого пучка; I_b - ток пучка, $I_b = I_c / p_a$, I_c - ток снимаемый с катода, p_a - прозрачность сетки; $I_0 = m_0 c^3 / e$.

Магнитное поле на оси трубы дрейфа формируется соленоидом и магнитной линзой. Если магнитное поле линзы взято реальное (26) - (27), то магнитное поле соленоида - модельное.

В работе рассматривается важный для практики случай формирования брэмстрэмовского потока в продольном магнитном поле, монотонно стремящемся при $q_i \rightarrow \infty$ ($x \rightarrow \infty$) к конечному значению ϕ_f . Представим внешнее магнитное поле на оси трубы дрейфа без учета диамагнетизма в виде:

$$\phi_0(x) = \phi_f \operatorname{th} \left[a(x) \left(1 - \frac{x_B}{x_B + R_c} e^{-2x/x_B} \right) \right],$$

$$a(x) = x^2 / ((x+x_2)x_B), \quad (31)$$

где x_2 - длина квадратичного роста магнитного поля; x_B - длина фронта; R_c - радиус катода; x - некоторая переменная, причем $\phi_0(x \leq 0) = 0$; $\phi_f \equiv \phi_0(x \rightarrow \infty)$.

В программе "TUBE" решается с учетом собственного поля лучка, транспортируемого в трубе дрейфа, уравнение отгибающей (14), причем можно вводить и ненулевую величину нормализованного эмиттанса ξ_n . В этом случае уравнение отгибающей будет иметь вид:

$$\eta_{10}'^2 \frac{(3 + \eta_{10})^2}{(1 + \eta_{10})^2} = \frac{1}{\Theta^2} - \phi_0^2 - 4\eta_{10}^2 \frac{\Theta''}{\Theta} + \frac{4\eta_{10}^2}{(r_0 \Theta)^4} x_0^2 \xi_n^2, \quad (32)$$

где r_0 - некоторый характерный радиус.

Уравнение (14) решается относительно отгибающей Θ при некоторых $\eta_{10}(x)$, $\eta_{10}'(x)$, $\phi_0(x)$, поэтому необходимо определить начальные значения Θ_0 , Θ_0' .

Программа "TUBE" построена таким образом, что можно организовать решение уравнения отгибающей либо в направлении движения лучка в трубе дрейфа, что удобно при исследовании воздействия лучка на образцы различных материалов, т.к. не требуется согласования с ведущими

магнитным полем, либо в обратном направлении, что позволяет формировать и транспортировать пучок, согласованный с внешним магнитным полем.

Одним из частей программы "TUBE", связанную с формированием согласованного пучка. Для магнитного поля $b_0(x)$ вида (32) нетрудно заметить асимптотику при $x > x_f$ введя новую переменную

$$y = x - x_f :$$

$$b_0^{ac}(y) = b_f [1 - \varepsilon e^{-\alpha y}] , \quad (33)$$

где $\varepsilon = 2e^{-2x_f/x_B}$; $\alpha = 2/x_B$; x_f - конечная точка ,
 $b_0(x_f) = b_f$.

Из уравнения огибающей (14) при постоянном импульсе осевого электрона $\eta_{10} = \eta_{10f}$ для магнитного поля $b_0^{ac}(y)$ получается асимптотический вид огибающей пучка:

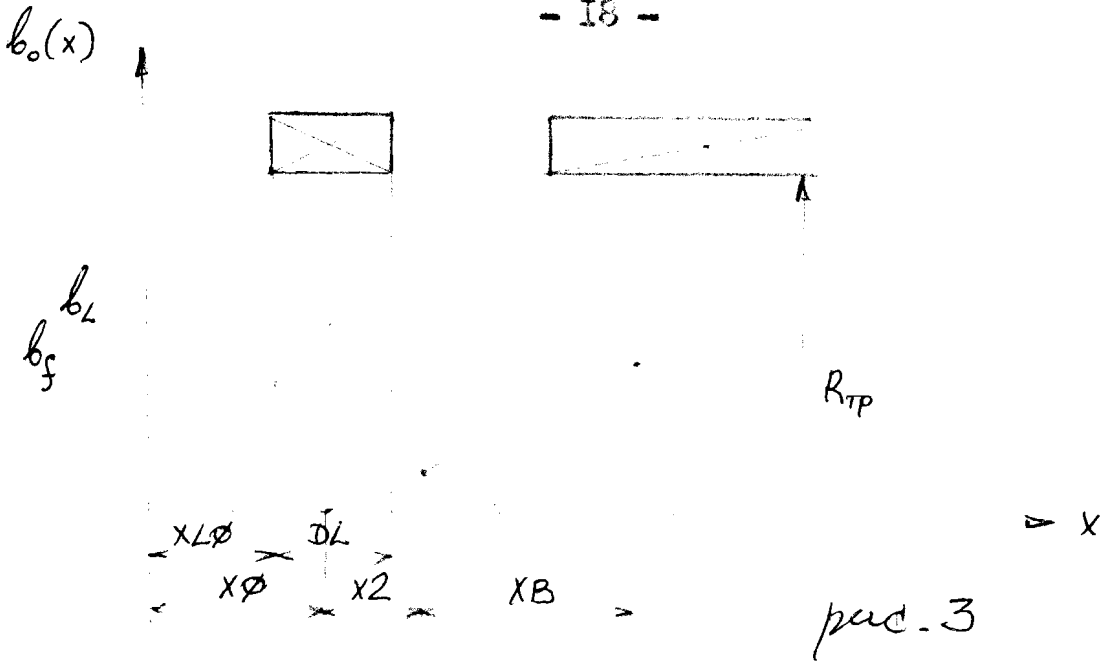
$$\Theta^{ac}(y) \approx \frac{1}{b_f} \left[1 + \frac{\varepsilon}{1 + 2 \left(\frac{\alpha \eta_{10f}}{b_f} \right)} e^{-\alpha y} \right] , \quad (34)$$

где $\eta_{10f} = \sqrt{\gamma_{0f}^2 - 1}$, откуда нетрудно определить и вид $\Theta^{1ac}(y)$

Параметры программы "TUBE" являются :

- PQ - прозрачность анодной сетки ;
- GMF - релятивистский фактор, определяющий энергию электронов на анодной сетке ;
- NST - число шагов с длиной шага ;
- RT - радиус трубы дрейфа ;
- ITS - ток пучка, снимаемый с катода.

