

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФЕКЦИИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Братусь А.С., Очеретяная А.С.

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», кафедра «Цифровые технологии управления транспортными процессами», Россия, 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, Тел.: +7 495 684-23-96, E-mail: tu@miit.ru

Распространение короновиральной инфекции по-прежнему остается основной проблемой для мирового сообщества. Предпринимаемые меры не дают возможности вернуться к темпам жизни до 2020 года. Транспорт – опасный канал распространения инфекции. Цель – исследование распространения инфекции при пассажирских перевозках с помощью системы уравнений в частных производных параболического типа. Для описания распространения инфекций часто используется базовая модель SIR, в которой население делится на три группы: восприимчивые (S), инфицированные (I) и выздоровевшие (R). В рамках данной добавляется группа бессимптомных больных (E) и исключается группа выздоровевших (R) в силу особенностей пассажирских перевозок. Модифицированная SEI модель (англ. Susceptible – Exposed-Infected) позволяет учитывать заражение как от явно инфицированных (группа I), так и от скрыто инфицированных пассажиров (группа E). Поезд представляется в виде стержня, который изолирован с концов, и по которому распределяется тепло (заражение) в зависимости от источника во времени (t) и пространстве (x). Таким образом, задача сводится к уравнению теплопроводности - дифференциальному уравнению в частных производных второго порядка параболического типа. Для учета факторов, которые присутствуют в пассажирских перевозках, таких как неоднородность среды и вентиляция, рассматривается типа теплопроводности, а именно диффузионное уравнение в пористой среде. В работе рассматривается модель кросс-диффузии, заключающуюся в том, что перемещения (диффузия) подверженных инфекции, скрыто инфицированных и инфицированных взаимно влияют друг на друга. На концах задаются граничные условия второго рода. Для задания начальных условий скрыто и явно больных используются функции плотностей нормального распределения, через которые определяются места и доли заражений, а также степень распространения на соседей. Места определяются через генератор псевдослучайных чисел, а затем усредняются. Все процессы реализованы на языке программирования Python. Были осуществлено моделирование поездки с двумя остановками длительность 30 часов. Проведенные численные расчеты позволили заключить, чем локально более высокая концентрация больных людей на участке, приводит к большей вероятности заразиться, и что скрыто больные оказывают наибольшее влияние на распространение инфекции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-04-601577