

Министерство цифрового развития, связи и  
массовых коммуникаций Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Сибирский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ)

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6**  
по дисциплине «Моделирование»

Выполнил:  
студент гр. ИС-142  
«\_\_» мая 2025 г.

\_\_\_\_\_ /Григорьев Ю.В./

Проверил:  
преподаватель  
«\_\_» мая 2025 г.

\_\_\_\_\_ /Уженцева А.В./

Оценка « \_\_\_\_\_ »

Новосибирск 2025

## **ВВЕДЕНИЕ**

В данной работе была разработана и реализована модель распространения инфекционного заболевания с использованием AnyLogic. Основная цель работы – построение SEIR-модели (Susceptible - Exposed - Infectious - Recovered), которая позволяет анализировать распространение эпидемии среди населения с учетом различных параметров.

### **Задачи работы:**

1. Построить диаграмму потоков и накопителей, моделирующую динамику инфицирования.
2. Добавить параметры модели (численность населения, вероятность заражения, длительность инкубационного периода и болезни).
3. Запустить моделирование процесса и построить график распространения инфекции.
4. Провести эксперимент варьирования параметров, исследовав, как изменение частоты контактов влияет на динамику эпидемии.
5. Выполнить калибровку модели на основе реальных данных, используя метод наименьших квадратов.

Данная модель является одним из базовых инструментов эпидемиологии, который может быть использован для оценки и прогнозирования вспышек заболеваний.

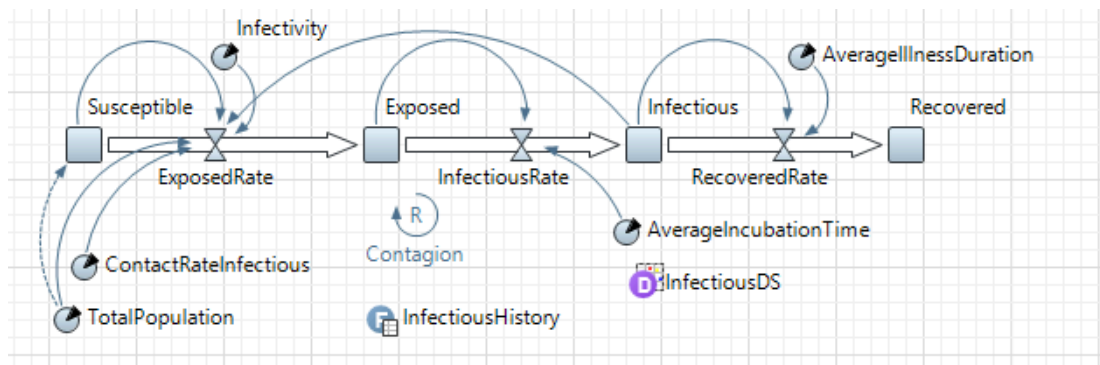
## **ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ**

### **Фаза 1. Создание диаграммы потоков и накопителей**

Для начала в AnyLogic была создана новая модель SEIR. В качестве единицы времени выбраны дни.

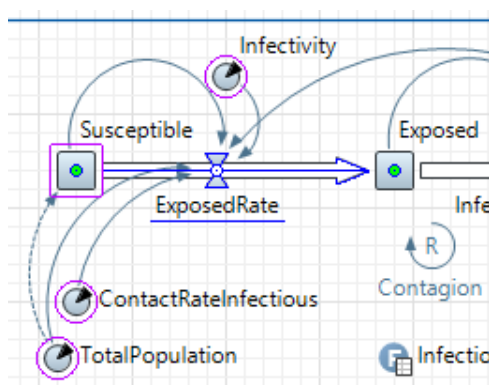
В модели определены четыре состояния (накопителя), между которыми перемещаются люди:

- Susceptible (восприимчивые к инфекции) – люди, которые могут заразиться.
- Exposed (подверженные заражению) – инфицированные, но еще не заразные.
- Infectious (заразные) – люди, которые могут передавать болезнь.
- Recovered (выздоровевшие) – люди, которые получили иммунитет.