На рис.3 изображены параметры магнитного поля.



Действия программы "TUBE" :

1. по величине тока лучка, транспортируемого в трубе дрейфа, по энергии электронов, по радиусу трубки дрейфа и величине внешнего магнитного поля определяется значение согласованного радиуса лучка r_f (19) ; при этом организуется итерация по энергии осевых электронов, т.к. необходимо учесть собственный заряд лучка ;
2. определяется энергия осевых электронов на расстоянии, где торцы трубки дрейфа не влияют на лучок (34), полагая $\beta_f \approx 1$; очевидно, что транспортировка электронов в трубе дрейфа возможна, если $\gamma_{of} > 1$
3. организуется итерационный поиск зависимости радиуса лучка от продольной координаты ; в качестве первого приближения полагаем, что радиус лучка в трубе дрейфа постоянен и равен согласованному значению $r(x) = r_f$, а энергии осевого электрона есть

$$\gamma_0(x) \approx \gamma_0(x=0) - \frac{I_b}{I_0} \frac{1}{\beta(x)} \left[1 + 2 \ln \left(\frac{R_{TP}}{r_f} \right) \right] (1 - e^{-\lambda_1 x / R_{TP}}),$$

- где λ_1 - нуль функции Бесселя $J_0(\lambda_1) = 0$; $\gamma_0(x=0) = \gamma_a$ - энергия осевых электронов на анодной сетке ; $\beta(x) \approx \sqrt{\gamma_a^2 - 1} / \gamma_a$;
4. определив таким образом $\gamma_0(x)$, а значит $\gamma_{10}(x)$, $\gamma'_{10}(x)$, решается уравнение отыскания относительно Θ , начальные условия выражаются согласно асимптотическому виду отыскания (34) ;

5. определив $\theta(x)$ вычисляется зависимость $r(x)$, используя соотношение $\theta(x) = \sqrt{\eta_{10}} \frac{r(x)}{R}$, где R - радиус катода;
6. для нового вида зависимости $r(x)$ определяется $\gamma_0(x)$ и вновь решается уравнение отыскания относительно θ при прежних начальных условиях; так итерации повторяются пока $\gamma_0(x_f)_{i+1} \approx \gamma_0(x_f)_i$ где x_f - конечная точка; i - номер итерации;
7. рассматривается удовлетворение условий ошибки (30); если эти условия не выполнены, то меняются параметры, связанные с внешним магнитным полем.

Блок - схема работы этой части программы "TUBE" показана на рис. 4.1. В качестве начальных условий при решении уравнения отыскания относительно θ можно использовать значения θ и θ' на сетке. Тогда изменяя параметры, связанные с внешним магнитным полем, можно добиться желаемого размера пучка на некотором расстоянии от сетки, но без согласования с магнитным полем.

5. Результаты счета программы "FOIL".

Рассмотрим следующую задачу. Необходимо получить согласованный с внешним магнитным полем соленоида. Распределение плотности заряда по сечению пучка желательно иметь постоянным. Энергия электронов на сетке $\gamma_a = 1.4$. Ток пучка, снимаемый с катода $I_d = 1$ кА. Радиус катода $R_k = 1$ см. Прозрачность анодной сетки $P_a = 0.6$.

Для получения пучка с требуемой энергией электронов на аноде и с заданным током, снимаемым с катода необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

1. катод выпуклый с радиусом кривизны

$$R_d = 5 \text{ см } (a_1 = -0.1);$$

2. расстояние между катодом и анодом

$$x_a = 0.85 \text{ см.}$$

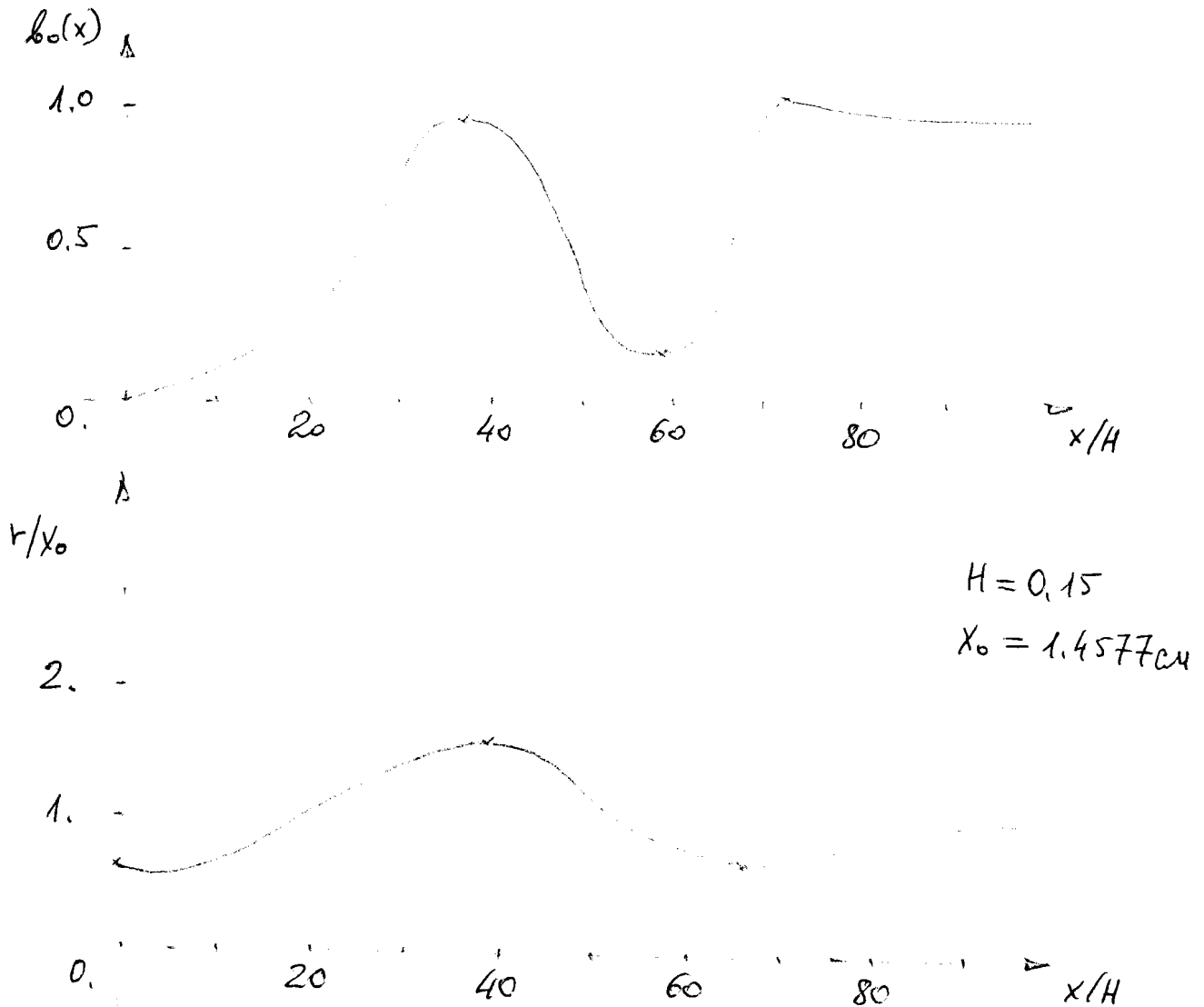
Согласуем полученный пучок с внешним магнитным полем в трубе дрейфа

