

пова, Т.А. Колодяжная. // Северо-Кавказский государственный технический университет, Ставропольский государственный аграрный университет. 2011. С. 278-281.

2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. // Учеб. Пособие для приборостроит. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк. 1991. – 622 с.

3. Долгополова А.Ф., Колодяжная Т.А. Международный журнал экспериментального образования. / А.Ф. Долгополова, Т.А. Колодяжная. // Руководство к решению задач по математическому анализу. Часть 1 - 2011. № 12. С. 62-63.

4. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики. / В.Н. Костин. // учебное пособие. СПб.: СЗТУ, 2003.

УДК 51:616.9

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ В ПАКЕТЕ МАТЛАБ
СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
МОДЕЛИ COVID-19 SEIR**

студентка гр. 10706119 Гайшун А.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Юринок В.И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В докладе описана математическая SEIR-модель прогнозирования коронавирусной инфекции COVID-19, а также на основе дифференциальных уравнений в системе Matlab построены графики прогнозирования распространения COVID-19 для Беларуси в период с 1 по 30 апреля 2021 года.

Математическая SEIR-модель позволяет приблизительно спрогнозировать процесс распространения коронавирусной инфекции COVID-19 на определенный промежуток времени. Благодаря этому можно уменьшить количество зараженных и минимизировать использование бюджетных и фармацевтических ресурсов.

Модель эпидемии SEIR относится к классу т.н. компартментальных моделей, суть которых состоит в том, чтобы разделить популяцию на несколько групп. Затем, численность каждой из групп сопоставляется с переменной в системе дифференциальных уравнений,

решая которую, можно спрогнозировать динамику развития эпидемии.

Дифференциальные уравнения модели SEIR имеют вид:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \frac{S(I + \theta E)}{N}, \quad \frac{dE}{dt} = \beta \frac{S(I + \theta E)}{N} - \kappa E, \quad \frac{dI}{dt} = \kappa E - \gamma I, \quad \frac{dR}{dt} = \gamma I$$

Здесь используются следующие обозначения:

$S(t)$ - восприимчивые (незараженные) индивидуумы, $I(t)$ - инфицированные индивидуумы с симптомами, $R(t)$ - вылеченные индивидуумы, $E(t)$ - число людей с болезнью в инкубационном периоде, β - скорость передачи инфекции, γ - скорость выздоровления, $1/\gamma$ - средняя продолжительность болезни, κ - скорость перехода болезни из инкубационной стадии в открытую, θ - степень заразности латентных носителей инфекции по сравнению с заболевшими, $N=S+I+R+E$ - общий размер популяции.

Начальные условия в момент времени t_0 :

$$S(t_0) = S_0 \geq 0, I(t_0) = I_0 \geq 0, R(t_0) = R_0 \geq 0$$

Для моделирования возьмем следующие параметры, ориентируясь на данные за 1 апреля 2021. Предполагая, что болезнь в среднем длится 14 дней (по крайней мере, сколько длится легкая форма, на которую приходится до 80% случаев), найдем значение $\gamma=1/14=0,0714$. Примем $\beta=3/14=0,2143$. Величина $\theta=0,6$. С учетом средней длительности инкубационного периода в 3 дня, возьмем $\kappa=1/3=0,33$. Население Беларуси примем равным $N = 9\,450\,000$ человек.

В качестве начальных условий используем данные по Беларуси на 1 апреля 2021 года:

$$S_0=9\,134\,115, I_0=1236, R_0=1384, E_0=0.5 I_0$$

По этим данным в программе Matlab построим графики прогнозирования распространения COVID-19 до 30 апреля.

Ниже представлены программы для численного решения и построения графиков в Matlab

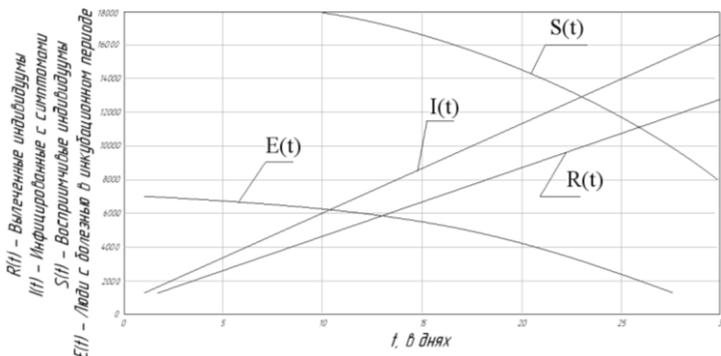
```

figure('Color','w')
[s,t]= ode45(@(s,t) -0.2143*s*(1236 + 0.6*0.5*1236)/9450000, [1,30],
  9134115, odeset('Stats','on'));
plot(s,t)
figure('Color','w')
[e,t]= ode45(@(e,t) -0.2143*3500*(1236 + 0.6*0.5*e)/9450000 - 0.33*e,
  [1,30], 618, odeset('Stats','on'));
plot(e,t)
figure('Color','w')
[r,t]= ode45(@(r,t)0.33*1236, [1,30], 1384, odeset('Stats','on'));
plot(r,t)
figure('Color','w')
[i,t]= ode45(@(i,t)0.33*1617 - 0.0714*i, [1,30], 1236, odeset('Stats','on'));
plot(i,t)

```

Рис. 1. Фрагмент программы решения системы дифференциальных уравнений в системе Matlab

Графики прогнозирования распространения коронавирусной инфекции COVID-19 представлены на рисунке 2.



На данном графике мы можем наблюдать, что количество людей, у которых болезнь находится в инкубационном периоде, будет постепенно снижаться к концу месяца, число восприимчивых индивидумов будет постепенно уменьшаться. Это связано с тем, что количество зараженных будет расти, как результат количество восприимчивых индивидумов будет снижаться. Количество людей с

симптомами значительно возрастет к концу месяца, количество вылеченных постоянно возрастает и стремится к количеству заразившихся индивидуумов.

Исходя из полученных графиков, мы можем сделать следующий вывод: количество зараженных будет постоянно возрастать. Поэтому надо соблюдать все меры профилактики коронавирусной инфекции, чтобы снизить риск заражения. Недостатком модели является невысокая точность.

Литература

1. Шурыгин А.М. Математические методы прогнозирования/А.М. Шурыгин. – М.,2009.
2. Боев, Б.В. Прогнозно-аналитические модели эпидемий / Б.В. Боев. – М., 2005.