УДК 519.87:614.84

УЧЕТ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ ПРИ ЭВАКУАЦИИ ИЗ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Алловов Довлетяр Чарыгулыевич

преподаватель

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт,

факультет гражданской обороны

Туркменистан, г. Ашгабат

Аннотация. В статье исследуется влияние человеческого фактора и панических состояний на общую логистику эвакуационного процесса из многоэтажных зданий. Основной целью работы является разработка математической модели взаимодействия людских потоков с учетом психологической напряженности толпы. В рамках исследования решены задачи по оценке зон конфликта и пересечения потоков, спускающихся с разных этажей на межэтажных лестничных площадках [1, 3, 4]. Предложенные математические подходы позволяют повысить точность превентивного моделирования и могут быть внедрены в системы интеллектуальной эвакуации.

Ключевые слова: психология толпы, панические состояния, логистика эвакуации, пересечение потоков, математическое моделирование.

ACCOUNTING FOR PSYCHOLOGICAL FACTORS AND MODELING PEDESTRIAN FLOW INTERSECTIONS DURING EVACUATION FROM MULTI-STORY BUILDINGS

Alovov Dovletyar Ch.

Turkmen State Architecture and Construction Institute

Turkmenistan, Ashgabat

Abstract. The article investigates the influence of the human factor and panic states on the overall logistics of the evacuation process from multi-story buildings. The main purpose of the work is to develop a mathematical model of pedestrian flow interaction taking into account the psychological tension of the crowd. The study solves problems of assessing conflict zones and intersections of flows descending from different floors on inter-floor stair landings [1, 3, 4]. The proposed mathematical approaches improve the accuracy of preventive modeling and can be integrated into intelligent evacuation systems.

Keywords: crowd psychology, panic states, evacuation logistics, flow intersection, mathematical modeling.

1. Введение

Обеспечение безопасности в многоэтажных зданиях требует комплексного учета как пространственно-геометрических параметров, регламентируемых действующими строительными нормами [1], так и динамики поведения людей в условиях угрозы. При возникновении чрезвычайной ситуации (ЧС) классическая гидродинамическая аналогия движения людского потока становится неполноценной, так как на физическое перемещение накладывается человеческий фактор — возникновение панических состояний, растерянность и возникновение локальных конфликтов движущихся масс.

Целью данной работы является исследование психологических механизмов поведения людей при эвакуации и математическое описание процессов слияния и пересечения людских потоков на лестнично-распределительных узлах многоэтажных зданий.

2. Психология поведения в ЧС и роль панических состояний в логистике

При возникновении экстренной ситуации поведенческая модель эвакуируемых меняется от рационально-ориентированной к эмоционально-аффективной [3]. Психологический фактор оказывает прямое влияние на логистические параметры движения (скорость, плотность, вектор движения).

2.1. Основные фазы поведенческой реакции

1. **Фаза задержки (рефлексивная пауза):** Затраты времени на осознание угрозы, поиск информации и ориентацию. Составляет до 30–50% от общего времени эвакуации.

2. **Фаза стадного инстинкта («Faster-is-Slower»):** Попытки эвакуируемых двигаться быстрее вызывают рост плотности в узких местах, что приводит не к ускорению, а к физическому заклиниванию дверных проемов («эффект архивации») [4, с. 487].

3. **Игнорирование запасных выходов:** Эвакуируемые стремятся покинуть здание тем же путем, каким вошли (через главный вход), снижая загрузку альтернативных эвакуационных путей.

2.2. Математический учет психологии в параметрах потока

Для учета панического состояния вводится коэффициент психологической дезорганизации $k_\psi \geq 1.0$. Скорректированная скорость движения эвакуируемого потока v_{real} с учетом высокой плотности D и фактора паники определяется выражением:

$$v_{real} = v_0 \cdot \left(1 - a \ln \frac{D}{D_0}\right) \cdot \frac{1}{k_\psi}$$

где:

- v_0 — базовая скорость свободного движения человека (м/мин);
- D — текущая плотность людского потока (чел/м² или м²/м²);
- D_0 — пороговая плотность начала торможения;

- a — эмпирический коэффициент адаптации;
- k_{ψ} — коэффициент панического торможения (k_{ψ} = 1.0 в норме; k_{ψ} = 1.35-1.60 при выраженном паническом состоянии из-за хаотичных толчков и потери координации).

Основным инженерно-логистическим узлом многоэтажного здания является межэтажная лестничная площадка, где происходит слияние двух транзитных потоков:

1. **Поток Q_{top}:** Основной транзитный поток, спускающийся с вышележащих этажей.
2. **Поток Q_{floor}:** Входящий поток эвакуируемых с текущего этажа.

3. Логистика и расчет пересечений людских потоков на перекрестках и лестницахС учетом требований к ширине и пропускной способности путей эвакуации [1], межэтажная лестничная площадка выступает ключевой зоной слияния транзитного потока с верхних этажей (Q_{top}) и потока с текущего этажа (Q_{floor}) [2]. Отсутствие регулирования в этих узловых точках вызывает блокировку вертикального перемещения и рост плотности выше критических значений [2, с. 134].

3.1. Модель слияния и образования затора

При объединении двух потоков на площадке ограниченной площади S_{pl} создается зона турбулентности. Результирующая пропускная способность узла слияния Q_{res} ограничена максимальной пропускной способностью выходящего лестничного марша Q_{max}:

$$Q_{res} = min\left(Q_{top} + Q_{floor} + Q_{max}\right)$$

Если $Q_{top}+Q_{floor}>Q_{max}$, на лестничной площадке начинается рост плотности D_{pl}:

$$\frac{d\,D_{pl}}{dt} = \frac{\left(Q_{top} + Q_{floor}\right) - Q_{res}}{S_{pl}}$$

При достижении критической плотности $D_{pl} \geq 5.0$ чел/м² скорость движения в узле падает практически до нуля, формируя локальную физическую проходную пробку.

4. Заключение

Интеграция поведенческой психологии и математического расчета пространственных пересечений потоков позволяет пересмотреть классические подходы к эвакуации:

1. **Снижение паники через инженерные решения:** Применение активных систем динамической навигации (светодиодные указатели направления, адаптивные звуковые оповещения) снижает коэффициент k_{ψ} за счет уменьшения времени фазы задержки.

2. **Оптимизация узлов слияния:** Для исключения блокировки потоков с промежуточных этажей рекомендуется применять объемно-планировочные решения с расширенными лестничными площадками или физическим разделением зон слияния направляющими экранами.

Список литературы:

1. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы : свод правил : утв. приказом МЧС России от 19 марта 2020 г. № 194. — Москва : Стандартинформ, 2020. — 109 с.
2. Эвакуация и поведение людей при пожарах : учебное пособие / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин, А. П. Парфененко [и др.]. — Москва : АГПС МЧС России, 2015. — 212 с.
3. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре : свод правил : утв. приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. № 173. — Москва : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009. — 23 с.
4. Helbing, D. Simulating dynamical features of escape panic / D. Helbing, I. Farkas, T. Vicsek // Nature. — 2000. — Vol. 407, no. 6803. — P. 487–490.