### Шаги выполнения:

1. В разделе «Системная динамика» добавлены накопители (Stocks) и соединены потоками (Flows), отражающими переход между стадиями заболевания.
2. Названы потоки:
  - ExposedRate (поток из Susceptible в Exposed).
  - InfectiousRate (поток из Exposed в Infectious).
  - RecoveredRate (поток из Infectious в Recovered).
3. Для каждого накопителя были заданы начальные значения:
  - Infectious (зараженные) = 1
  - Susceptible (восприимчивые) = TotalPopulation - 1



**ExposedRate - Поток**

Имя: ExposedRate

☒ Отображать имя ☐ Исключить

☐ Отображается на верхнем агенте

Видимость: ☒ да

Цвет: По умолчанию

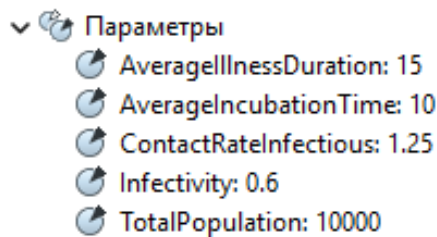
☐ Массив ☐ Зависимая ☐ Константа

ExposedRate=

```
Infectious*ContactRateInfectious*In
```

### Структура модели SEIR:

1. Контакты между людьми происходят с интенсивностью  $\text{ContactRateInfectious} = 1.25$  контактов в день.
2. Вероятность передачи инфекции при контакте  $\text{Infectivity} = 0.6$ .
3. Инкубационный период (Exposed) длится 10 дней.
4. Длительность болезни (Infectious) – 15 дней.



Формула заражения (ExposedRate):

$$\frac{\text{Infectious} * \text{ContactRateInfectious} * \text{Infectivity} * \text{Susceptible}}{\text{TotalPopulation}}$$

Формулы других потоков:

$$\text{InfectiousRate} = \text{Exposed} / \text{AverageIncubationTime}$$

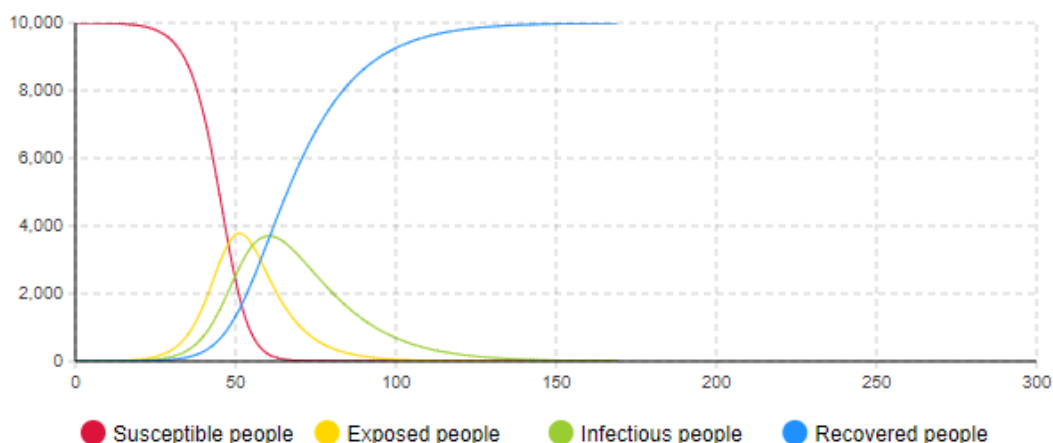
$$\text{RecoveredRate} = \text{Infectious} / \text{AverageIllnessDuration}$$

После построения модели была запущена симуляция, которая показала, как инфекция распространяется по популяции.

## Фаза 2. Добавление графика динамики эпидемии

Чтобы наглядно наблюдать изменение численности зараженных, был добавлен график временной динамики:

1. В раздел «Статистика» добавлен временной график (TimePlot).
2. График строит четыре кривые:
  - Susceptible (восприимчивые).
  - Exposed (подверженные инфекции).
  - Infectious (заразные).
  - Recovered (выздоровевшие).
3. Данные обновляются каждый день, а временной диапазон моделирования – 300 дней.
4. После запуска модели на графике наблюдаются классические эпидемиологические кривые:
  - Резкий рост зараженных.
  - Спад эпидемии по мере увеличения выздоровевших.



### Фаза 3. Эксперимент варьирования параметров

Для исследования влияния частоты контактов на эпидемию проведен эксперимент варьирования параметров.

