

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 692.66:681.515

Струц
Дмитрий Алексеевич

Современные системы управления лифтами

АВТОРЕФЕРАТ

На соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-53 80 01 "Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (по отраслям)"

Научный руководитель

Марков Александр Владимирович
кандидат технических наук, доцент

Минск 2020

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы быстрый рост строительной индустрии и связанных с ней технологий требовал параллельного роста в сфере вертикальных перевозок. Прогрессивное повышение цен на землю в городах привело к интенсивной эксплуатации земли и строительству высотных зданий. Развитие лифтостроения в значительной мере определяет возможности современного высотного строительства, так как предельная высота здания ограничивается, во-первых, пропускной способностью его вертикального транспорта, во-вторых, надёжностью лифтовой шахты. Возможности лифтового оборудования зависят от достижений в области науки и техники, а также успехами экономического развития. Развитие инфраструктуры современных мегаполисов невозможно без многоэтажных жилых, производственных и офисных зданий, в которых эксплуатируются несколько лифтов, объединенных в группы.

При этом возникает потребность согласования работы лифтов в группе по вызовам, задачами которого являются повышение производительности лифтов, уменьшение времени ожидания кабины пассажирами, сокращение количества холостых пробегов и связанное с этим уменьшение износа лифтов и расхода энергии. Данные задачи решаются системами группового управления лифтами с применением диспетчеризации.

Системы управления группой лифтов имеют большую значимость в вертикальной транспортировке. Следовательно, весьма актуальным является вопрос совершенствования существующих и разработки новых алгоритмов управления.

Целью работы является исследование и сравнительный анализ существующих методов, их совершенствование, а также разработка новых алгоритмов управления лифтовой группой.

Объектом исследования являются системы управления группой лифтов.

Предметом исследования являются процесс эффективного распределения вызовов и оптимального управления группой лифтов. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- рассмотреть основные особенности и провести анализ существующих актуальных методов управления лифтовой группой;
- разработать программный прототип, реализующий алгоритмы управления лифтовой группой;
- выполнить экспериментальную оценку эффективности предложенных решений.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования

Целью работы является исследование и сравнительный анализ существующих методов, их совершенствование, а также разработка новых алгоритмов управления лифтовой группой.

Задачи исследования

1. Обзор и сравнительный анализ существующих актуальных методов управления группой лифтов;
2. Разработка программного прототипа, реализующий алгоритмы управления лифтовой группой;
3. Экспериментальная оценка эффективности предложенных решений.

Личный вклад соискателя

Соискателем выполнены все изложенные в работе разработки и исследования.

Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем.

Обработка, интерпретация данных, а также выводы сделаны автором самостоятельно.

Апробация и опубликованность результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы докладывались на следующих научных конференциях:

- The International Conference on Information Technologies and Systems ITS 2018 (Минск 2018);
- The International Conference on Information Technologies and Systems ITS 2019 (Минск 2019);
- 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск 2020).

По материалам диссертационной работы опубликовано 3 печатные работы, включая 3 тезиса докладов научных конференций. Суммарный объем публикаций составляет около 5 печатных страниц.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Она содержит 104 страницы, включая 66 страниц основного текста, 29 рисунков, 15 таблиц и приложения объемом 30 страниц, список использованных источников из 28 наименований.

Библиотека БГУИР

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы.

В первой главе диссертационной работы был произведен обзор существующих структур систем управления группой лифтов (СУЛГ) и особенности работы лифтов.

Основными компонентами СУЛГ являются панели вызова, расположенных на каждом этаже, панель вызова и контроллер внутри каждой кабины и группового контроллера. Общая структура представлена на рисунке 1.