радиуса $R_{\text{тр}} = 2.9$ см. Пусть поле соленоида на оси симметрии $B_0 = 1.017$ кГс, $X_0 \approx 12$ см, $X_B = 0.73$ см, $X_2 = 0.29$ см. Тогда для получения согласованного пучка необходимо использовать магнитную линзу с параметрами:

$$B_{z1} = 0.958 \text{ кГс}, \quad X_{01} = 4.66 \text{ см}, \quad L = 4.37 \text{ см}.$$

При этом радиус согласованного пучка $r_s = 1.33$ см, энергия осевого электрона на расстоянии $L \gg \lambda, R_{\text{тр}}$ $\gamma_{0f} = 1.9435$.

На рис. 4 показаны зависимости $b_0(x)$ и $r(x)$, полученные при указанных параметрах.



$$x_{\text{реал.}} = (x/H) \times H \times X_0$$

рис. 4

Приложение I.

Представление характеристик потока в виде аналитических функций

агрегата $u = \left(\frac{3}{2} q_1\right)^{1/3}$.

$$\begin{aligned} \eta_{10} = & u^2 + \frac{32}{45} a_1 u^5 + \frac{19}{126} u^6 + \left(-\frac{8}{5} t_6 + \frac{4292}{10125} a_1^2\right) u^8 + \\ & + \frac{4336}{14175} a_1 u^9 + \left(-\frac{19}{34650} b_k^2 + \frac{4507}{2182950}\right) u^{10} + \\ & + \left(-\frac{8312}{2475} t_6 a_1 + \frac{8101744}{15035625} a_1^3 - \frac{4736}{13365} a_2\right) u^{11} + \\ & + \left(-\frac{916}{1365} t_6 + \frac{1072454}{2764125} a_1^2\right) u^{12} + \\ & + a_1 \left(-\frac{104528}{70945875} b_k^2 + \frac{222064}{212837625}\right) u^{13} + \quad (II.1) \\ & + \left(\frac{32731}{20738025} b_k^2 - \frac{67}{19} t_{12} + \frac{281}{950} t_6^2 - \right. \\ & - \frac{30536024}{10580625} t_6 a_1^2 + \frac{25229898704}{64277296875} a_1^4 - \frac{120320}{457083} a_1 a_2 + \\ & \left. + \frac{17705981}{10451964600}\right) u^{14} = u^2 + u^4 \sum_{i=1}^{10} e_i u^i, \end{aligned}$$

здесь b_k - величина магнитного поля на катоде;

$$\begin{aligned} \theta = & u + \left(-\frac{44}{45}\right) a_1 u^4 + \left(-\frac{1}{126}\right) u^5 + t_6 u^7 + \\ & + \frac{22}{1575} a_1 u^8 + \left(-\frac{257}{34650} b_k^2 - \frac{4511}{1455300}\right) u^9 + \\ & + \left(\frac{392}{495} t_6 a_1 - \frac{286904}{3007125} a_1^3 + \frac{1856}{13365} a_2\right) u^{10} + \end{aligned}$$

