

# СОЗДАНИЕ АГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ВЫЕЗДНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Алуев Е. А.

АТЕК

Брест, Республика Беларусь

E-mail: alooeff@gmail.com

*Работа посвящена созданию мульти-агентной системы выездного обслуживания оборудования. Описаны задачи перед системой, разработана и смоделирована работа нескольких сервисных бригад по ремонту и обслуживанию оборудования, распределенного на заданной территории. Изучена зависимость прибыли предприятия в зависимости от количества бригад и стоимости обслуживания оборудования. Изучена возможность динамического изменения количества бригад для поддержания работоспособности оборудования и нагрузки на сервисную бригаду на максимуме для эффективного использования ресурсов.*

## ВВЕДЕНИЕ

При организации системы выездного обслуживания возникает необходимость не только решать логистические и складские задачи, но и задачи составления расписания. При имеющемся плане установки оборудования часто необходимо выбрать оптимальное положение обслуживающего центра, из которого происходят выезды сервисных бригад. Однако даже очевидная задача выбора количества сервисных бригад с точки зрения уменьшения затрат на их содержание и увеличения прибыли от оборудования, остающегося работать максимально продолжительное время, задает немало параметров, для решения которых приходится прибегать к моделированию реальных ситуаций.

Парк оборудования (например, ветряные турбины, системы кондиционирования или вендинговые автоматы) распределен географически в пределах определенной области. Каждая единица оборудования приносит доход, пока она работает. Однако иногда она выходит из строя и требует ремонта или замены. Также необходимо своевременно проводить техническое обслуживание (ТО) согласно графику обслуживания конкретного оборудования. Несвоевременное техническое обслуживание, а также превышение отведенного ресурса кратно увеличивают вероятность отказа.

Система обслуживания состоит из нескольких сервисных бригад, которые базируются в одном центральном месте. Когда сервисная система получает заявку на ремонт или техническое обслуживание, одна из бригад получает его, едет к этому оборудованию и выполняет требуемую работу. Во время проверки неисправности может оказаться, что оборудование не подлежит ремонту. В этом случае его заменяют на новое. После выполнения ремонта или замены части оборудования выполняется ТО, если его срок уже наступил (все делается в течение одного визита). Закончив работу, сервисная бригада может принять еще один заказ и отправиться к следующему месту работы или вернуться домой, если заказов для нее нет.

Система обслуживания имеет набор параметров, которые определяют поведение агентов, так как влияют на приоритеты их задач:

Таблица 1 – Подпись таблицы

Параметр	Значение
Доход от работающего оборудования в день	300 ед.
Затраты на содержание сервисной бригады в день	200 ед.
Средние затраты на ремонт оборудования	1 000 ед.
Затраты на ТО оборудования	500 ед.
Затраты на замену оборудования	10 000 ед.
Среднее время ремонта оборудования	4 часа
Среднее время замены оборудования	10 часа
Вероятность замены оборудования после поломки	8 %
Периодичность техобслуживания	50 дней

## I. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

При увеличении количества сервисных бригад уменьшается время простоя неисправного оборудования и одновременно увеличиваются затраты на содержание этих бригад. Регламентное техобслуживание и вероятность выхода оборудования из строя (с возможностью ремонта или с необходимостью замены) зависит от даты его установки и последнего обслуживания. Все это формирует зависимость работоспособности оборудования от множества факторов и вероятностей. В данной работе необходимо смоделировать процессы работы сервисных бригад и оценить оптимальное их количество для получения максимального дохода эксплуатирующим оборудованием предприятием.

## II. СОЗДАНИЕ АГЕНТОВ

Используя парадигму агентного моделирования [1], созданы модели объектов реальной системы - единицы оборудование и сервисные бригады. Необходимость в центральном диспетчере служб на данном этапе описания модели отсутствует.

**Агент единицы оборудования.** В зависимости от состояния единица оборудования по-

разному реагирует на прибытие сервисной бригады. Если бригада приезжает к работающему оборудованию, это может означать только то, что она выполнит плановое обслуживание, тогда как в состоянии Failed она осмотрит ситуацию и отремонтирует или заменит оборудование. Стоит также отметить, что согласно семантике диаграмм состояний переходы происходят мгновенно (занимают нулевое время), поэтому в нашей диаграмме состояний мы предполагаем, что проверка отказа занимает нулевое время. (Рис. 1)



Рис. 1 – Диаграмма состояний единицы оборудования

**Агент сервисной бригады.** Поведение сервисной бригады простое: она принимает запрос, едет к единице оборудования, выполняет работу и либо продолжает работу со следующим запросом, либо возвращается в свое исходное местоположение. В отличие от единицы оборудования, сервисная бригада является мобильным агентом, поэтому перемещение в пространстве будет неотъемлемой частью ее поведения. Однако понятие состояния (Ожидание, Движение на заявку, Работа) присутствует и здесь: (Рис. 2)



Рис. 2 – Диаграмма состояний сервисной бригады

Среди вещей, общих для всех агентов, есть область обслуживания (Service Territory), где на-

ходится оборудование и ездят сервисные бригады. Единицы оборудования расположены внутри области обслуживания согласно имеющимся реальным объектам. Сервисные бригады имеют начальное положение в базовом месте (дома). Агенты сервисных бригад будут выбирать кратчайшие маршруты по существующим дорогам. Для упрощения модели бригады будут ездить по прямым линиям там, где дороги отсутствуют.

Помимо области обслуживания на глобальном уровне, в модели присутствуют:

- Очередь заявок на ремонт или Техническое обслуживание;
- Диспетчер, который управляет очередью (создает заявки) и распределением заявок между сервисными бригадами, если их более одной.

### III. СТАТИСТИКА

Модель, реализованная в NetLogo [2], представляет собой код программы, определяющую начальные параметры агентов и их поведение. Интерфейс ПО позволяет выводить графики следующих параметров, необходимых для анализа системы:

- Доходы от имеющегося оборудования;
- Затраты на сервисную бригаду и выполняемые ею работы;
- Доступность оборудования
- Использование сервисной бригады
- Стоимость сервисной системы
- Доход по всей модели

График доступности оборудования показывает, какой % оборудования исправен (приносит выручку), а график загрузки (использования) сервисных бригад показывает величину их загрузки/простоя.

Модель также позволяет решать задачи динамического составления расписания (очереди заявок на обслуживание) для сервисных бригад [3,4]

1. Railsback, S.F. and Grimm, V. Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction. Princeton University Press 2012
2. Vidal J. Fundamentals of Multiagent Systems with NetLogo Examples. 2010. University of South Carolina, USA <https://jmvidal.cse.sc.edu/papers/mas.pdf>
3. Alooeff E., Adzinets D. Multi-Agent System For Intelligent Scheduling // ECMS 2024, Volume 38, Issue 1, June 2024, Cracow, Poland. European Council for Modelling and Simulation. doi:10.7148/2024-0507
4. Alooeff E. Agent-Based Model for Field Service Management // Artificial Intelligence and Soft Computing 23rd International Conference, ICAISC 2024, Zakopane, Poland, June 16–20, 2024, Proceedings, Part I