И. С. Грибовский
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. **С. А. Лукашевич**, ст. преподаватель

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Цель работы заключается в разработке программы для изучения поведения частицы в электромагнитном поле. Программа предоставляет интерфейс, с помощью которого можно настраивать значения модели. После нажатия кнопки «Построить графики» программа моделирует поведение частицы в виде графиков зависимости координат от времени, скорости от времени и траекторий частицы в трех плоскостях.

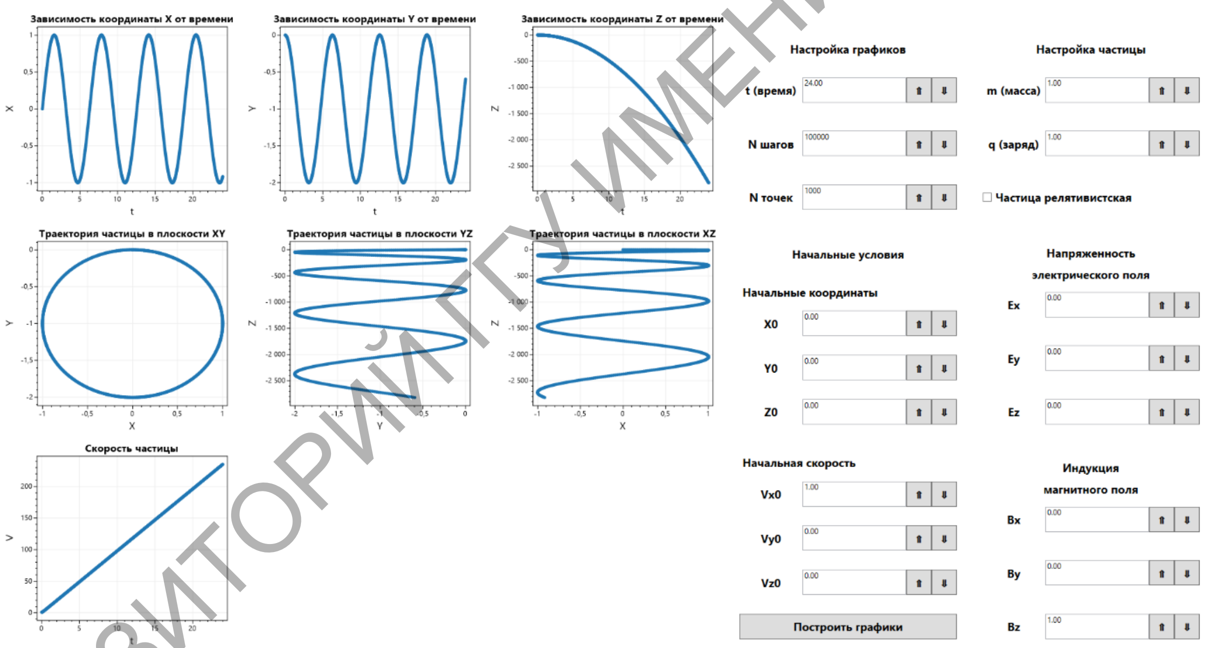

Рисунок 1 – Интерфейс программы

Для моделирования движения частиц в электромагнитном поле необходимо получить, а затем решить уравнение движения частицы.

Сила, действующая на частицу с зарядом q в электромагнитном поле с магнитной индукцией $\overrightarrow{B}$ и напряженностью $\overrightarrow{E}$, будет равна:

$$\vec{F} = q\left[\overrightarrow{V} \times \overrightarrow{B}\right] + q\vec{E}. \quad (1)$$

А с учетом силы тяжести:

$$m\vec{r} = q\left[\overrightarrow{V} \times \overrightarrow{B}\right] + QE_0 + m\vec{g}. \tag{2}$$

Распишем уравнение (2) на оси координат:

$$\begin{gathered} Ox\colon ma_x = q\left(V_y B_z - V_z B_y + E_0\right), \\ Oy\colon ma_y = q(V_z B_x - V_x B_z), \\ Oz\colon ma_z = q\left(V_x B_y - V_y B_x\right) - mg. \end{gathered} \tag{3}$$

Выразим ускорение разделив систему уравнений (3) на массу m:

$$\begin{gathered} Ox\colon a_x = \frac{q\left(V_y B_z - V_z B_y + E_0\right)}{m}, \\ Oy\colon a_y = \frac{q(V_z B_x - V_x B_z)}{m}, \\ Oz\colon a_z = \frac{q\left(V_x B_y - V_y B_x\right)}{m} - g. \end{gathered} \tag{4}$$

Если частица релятивистская, то система будет выглядеть по-другому:

$$\begin{gathered} Ox\colon a_x = \frac{q\left(V_y B_z - V_z B_y\right)}{m}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}, \\ Oy\colon a_y = \frac{q(V_z B_x - V_x B_z)}{m}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}, \\ Oz\colon a_z = \left(\frac{q\left(V_x B_y - V_y B_x\right)}{m} - g\right)\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}, \end{gathered} \tag{5}$$

где модуль скорости: $|\vec{v}| = \sqrt{\left(V_x^2 + V_y^2 + V_z^2\right)}$.

Решив систему уравнений (4) или (5), можно полностью описать поведение частицы в этом электромагнитном поле. В программе решение системы реализуется с помощью метода Эйлера, представленного в функции Resolve (рисунок 2).

```
public OdeResults Resolve(Func<Vector, Vector, Vector> func, Vector r0, Vector v0, double tMax, int N)
{
    double dt = tMax / N;

    OdeResults odeResults = new OdeResults(N + 1);

    odeResults.R[0] = r0;
    odeResults.V[0] = v0;

    for (int i = 1; i < N + 1; i++)
    {
        Vector a = func(odeResults.R[i - 1], odeResults.V[i - 1]);

        odeResults.V[i] = odeResults.V[i - 1] + (dt * a);

        odeResults.R[i] = odeResults.R[i - 1] + (dt * odeResults.V[i]);
    }

    return odeResults;
}
```

Рисунок 2 – Код функции Resolve, которая реализует метод Эйлера для решения системы дифференциальных уравнений

Функция принимает в качестве параметров систему дифференциальных уравнений *func*, начальные координаты частицы *r0*, начальную скорость частицы *v0*, время *tMax* и количество шагов *N*.

Результатом работы функции являются массивы координат и скоростей частицы на каждом из *N* шагов за *tMax* времени.

А. А. Гришечкина
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. **В. Н. Капшай**, канд. физ.-мат. наук, доцент

НАХОЖДЕНИЕ ЯВНОГО ВИДА ФУНКЦИЙ ГРИНА В РЕЛЯТИВИСТСКОМ КОНФИГУРАЦИОННОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ДЛЯ *d*-СОСТОЯНИЙ

Для описания состояний рассеяния релятивистских систем двух частиц одинаковой массы m используются уравнения, функции Грина (ФГ) которых в импульсном представлении имеют вид:

$$G_{(1)}\left(E_q,k\right)=\left(\left(2E_k-2E_q-i0\right)E_k\right)^{-1};G_{(2)}\left(E_q,k\right)=m\Big/\left(\left(E_k^{\,2}-E_q^{\,2}-i0\right)E_k\right);$$

$$G_{(3)}\left(E_q,k\right)=\left(E_k^{\,2}-E_q^{\,2}-i0\right)^{-1};G_{(4)}\left(E_q,k\right)=m\Big/\left(\left(2E_k-2E_q-i0\right)E_k^{\,2}\right),\quad(1)$$