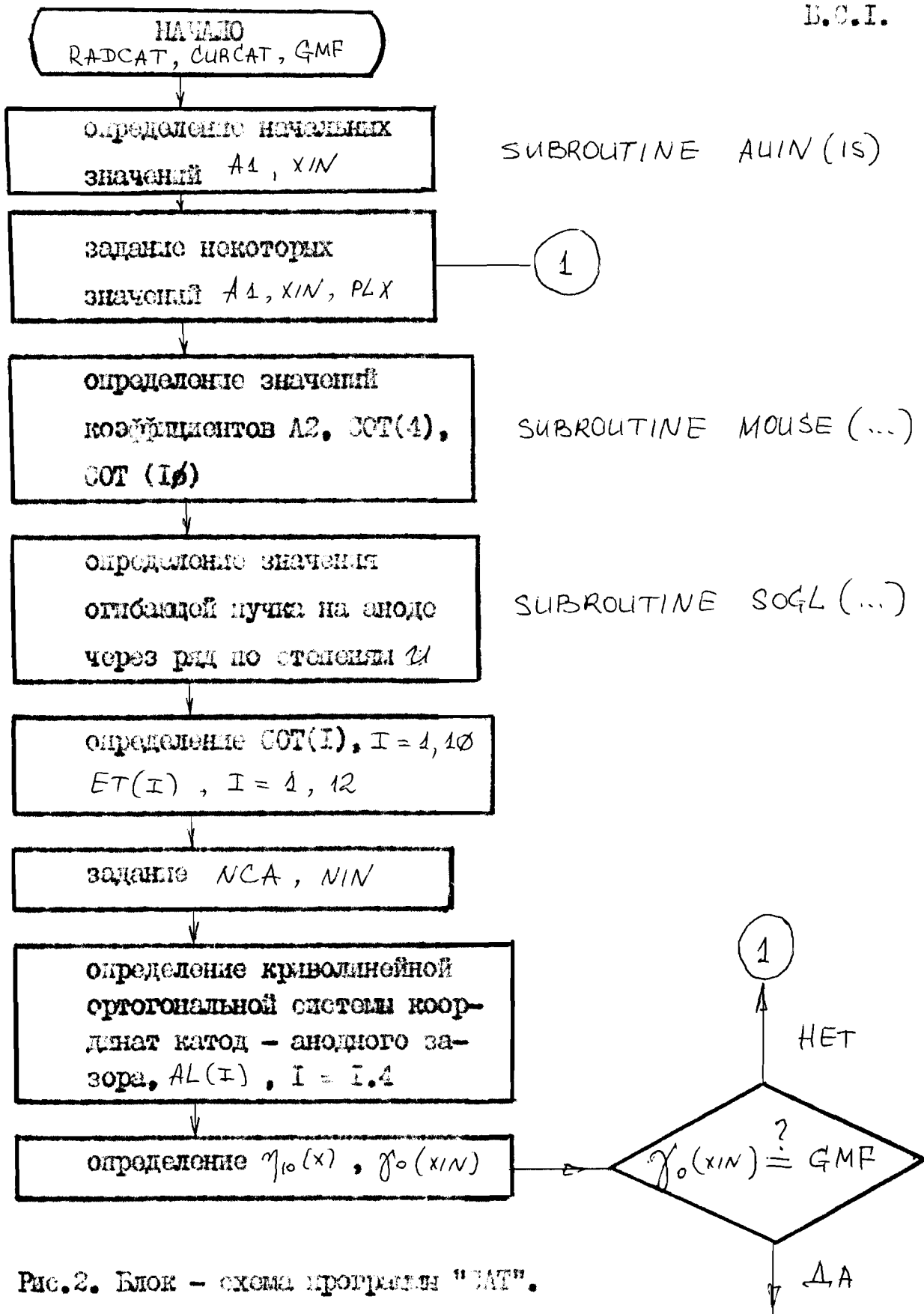
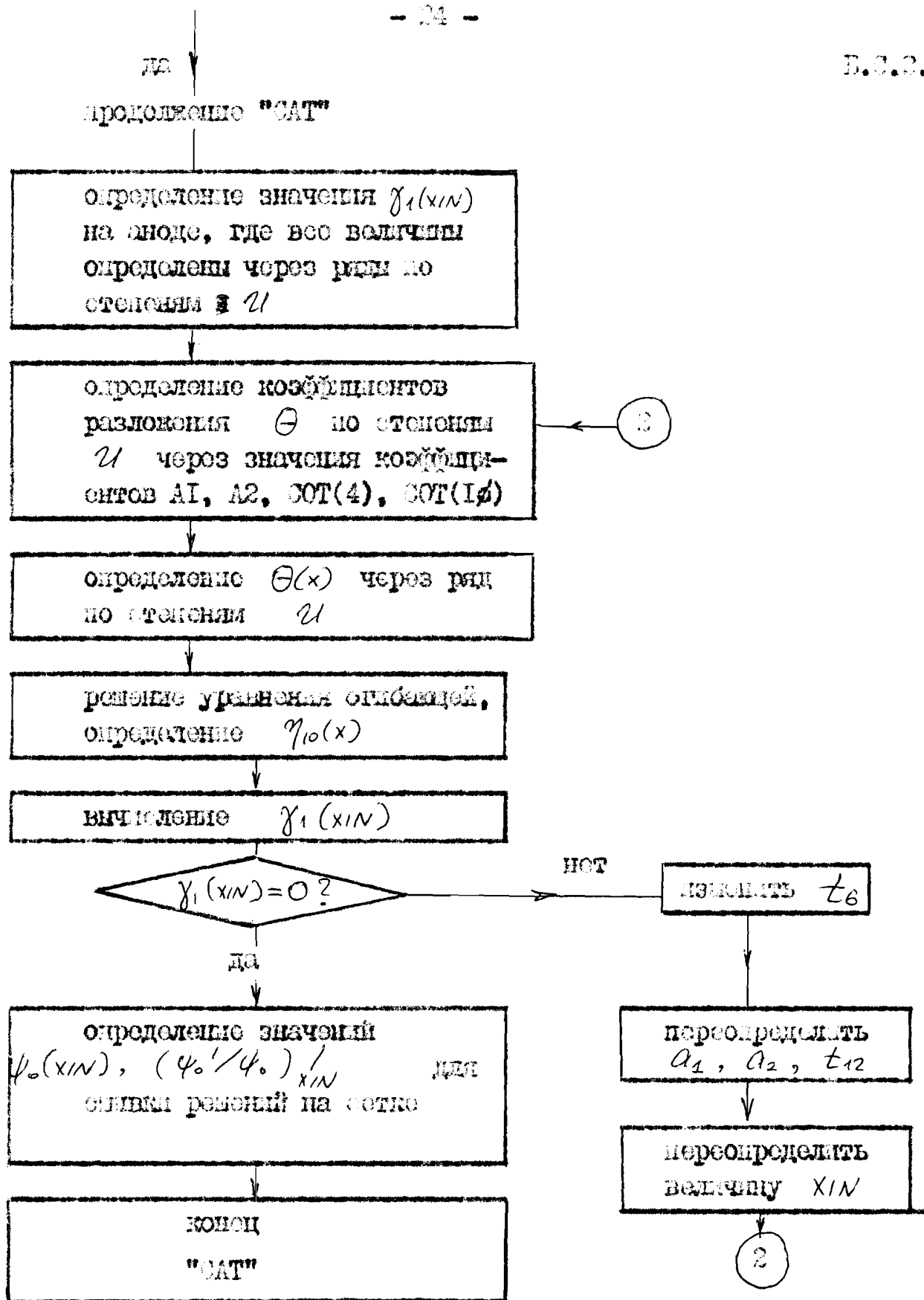


Рис.2. Блок - схема программы "CAT".