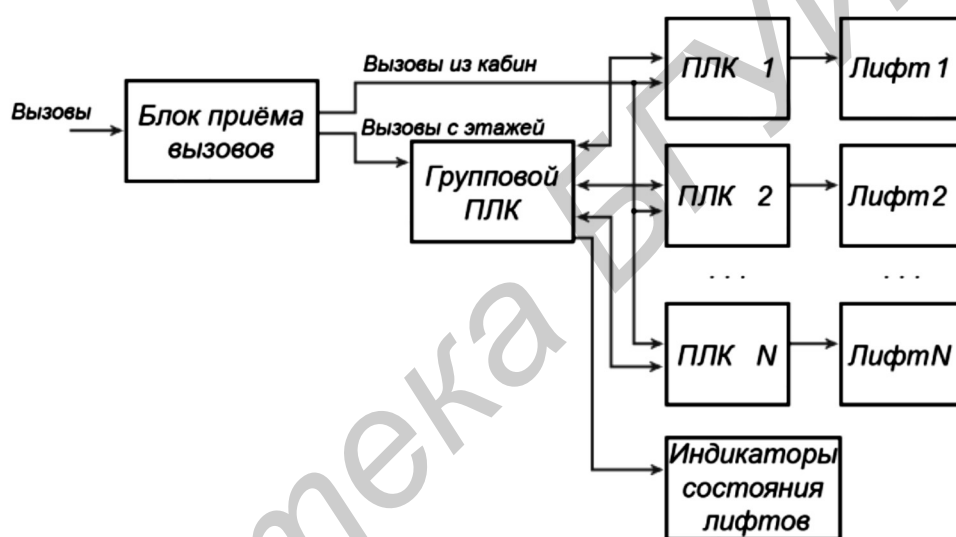


Рисунок 1 – Общая структура системы управления группой лифтов

Панели вызова для посадки, которые могут иметь в составе одну или две кнопки и семисегментный индикатор, отображающий текущее местоположение кабины. В качестве альтернативного решения применяются цифровые панели на этаже для указания места назначения. В этом случае цифровые панели внутри кабины отсутствуют.

Большинство современных систем управления группой лифтов имеют в составе ПЛК и являются распределенными. Наличие микроконтроллеров, позволяет оперативно изменять поведение управляемого объекта на уровне программного обеспечения. Лифт оснащен множеством датчиков различного типа. Вспомогательная информация с этих датчиков может быть использована для улучшения качества обслуживания.

Лифт в процессе выполнения задач совершает большое количество остановок во время движения, что приводит к постоянному переключению

режима электропривода. Одним из основных требований, предъявленных к электроприводу лифтов, является обеспечение минимального времени движения кабины от исходного этажа положения кабины до этажа назначения по вызову или приказу. Наряду с этим имеет место тот факт, что этап движения с установившейся скоростью может отсутствовать, если сумма путей разгона до установившейся скорости и торможения меньше расстояния между этажами отправления и назначения.

Задачей группового контроллера является выбор для каждого этажного вызова лифт, который минимизирует предварительно выбранную целевую функцию. Традиционно главной целью была минимизация времени ожидания пассажиров, которое определяется как фактическое время ожидания предполагаемого пассажира после регистрации вызова на этаже, до открытия дверей прибывшего лифта.

Классические стратегии диспетчерского управления не предполагают переопределения принятых решений в случае изменения внешних условий.

Современные решения используют стратегии с динамическим управлением, предполагающие реакцию системы на внешние изменения, но имеют высокую вычислительную сложность и используются в высотных зданиях.

Поскольку ограничено количество условий, по которым система управления распределяет вызовы между кабинами и свободные кабины по высоте здания, то любая система не во всех ситуациях действует наилучшим образом.

Во второй главе диссертационной работы приведено обоснование возможности рассмотрения системы управления лифтовой группой как системы массового обслуживания (СМО). СУЛГ можно классифицировать, как разомкнутые СМО, так как для высотных зданий число порождаемых входных заявок практически не зависит от количества пассажиров, уже находящихся в кабине лифта. В общем случае, это система с неоднородными заявками, поскольку для большинства стратегий, заявки, поступающие с верхних этажей, имеют право на преимущественное обслуживание.

СУЛГ можно рассматривать, как многоканальные СМО, где количество каналов обслуживания равно числу лифтов в здании. Лифты в одном здании могут обладать различной вместимостью и скоростью подъема, что делает систему обслуживания разнородной.

Лифтовые системы классифицируются как СМО с очередями неограниченной емкости. При моделировании лифтовых систем эти

особенности, как правило, не учитываются и очереди формируются с использованием дисциплины FIFO.

Как правило, модели лифтовых систем не предусматривают отказов в обслуживании, что приводит к нулевому потоку отклоненных заявок. В реальных системах необслуженные заявки могут появляться в том случае, если пассажир по истечении приемлемого для него времени ожидания покинет очередь и воспользуется лестницей.

Вторая глава содержит описание методов исследования систем управления лифтовой группой и шаблонам пассажиропотока.

