

УДК 519.95:519.872

**МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ,  
ИМЕЮЩИХ ВНУТРЕННИЕ СОСТОЯНИЯ, С КОЛЛЕКТИВОМ  
ОБСЛУЖИВАЮЩИХ АГЕНТОВ**

**О. Д. Асенчик, В. С. Мурашко**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Создание адекватных и имеющих приемлемую вычислительную сложность математических моделей стохастического движения агентов по системе центров с внутренней структурой актуально для многих прикладных областей науки и техники. Обслуживание стационарных объектов (нефтяных скважин, энергетических объектов и т. п.) передвижными бригадами, когерентный и некогерентный перенос электронов, электронных возбуждений или квазичастиц в системе многоуров-

невых центров различной физической, химической или биологической природы – некоторые примеры подобных областей.

В работе рассмотрена система, состоящая в некоторый момент времени из  $N$  обслуживаемых центров и  $M$  обслуживающих агентов ( $N \geq M$ ). Обслуживаемый объект может находиться в одном из трех состояний: в состоянии ожидания обслуживания; в состоянии, когда объект не требует обслуживания; в состоянии, когда на центре находится агент и он обслуживается. Агенты перемещаются от центра к центру, при этом они могут переходить только на центры, находящиеся в основном состоянии. В общем случае количество агентов непостоянно: агенты могут выводиться из системы и появляться вновь.

В качестве математической модели такой системы предложена система линейных дифференциальных уравнений (уравнений Колмогорова) для вероятностей реализации возможных состояний в заданный момент времени. Параметрами этой модели являются: средние скорости переходов между внутренними состояниями заданного центра, матрица, задающая вероятности переходов агентов между соседними центрами, вероятность ухода агента из системы после обслуживания центра, средняя скорость появления нового агента на заданном центре.

Показано, что количество различных состояний системы и, соответственно, количество уравнений равно  $\sum_{M=0}^N N_M$ , где  $N_M = 2^{(N-M)} C_N^{(N-M)}$  – число уравнений в системе при фиксированном количестве агентов  $M$ . Очевидно, что при достаточно большом  $N$  численное решение такой системы будет являться вычислительно-сложной задачей.

Для случая, когда можно пренебречь временными корреляциями между нахождением агентов на различных центрах, предложена система самосогласованных нелинейных дифференциальных уравнений существенно меньшей размерности –  $3(N+1)$ . Эта модель подразумевает эффективное «взаимодействие» различных центров между собой посредством взаимодействия с единым «полем» агентов. Здесь прослеживается аналогия с моделью взаимодействия квантовых частиц с квантованным электромагнитным полем.

В работе получены решения предложенных систем уравнений в частных случаях и выражения для вероятностей нахождения заданного центра в заданном состоянии, через которые могут быть выражены характеристики надежности системы.