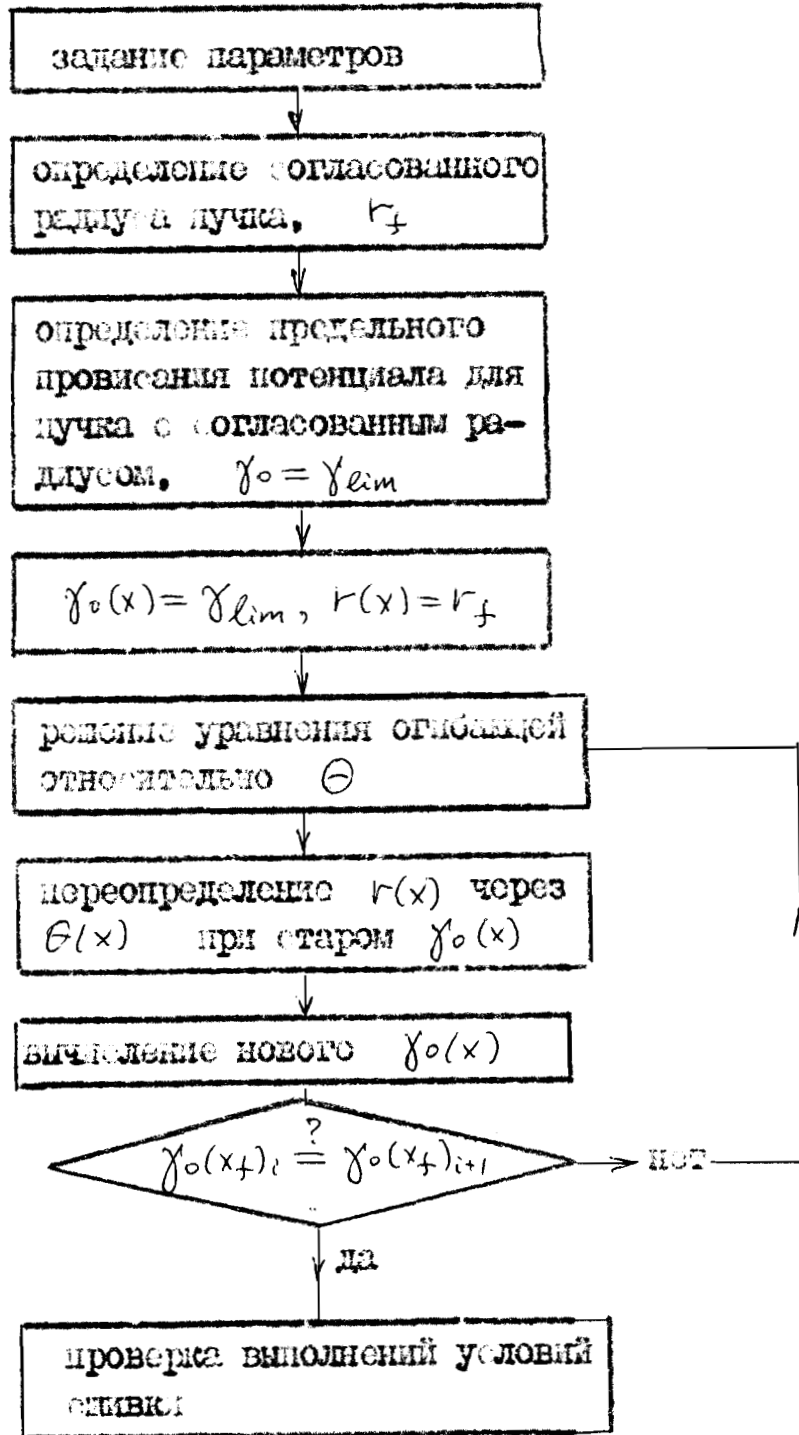


Рис.4.1.

Литература.

1. Алексахин В.И. ОИИИ Р9-85-271, Дубна, 1985.
2. Алексахин В.И. ОИИИ Р9-85-941, Дубна, 1985.
3. Алексахин В.И. ОИИИ Р9-84-619, Дубна, 1984.
4. Александр К., Хинтце В. - ФЭЧАМ, т.13, в.2, 1982.
5. Море Ф.М., Бенбах Г. Методы математической физики. М., Изд-во иностранной литературы, 1960.
6. Миллер Р. Введение в физику сильноточных пучков заряженных частиц. М., "Мир", 1984.
7. Сыровой В.А. Р9, 1985, т.30, №4, с.793.
8. Гердт В.И., Тарахов О.В., Ширков Д.В., УФН, 130, №1 (1981).
9. Карштейн П.Т., Кафно Г.С., Уотере У.Е. Формирование электронных пучков. М., "Мир", 1970.
10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. "Электродинамика сплошных сред". ГИИИИ, М., 1957.

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

DO 10 J=1,N

DO 10 I=1,N

DO 10 K=1,N

DO 10 L=1,N

DO 10 M=1,N

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

CALL SUBROUTINE (TWOPT,CHITEST)

```

... (1) = ...
... (2) = ...
... (3) = ...
... (4) = ...
... (5) = ...
... (6) = ...
... (7) = ...
...
... (1) = ...
... (2) = ...
... (3) = ...
... (4) = ...
... (5) = ...
... (6) = ...
... (7) = ...
...
... (1) = ...
... (2) = ...
... (3) = ...
... (4) = ...
... (5) = ...
... (6) = ...
... (7) = ...

```

```

*****
...
... (1X, I)
...

```

```

...
... (1) = ...
... (2) = ...
... (3) = ...
... (4) = ...
... (5) = ...
... (6) = ...
... (7) = ...
...
... (1) = ...
... (2) = ...
... (3) = ...
... (4) = ...
... (5) = ...
... (6) = ...
... (7) = ...

```

```

...
... (1) = ...
... (2) = ...
... (3) = ...
... (4) = ...
... (5) = ...
... (6) = ...
... (7) = ...
...
... (1) = ...
... (2) = ...
... (3) = ...
... (4) = ...
... (5) = ...
... (6) = ...
... (7) = ...

```

```

...
... (1) = ...
... (2) = ...
... (3) = ...
... (4) = ...
... (5) = ...
... (6) = ...
... (7) = ...