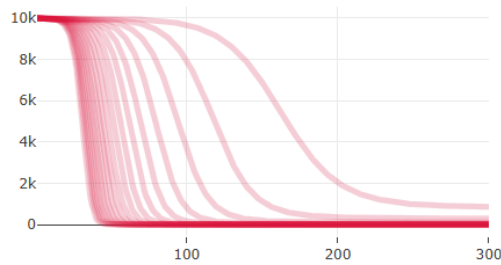
1. Выбран параметр `ContactRateInfectious`, который определяет, сколько контактов зараженный человек совершает в день.
2. Установлен диапазон значений от 0.3 до 2.0 с шагом 0.1.
3. Запущено 18 сценариев, каждый из которых моделирует распространение инфекции при разной частоте контактов.

Результаты эксперимента:

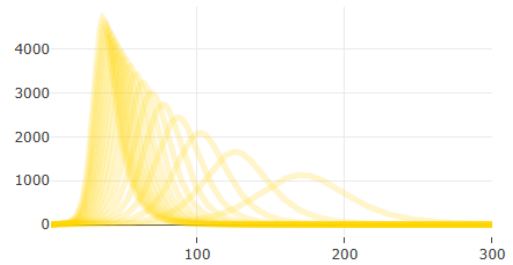
- При низкой частоте контактов (0.3-0.5) болезнь распространяется медленно, эпидемия затухает.
- При высокой частоте контактов (1.5-2.0) наблюдается быстрый рост инфицированных, пик эпидемии наступает быстрее.
- Критическая область – значения 1.0-1.5, при которых происходит значительное распространение инфекции.

Графики показывают, как интенсивность контактов влияет на динамику эпидемии.

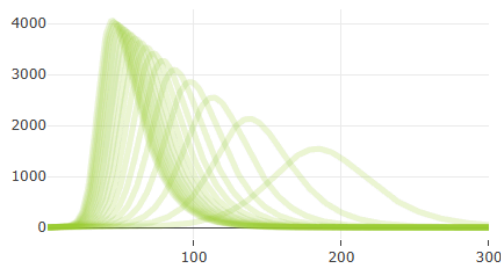
Plot|Susceptible people



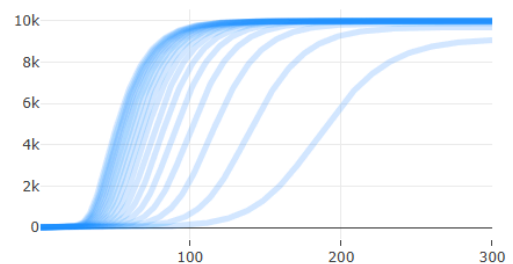
Plot|Exposed people



Plot|Infectious people



Plot|Recovered people



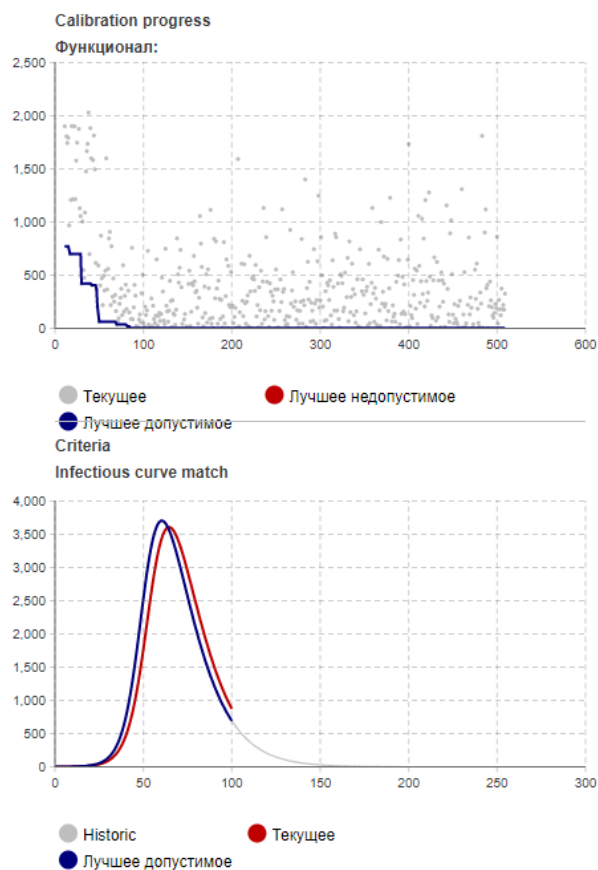
## Фаза 4. Калибровка модели

В реальной жизни параметры `Infectivity` и `ContactRateInfectious` неизвестны. Поэтому была проведена калибровка модели на основе реальных данных.

