

смарт-карт в общественном транспорте. Перечислено несколько функциональных и технологических определений умной сети, а также некоторых преимуществ. Применение систем умной энергетики для городов означает, прежде всего, повышение надежности сетей и снижение затрат на их обслуживание. В работе были рассмотрены технологии умной безопасности, а также внедрение в сегменты безопасности следующих типов продуктов: системы отслеживания и видеонаблюдения, контрольные пропускные системы доступа, охранные системы, специализированные программные приложения. Данная работа показала, что оплата проезда путем смарт-карт позволит значительно оптимизировать общественный транспорт и жизнь граждан нашей страны.

Умный город значительно облегчит жизнь нашим гражданам, позволит сэкономить время и деньги. Инвестиции в такие проекты помогут государству оптимизировать жизнь граждан и позволят владеть большим объемом информации.

УДК 51.76

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ БИФУРКАЦИЙ В ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВИРУСОЛОГИИ С СИНГУЛЯРНЫМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

А. С. Елистратова¹

Научный руководитель: Е. А. Щепакينا, д.ф.-м.н., профессор

Ключевые слова: математическая биология, модель вирусологии, бифуркация

В данной работе исследуем модель следующего вида:

$$\begin{cases} \dot{x} = ax - bx(x+y) - h(x)f(v), \\ \dot{y} = h(x)f(v) - dy, \\ \dot{v} = \bar{\sigma}y - \bar{m}v, \end{cases} \quad (1)$$

где $x(t)$ – концентрация незараженных бактерий; $y(t)$ – концентрация зараженных бактерий; $v(t)$ – свободные вирусы; a, b – коэффициенты репродукции для бактерий и вирусов, соответственно, $b = \frac{a}{k}$; α – константа скорости контакта бактерий с вирусами. Функции $h(x)$ и

¹ Алина Сергеевна Елистратова, студентка группы 6407-010302D,
email: elistratova.ssau@gmail.com

$$f(x), h(x) = \frac{x}{1 + \mu x}, \quad f(v) = \alpha v(1 + \eta v^\rho), \quad \eta > 0, \quad \rho > 0,$$

$\alpha > 0, \mu > 0$. Необходимо исследовать нелинейную систему, найти особые точки данной системы, проверить на устойчивость, узнать тип.

Предположим, что $y = 0$, тогда $v = 0$, имеем две особых точки $A_1 = (0, 0, 0)$ и $A_2 = (K, 0, 0)$. Обе точки не представляют интереса, т.к. их собственные значения, свидетельствуют о том, что в точке нет условий для нахождения бифуркации.

Теперь предположим, что $y \neq 0$, а также что именно в третьей точке может быть бифуркация Андронова-Хопфа. Находим выражения для каждой координаты и получаем кубическое уравнение относительно x^* . Используя теорему Кардано, можно понять, при каких значениях параметров корни будут вещественными. Далее переходим к численному исследованию.

Проведенное исследование и полученные графики показали, что в ответ на увеличение пропускной способности среды (параметра K) исследуемая модель допускает бифуркацию Андронова-Хопфа. Т.е. модель допускает изменения в численности популяций, и даже, полное исчезновение микроорганизмов. Это интерпретация основана на некоторых факторах: нестабильность состояния равновесия и существование предельного цикла в допустимой области.

Наблюдаются резкие скачки численности бактерий и вирусов от высокой к низкой. Продолжительность периодов низкой численности существенно зависит от того насколько близко цикл прижимается к границе и к началу координат, т.е. зависит от корректировки параметров системы, а в частности от изменений пропускной способности, которая может зависеть от различных условий среды.