```

Faint vertical text on the left margin, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

Main body of the document containing dense, mostly illegible text. The text appears to be a technical or scientific report, possibly related to mathematics or physics, given the presence of some symbols and mathematical expressions. The text is arranged in several paragraphs, with some lines appearing to be part of a list or a series of steps. The overall quality is poor due to the high contrast and graininess of the scan.

```

      10  X(I)=Y(I)*FY(X(I))/Z(T-T*(I)**
      11  Y(I)=Y(I)*FY(X(I))+G*(I)*X(I)**IXD
      12  X(I)=Y(I)/(Z(T)-Y(I))
      13  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      14  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      15  X(I)=Y(I)*FY(X(I))
      16  Y(I)=Y(I)*FY(X(I))
      17  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      18  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      19  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      20  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      21  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      22  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      23  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      24  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      25  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      26  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      27  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      28  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      29  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      30  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      31  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      32  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      33  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      34  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      35  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      36  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      37  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      38  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      39  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      40  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      41  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      42  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      43  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      44  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      45  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      46  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      47  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      48  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      49  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      50  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      51  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      52  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      53  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      54  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      55  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      56  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      57  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      58  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      59  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      60  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      61  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      62  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      63  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      64  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      65  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      66  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      67  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      68  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      69  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      70  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      71  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      72  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      73  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      74  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      75  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      76  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      77  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      78  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      79  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      80  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      81  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      82  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      83  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      84  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      85  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      86  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      87  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      88  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      89  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      90  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      91  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      92  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      93  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      94  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      95  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      96  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      97  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      98  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      99  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)
      100  Z(T)=Z(T)+Y(I)*X(I)

```

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

... (1) ...
... (2) ...
... (3) ...
... (4) ...
... (5) ...
... (6) ...
... (7) ...
... (8) ...
... (9) ...
... (10) ...
... (11) ...
... (12) ...
... (13) ...
... (14) ...
... (15) ...
... (16) ...
... (17) ...
... (18) ...
... (19) ...
... (20) ...
... (21) ...
... (22) ...
... (23) ...
... (24) ...
... (25) ...
... (26) ...
... (27) ...
... (28) ...
... (29) ...
... (30) ...
... (31) ...
... (32) ...
... (33) ...
... (34) ...
... (35) ...
... (36) ...
... (37) ...
... (38) ...
... (39) ...
... (40) ...
... (41) ...
... (42) ...
... (43) ...
... (44) ...
... (45) ...
... (46) ...
... (47) ...
... (48) ...
... (49) ...
... (50) ...
... (51) ...
... (52) ...
... (53) ...
... (54) ...
... (55) ...
... (56) ...
... (57) ...
... (58) ...
... (59) ...
... (60) ...
... (61) ...
... (62) ...
... (63) ...
... (64) ...
... (65) ...
... (66) ...
... (67) ...
... (68) ...
... (69) ...
... (70) ...
... (71) ...
... (72) ...
... (73) ...
... (74) ...
... (75) ...
... (76) ...
... (77) ...
... (78) ...
... (79) ...
... (80) ...
... (81) ...
... (82) ...
... (83) ...
... (84) ...
... (85) ...
... (86) ...
... (87) ...
... (88) ...
... (89) ...
... (90) ...
... (91) ...
... (92) ...
... (93) ...
... (94) ...
... (95) ...
... (96) ...
... (97) ...
... (98) ...
... (99) ...
... (100) ...


```

1000  CALL (X, Y, Z), IF (X=1) --- 43ER
1001  CALL (X, Y, Z)
1002  CALL (X, Y, Z)
1003  CALL (X, Y, Z)
1004  CALL (X, Y, Z)
1005  CALL (X, Y, Z)
1006  CALL (X, Y, Z)
1007  CALL (X, Y, Z)
1008  CALL (X, Y, Z)
1009  CALL (X, Y, Z)
1010  CALL (X, Y, Z)
1011  CALL (X, Y, Z)
1012  CALL (X, Y, Z)
1013  CALL (X, Y, Z)
1014  CALL (X, Y, Z)
1015  CALL (X, Y, Z)
1016  CALL (X, Y, Z)
1017  CALL (X, Y, Z)
1018  CALL (X, Y, Z)
1019  CALL (X, Y, Z)
1020  CALL (X, Y, Z)
1021  CALL (X, Y, Z)
1022  CALL (X, Y, Z)
1023  CALL (X, Y, Z)
1024  CALL (X, Y, Z)
1025  CALL (X, Y, Z)
1026  CALL (X, Y, Z)
1027  CALL (X, Y, Z)
1028  CALL (X, Y, Z)
1029  CALL (X, Y, Z)
1030  CALL (X, Y, Z)
1031  CALL (X, Y, Z)
1032  CALL (X, Y, Z)
1033  CALL (X, Y, Z)
1034  CALL (X, Y, Z)
1035  CALL (X, Y, Z)
1036  CALL (X, Y, Z)
1037  CALL (X, Y, Z)
1038  CALL (X, Y, Z)
1039  CALL (X, Y, Z)
1040  CALL (X, Y, Z)
1041  CALL (X, Y, Z)
1042  CALL (X, Y, Z)
1043  CALL (X, Y, Z)
1044  CALL (X, Y, Z)
1045  CALL (X, Y, Z)
1046  CALL (X, Y, Z)
1047  CALL (X, Y, Z)
1048  CALL (X, Y, Z)
1049  CALL (X, Y, Z)
1050  CALL (X, Y, Z)
1051  CALL (X, Y, Z)
1052  CALL (X, Y, Z)
1053  CALL (X, Y, Z)
1054  CALL (X, Y, Z)
1055  CALL (X, Y, Z)
1056  CALL (X, Y, Z)
1057  CALL (X, Y, Z)
1058  CALL (X, Y, Z)
1059  CALL (X, Y, Z)
1060  CALL (X, Y, Z)
1061  CALL (X, Y, Z)
1062  CALL (X, Y, Z)
1063  CALL (X, Y, Z)
1064  CALL (X, Y, Z)
1065  CALL (X, Y, Z)
1066  CALL (X, Y, Z)
1067  CALL (X, Y, Z)
1068  CALL (X, Y, Z)
1069  CALL (X, Y, Z)
1070  CALL (X, Y, Z)
1071  CALL (X, Y, Z)
1072  CALL (X, Y, Z)
1073  CALL (X, Y, Z)
1074  CALL (X, Y, Z)
1075  CALL (X, Y, Z)
1076  CALL (X, Y, Z)
1077  CALL (X, Y, Z)
1078  CALL (X, Y, Z)
1079  CALL (X, Y, Z)
1080  CALL (X, Y, Z)
1081  CALL (X, Y, Z)
1082  CALL (X, Y, Z)
1083  CALL (X, Y, Z)
1084  CALL (X, Y, Z)
1085  CALL (X, Y, Z)
1086  CALL (X, Y, Z)
1087  CALL (X, Y, Z)
1088  CALL (X, Y, Z)
1089  CALL (X, Y, Z)
1090  CALL (X, Y, Z)
1091  CALL (X, Y, Z)
1092  CALL (X, Y, Z)
1093  CALL (X, Y, Z)
1094  CALL (X, Y, Z)
1095  CALL (X, Y, Z)
1096  CALL (X, Y, Z)
1097  CALL (X, Y, Z)
1098  CALL (X, Y, Z)
1099  CALL (X, Y, Z)
1100  CALL (X, Y, Z)