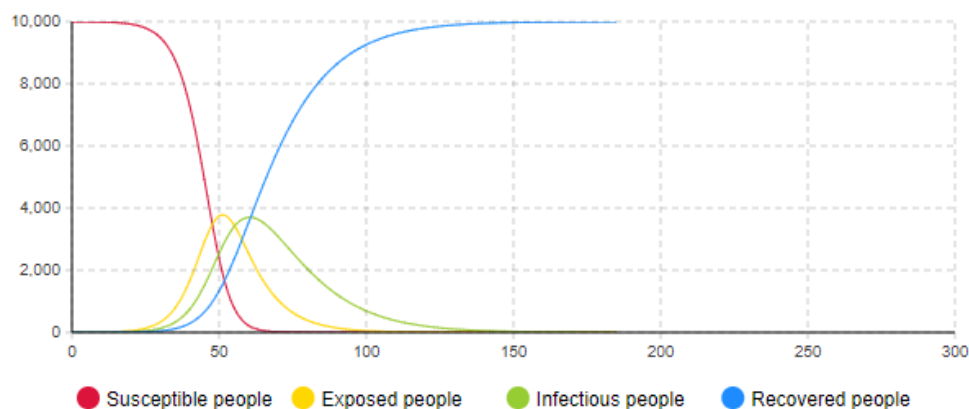
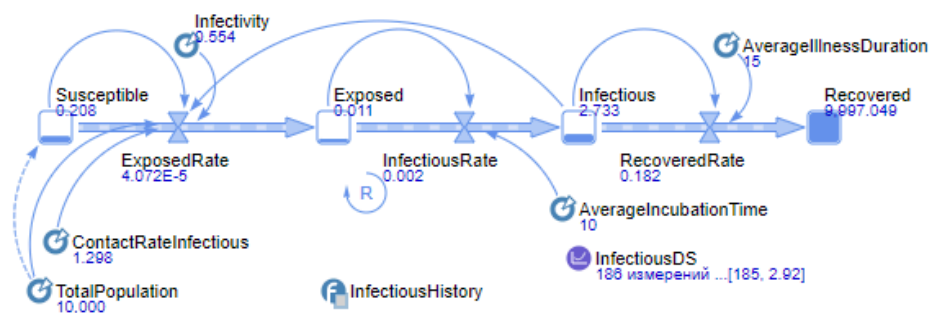
1. Добавлена табличная функция `InfectiousHistory`, содержащая реальные данные о количестве зараженных.
2. Создан набор данных `InfectiousDS`, который собирает данные о зараженных в ходе моделирования.
3. Запущен эксперимент калибровки, который автоматически подбирает параметры `Infectivity` и `ContactRateInfectious`, чтобы смоделированные кривые максимально соответствовали реальным данным.
4. Используется метод наименьших квадратов для оценки расхождения моделируемых и реальных данных.

## SEIR : Calibration

	Текущее	Лучшее
Итерация:	510	491
Функционал:	325.861	2.88
Параметры		Copy best
TotalPopulation	10,000	10,000
Infectivity	0.499	0.554
ContactRateInfectious	1.298	1.298
AverageIncubationTime	10	10
AverageIllnessDuration	15	15



В результате калибровки были найдены значения параметров, которые лучше всего отражают реальную эпидемию.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе работы была разработана и исследована SEIR-модель распространения инфекции в AnyLogic.

Основные итоги работы:

1. Построена диаграмма потоков и накопителей, описывающая эпидемию.
2. Реализована математическая модель заражения с учетом параметров инкубации и болезни.
3. Добавлен график временной динамики, позволяющий наблюдать развитие эпидемии.
4. Проведен эксперимент варьирования параметров, показавший влияние контактов на скорость распространения болезни.
5. Выполнена калибровка модели, позволившая настроить параметры на основе реальных данных.

Подобные модели используются в эпидемиологии для оценки распространения инфекций. Анализ частоты контактов может помочь определить оптимальные меры профилактики (карантин, социальное дистанцирование). Калибровка на реальных данных позволяет адаптировать модель под конкретные заболевания (COVID-19, грипп, корь и т. д.).