Загрузка лифтового оборудования зданий и сооружений изменяется во времени по случайному закону. При этом, здания и сооружения схожего типа и назначения характеризуются шаблонами интенсивности использования лифтов, которые представляют запросы пассажиров, желающих воспользоваться лифтом для перемещения. Пример зависимости в офисном здании представлен на рисунке 2.

В зависимости от конкретной формы пассажиропотока, выделяют: поток вверх, поток вниз, пиковый поток.

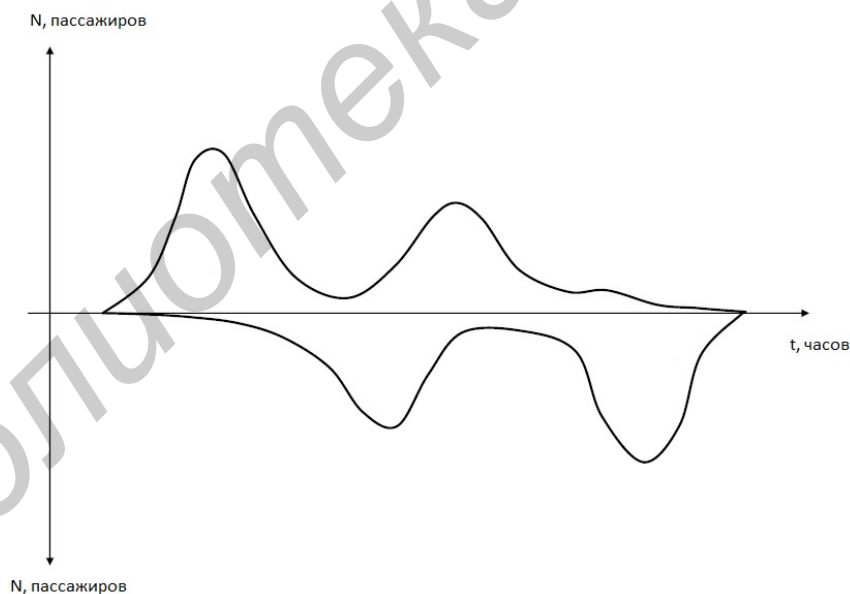


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности пассажиропотока от времени суток

Приведены примеры аналитических методов и особое внимание уделено имитационному моделированию. Были рассмотрены методы построения имитационных моделей и их структура. На основании проведенного анализа и результатов прототипирования модели было принято решение о построении

модели с использованием языков общего назначения на платформе Microsoft .NET и библиотеки имитационного моделирования Dessert.

В третьей главе диссертационной работы производится разработка алгоритма разработка программного прототипа имитационной модели, приводится описание основных компонентов системы. Разработанный прототип представляет собой гибридную имитационную модель с применением агентного и дискретно-событийного подходов. Кабина лифта представлена агентом со следующим набором состояний. Диаграмма состояний лифтовой кабины представлена на рисунке 3.

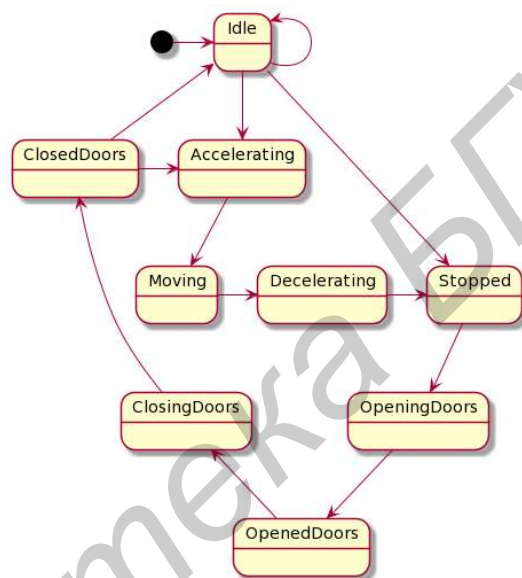


Рисунок 3 – Диаграмма конечного автомата движения кабины лифта

Idle – это начальное состояние, соответствующее неподвижной кабине на этаже.

Accelerating – состояние ускорения кабины до номинальной скорости.

Moving – состояние движения кабины на номинальной скорости.

Decelerating – состояние замедления кабины до полной остановки.

Stopped – состояние остановленного лифта.

OpeningDoors – состояние кабины при котором осуществляется открытие дверей.