```

END

17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

(1) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (2) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (3) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (4) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (5) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (6) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (7) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (8) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (9) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$
 (10) $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x^2 + y^2) = x \dot{x} + y \dot{y}$

1
 2
 3

100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200

100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200


```

      IF (Y(I) .EQ. 0) THEN
        Y(I) = 1
      ELSE
        Y(I) = 0
      END IF
    END DO
  END DO
  Z = 0
  DO I = 1, N
    Z = Z + Y(I)
  END DO
  PRINT *, 'Sum of Y = ', Z
  STOP
END

```



```

P(1) = 1
J(1) = 1
L(1) = 1
J(2) = 1
L(2) = 1
J(3) = 1
L(3) = 1
J(4) = 1
L(4) = 1
J(5) = 1
L(5) = 1
J(6) = 1
L(6) = 1
J(7) = 1
L(7) = 1
J(8) = 1
L(8) = 1
J(9) = 1
L(9) = 1
J(10) = 1
L(10) = 1
J(11) = 1
L(11) = 1
J(12) = 1
L(12) = 1
J(13) = 1
L(13) = 1
J(14) = 1
L(14) = 1
J(15) = 1
L(15) = 1
J(16) = 1
L(16) = 1
J(17) = 1
L(17) = 1
J(18) = 1
L(18) = 1
J(19) = 1
L(19) = 1
J(20) = 1
L(20) = 1
J(21) = 1
L(21) = 1
J(22) = 1
L(22) = 1
J(23) = 1
L(23) = 1
J(24) = 1
L(24) = 1
J(25) = 1
L(25) = 1
J(26) = 1
L(26) = 1
J(27) = 1
L(27) = 1
J(28) = 1
L(28) = 1
J(29) = 1
L(29) = 1
J(30) = 1
L(30) = 1
J(31) = 1
L(31) = 1
J(32) = 1
L(32) = 1
J(33) = 1
L(33) = 1
J(34) = 1
L(34) = 1
J(35) = 1
L(35) = 1
J(36) = 1
L(36) = 1
J(37) = 1
L(37) = 1
J(38) = 1
L(38) = 1
J(39) = 1
L(39) = 1
J(40) = 1
L(40) = 1
J(41) = 1
L(41) = 1
J(42) = 1
L(42) = 1
J(43) = 1
L(43) = 1
J(44) = 1
L(44) = 1
J(45) = 1
L(45) = 1
J(46) = 1
L(46) = 1
J(47) = 1
L(47) = 1
J(48) = 1
L(48) = 1
J(49) = 1
L(49) = 1
J(50) = 1
L(50) = 1
J(51) = 1
L(51) = 1
J(52) = 1
L(52) = 1
J(53) = 1
L(53) = 1
J(54) = 1
L(54) = 1
J(55) = 1
L(55) = 1
J(56) = 1
L(56) = 1
J(57) = 1
L(57) = 1
J(58) = 1
L(58) = 1
J(59) = 1
L(59) = 1
J(60) = 1
L(60) = 1
J(61) = 1
L(61) = 1
J(62) = 1
L(62) = 1
J(63) = 1
L(63) = 1
J(64) = 1
L(64) = 1
J(65) = 1
L(65) = 1
J(66) = 1
L(66) = 1
J(67) = 1
L(67) = 1
J(68) = 1
L(68) = 1
J(69) = 1
L(69) = 1
J(70) = 1
L(70) = 1
J(71) = 1
L(71) = 1
J(72) = 1
L(72) = 1
J(73) = 1
L(73) = 1
J(74) = 1
L(74) = 1
J(75) = 1
L(75) = 1
J(76) = 1
L(76) = 1
J(77) = 1
L(77) = 1
J(78) = 1
L(78) = 1
J(79) = 1
L(79) = 1
J(80) = 1
L(80) = 1
J(81) = 1
L(81) = 1
J(82) = 1
L(82) = 1
J(83) = 1
L(83) = 1
J(84) = 1
L(84) = 1
J(85) = 1
L(85) = 1
J(86) = 1
L(86) = 1
J(87) = 1
L(87) = 1
J(88) = 1
L(88) = 1
J(89) = 1
L(89) = 1
J(90) = 1
L(90) = 1
J(91) = 1
L(91) = 1
J(92) = 1
L(92) = 1
J(93) = 1
L(93) = 1
J(94) = 1
L(94) = 1
J(95) = 1
L(95) = 1
J(96) = 1
L(96) = 1
J(97) = 1
L(97) = 1
J(98) = 1
L(98) = 1
J(99) = 1
L(99) = 1
J(100) = 1
L(100) = 1

```


11-11
11-12
11-13
11-14
11-15
11-16
11-17
11-18
11-19
11-20
11-21
11-22
11-23
11-24
11-25
11-26
11-27
11-28
11-29
11-30

11-27
11-28
11-29
11-30
12-1
12-2

12-3
12-4
12-5
12-6
12-7

(The following information was obtained from the records of the Department of the Interior, Bureau of Land Management, on or about 11/27/2007.)

