

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ
АВТОНОМНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ЛЮДЕЙ
В ЗДАНИИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Зайцева Маргарита Владимировна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: zaimarko@gmail.com

Научный руководитель — Точилин Павел Александрович

Рассматривается план помещения достаточно большого размера, в котором имеется несколько входов/выходов, разветвлённая система комнат, коридоров и лестниц. Требуется построить математическую модель эвакуации людей из данного помещения в случае, если произошло чрезвычайное происшествие (пожар, взрыв и т.п.).

При математическом моделировании движения групп людей обычно выделяют микроскопический и макроскопический подход. Предполагается, что в здании находится большое количество людей, поэтому учитывать движение отдельного человека (микроскопическое моделирование) не представляется возможным. Вместо этого будем использовать макроскопический подход, учитывающий усреднённую характеристику — плотность людей на квадратный метр $\rho = \rho(t, x)$, где $t \in [t_0, t_1]$ — текущий момент времени, а x — вектор координат.

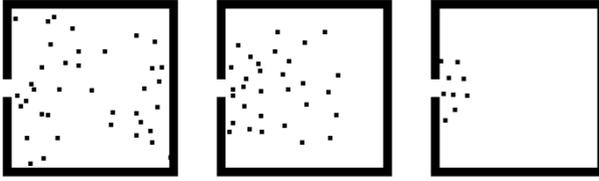
В работе [1] предложена математическая модель движения толпы, являющаяся обобщением гидродинамической модели, аналогично тому, как это делается при моделировании транспортных потоков. Однако изложенный подход не применим в практическом решении задач эвакуации из-за отсутствия информации о точечной плотности людей в заданный момент времени. Кроме того, моделирование движения людей существенно отличается от моделирования транспортных потоков, так как люди, в отличие от автомобилей, могут моментально менять направление движения, поэтому необходимо учитывать разнонаправленные и конфликтующие потоки.

Зависимость потока людей от плотности в произвольной точке, как и в случае транспортных потоков, будем называть *фундаментальной диаграммой*. В качестве основы для построения модели будем использовать треугольную фундаментальную диаграмму [2] (модель Гриншилдса):

$$f(\rho) = \min\{v\rho, w(\rho_{\max} - \rho)\}, \quad \rho \in [0, \rho_{\max}],$$

где $\rho_{\max} > 0$ – максимальная возможная плотность толпы, $f_{\max} = \frac{vw\rho_{\max}}{v+w}$ – максимальный поток, v – скорость свободного движения, w – скорость распространения затора.

Для предварительной оценки основных параметров модели была проведена серия численных экспериментов, основанная на молекулярной модели взаимодействия людей [3].



Пример моделирования процесса эвакуации из одной комнаты.

В ходе работы предложена математическая модель эвакуации людей и разработан субоптимальный алгоритм управления процессом безопасной эвакуации, минимизирующий время. Такой алгоритм может быть применим в виде информационных табло в некоторых комнатах, а также в виде инструкций специально обученных сотрудников (спасателей).

Литература

1. Kachroo P., Al-nasur S.J., Wadoo S.A., Shende A. Pedestrian Dynamics. Feedback Control of Crowd Evacuation. Springer, 2008.
2. Куржанский А.Б., Куржанский А.А., Варайя П. Роль макромоделирования в активном управлении транспортной сеть // Труды МФТИ, Т. 2, № 4, 2010, с. 100 – 118.
3. Helbing D., Shen G., Farcas I., Vicsek T. Simulating Dynamical Features of Escape Panic. Nature V. 407, pp. 487–490, 2000.