OpenedDoors – состояние кабины при которых двери открыты, пассажиры могут осуществлять посадку.

ClosingDoors – состояние кабины при котором осуществляется закрытие дверей.

ClosedDoors – состояние кабины при которых двери закрыты, кабина готова начать движение или остаться на этаже.

Приведено описание особенностей построения графического интерфейса для программного прототипа. На рисунке 4 приведена главная форма графического интерфейса.

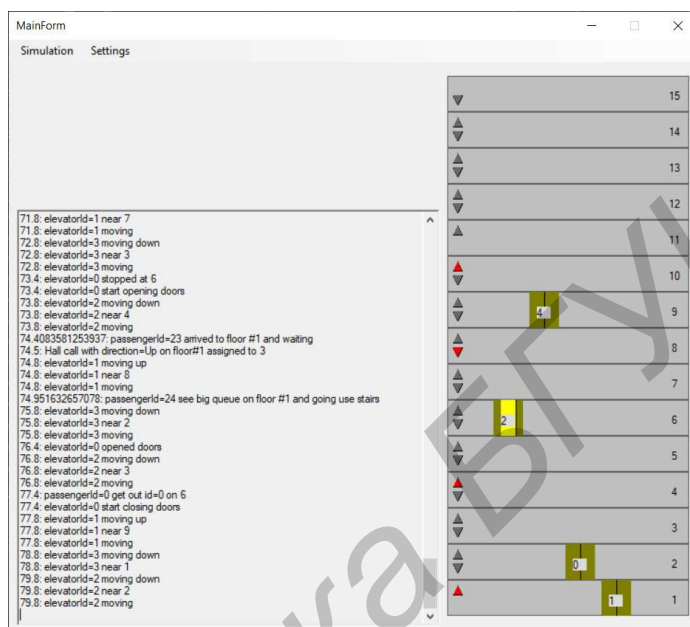


Рисунок 4 – Главная форма графического интерфейса модели

На основании существующих общих правил и требований к обработке вызовов разработан алгоритм для определения целевого этажа. В результате на базе построенной имитационной модели проведены экспериментальные исследования влияния отмены этажных вызовов на качество обработки заявок.

Отмена этажных вызовов позволят сократить среднее время ожидания и среднее время в пути на 2.1-6.7% и 0.6-3% соответственно в зданиях средней и высокой этажности. Результаты экспериментов для малоэтажных зданий выявили, что использование данной функции в зданиях малой этажности не является целесообразным.

В приложении представлен код основных классов имитационной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над диссертационной работой был произведен обзор существующих структур систем управления группой лифтов и особенности работы лифтов. Проведен анализ существующих методов обработки вызовов с приведением их достоинств и недостатков.

Обосновано представление системы управления лифтовой группой как системы массового обслуживания.

На основании обзора методов исследования данных систем, был выбран метод имитационного моделирования и разработана имитационная модель системы управления лифтовой группой на базе языков общего назначения на платформе Microsoft .NET. Приведено описание особенностей построения графического интерфейса для программного прототипа.

На базе разработанной модели проведена проверка эффективности автоматической отмены этажных вызовов без пассажиров. На основании полученных экспериментальных данных для различного типа зданий отмена этажных вызовов позволят сократить среднее время ожидания и среднее время в пути на 2.1-6.7% и 0.6-3% соответственно в зданиях средней и высокой этажности при смешанном суточном пассажиропотоке. Использование данной функции в зданиях малой этажности не является целесообразным.

На основе данной диссертации опубликованы три тезиса на научные конференции.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А.] Струц, Д. А. Оптимизация времени ожидания при диспетчеризации группы лифтов на основе генетического алгоритма / Д. А. Струц // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018) = Information Technologies and Systems 2018 (ITS 2018) : материалы международной научной конференции, Минск, 25 октября 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2018. – С. 68 - 69.

[2-А.] Струц, Д. А. Обзор и анализ алгоритмов диспетчеризации группы лифтов / Струц Д. А. // Информационные технологии и системы 2019 (ИТС 2019) = Information Technologies and Systems 2019 (ITS 2019) : материалы международной научной конференции, Минск, 30 октября 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2019. – С. 88 – 89.

[3-А.] Струц, Д. А. Имитационное моделирование системы управления группой лифтов / Д. А. Струц // Информационные технологии и управление: материалы 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 21-24 апреля 2020 г. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 44.