1. The following is a list of the parcels of land owned by the United States and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

2. The following is a list of the parcels of land owned by the State of California and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

3. The following is a list of the parcels of land owned by the County of Los Angeles and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

4. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Los Angeles and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

5. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Long Beach and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

6. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Culver City and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

7. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Inglewood and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

8. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Watts and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

9. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Compton and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

10. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Gardena and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

11. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Lawndale and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

12. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Lynwood and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

13. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Bell and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

14. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Bellflower and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

15. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Buena Vista and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

16. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Cerritos and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

17. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Downey and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

18. The following is a list of the parcels of land owned by the City of El Monte and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

19. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Fontana and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

20. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Fullerton and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

21. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Industry and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

22. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Norwalk and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

23. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Orange and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

24. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Oxnard and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

25. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Palmdale and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

26. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Pomona and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

27. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Redondo Beach and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

28. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Torrance and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

29. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Van Nuys and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

30. The following is a list of the parcels of land owned by the City of West Athens and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

31. The following is a list of the parcels of land owned by the City of West Covina and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

32. The following is a list of the parcels of land owned by the City of West Hollywood and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

33. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Westmont and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

34. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Westminster and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

35. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Woodland Hills and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

36. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Woodland and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

37. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Azusa and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

38. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Azusa and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

39. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Azusa and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

40. The following is a list of the parcels of land owned by the City of Azusa and located within the boundaries of the National Park System, as of 11/27/2007:

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. This is essential for ensuring the integrity of the financial statements and for providing a clear audit trail.

2. The second part of the document outlines the various methods used to collect and analyze data. These methods include direct observation, interviews, and the use of statistical techniques to identify trends and patterns in the data.

3. The third part of the document describes the process of identifying and measuring the variables that are being studied. This involves a careful selection of indicators that are both relevant and reliable, and the development of a standardized measurement scale.

4. The fourth part of the document discusses the importance of ensuring the validity and reliability of the data. This involves a number of steps, including the use of pilot studies to test the measurement instruments and the implementation of rigorous quality control procedures.

5. The fifth part of the document describes the process of analyzing the data and drawing conclusions from the results. This involves the use of statistical tests to determine the significance of the findings and the development of a clear and concise summary of the results.

6. The sixth part of the document discusses the importance of communicating the results of the study to the relevant stakeholders. This involves the preparation of a clear and concise report that summarizes the findings and provides recommendations for future action.

7. The seventh part of the document describes the process of evaluating the overall quality of the study. This involves a number of steps, including the assessment of the validity and reliability of the data, the quality of the analysis, and the clarity of the communication.

8. The eighth part of the document discusses the importance of maintaining the confidentiality and integrity of the data. This involves the implementation of strict security measures to protect the data from unauthorized access and the use of secure communication channels to ensure the confidentiality of the information.

9. The ninth part of the document describes the process of archiving the data and the study materials. This involves the development of a clear and concise archiving plan that ensures the long-term preservation and accessibility of the data.

```

0.....
1.....
2.....
3.....
4.....
5.....
6.....
7.....
8.....
9.....
10.....
11.....
12.....
13.....
14.....
15.....
16.....
17.....
18.....
19.....
20.....
21.....
22.....
23.....
24.....
25.....
26.....
27.....
28.....
29.....
30.....
31.....
32.....
33.....
34.....
35.....
36.....
37.....
38.....
39.....
40.....
41.....
42.....
43.....
44.....
45.....
46.....
47.....
48.....
49.....
50.....
51.....
52.....
53.....
54.....
55.....
56.....
57.....
58.....
59.....
60.....
61.....
62.....
63.....
64.....
65.....
66.....
67.....
68.....
69.....
70.....
71.....
72.....
73.....
74.....
75.....
76.....
77.....
78.....
79.....
80.....
81.....
82.....
83.....
84.....
85.....
86.....
87.....
88.....
89.....
90.....
91.....
92.....
93.....
94.....
95.....
96.....
97.....
98.....
99.....

```



```

1000  PRINT "*****"
1010  PRINT "*****"
1020  PRINT "*****"
1030  PRINT "*****"
1040  PRINT "*****"
1050  PRINT "*****"
1060  PRINT "*****"
1070  PRINT "*****"
1080  PRINT "*****"
1090  PRINT "*****"
1100  PRINT "*****"
1110  PRINT "*****"
1120  PRINT "*****"
1130  PRINT "*****"
1140  PRINT "*****"
1150  PRINT "*****"
1160  PRINT "*****"
1170  PRINT "*****"
1180  PRINT "*****"
1190  PRINT "*****"
1200  PRINT "*****"
1210  PRINT "*****"
1220  PRINT "*****"
1230  PRINT "*****"
1240  PRINT "*****"
1250  PRINT "*****"
1260  PRINT "*****"
1270  PRINT "*****"
1280  PRINT "*****"
1290  PRINT "*****"
1300  PRINT "*****"
1310  PRINT "*****"
1320  PRINT "*****"
1330  PRINT "*****"
1340  PRINT "*****"
1350  PRINT "*****"
1360  PRINT "*****"
1370  PRINT "*****"
1380  PRINT "*****"
1390  PRINT "*****"
1400  PRINT "*****"
1410  PRINT "*****"
1420  PRINT "*****"
1430  PRINT "*****"
1440  PRINT "*****"
1450  PRINT "*****"
1460  PRINT "*****"
1470  PRINT "*****"
1480  PRINT "*****"
1490  PRINT "*****"
1500  PRINT "*****"
1510  PRINT "*****"
1520  PRINT "*****"
1530  PRINT "*****"
1540  PRINT "*****"
1550  PRINT "*****"
1560  PRINT "*****"
1570  PRINT "*****"
1580  PRINT "*****"
1590  PRINT "*****"
1600  PRINT "*****"
1610  PRINT "*****"
1620  PRINT "*****"
1630  PRINT "*****"
1640  PRINT "*****"
1650  PRINT "*****"
1660  PRINT "*****"
1670  PRINT "*****"
1680  PRINT "*****"
1690  PRINT "*****"
1700  PRINT "*****"
1710  PRINT "*****"
1720  PRINT "*****"
1730  PRINT "*****"
1740  PRINT "*****"
1750  PRINT "*****"
1760  PRINT "*****"
1770  PRINT "*****"
1780  PRINT "*****"
1790  PRINT "*****"
1800  PRINT "*****"
1810  PRINT "*****"
1820  PRINT "*****"
1830  PRINT "*****"
1840  PRINT "*****"
1850  PRINT "*****"
1860  PRINT "*****"
1870  PRINT "*****"
1880  PRINT "*****"
1890  PRINT "*****"
1900  PRINT "*****"
1910  PRINT "*****"
1920  PRINT "*****"
1930  PRINT "*****"
1940  PRINT "*****"
1950  PRINT "*****"
1960  PRINT "*****"
1970  PRINT "*****"
1980  PRINT "*****"
1990  PRINT "*****"
2000  PRINT "*****"

```


1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

