

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППАМИ ЛИФТОВ И СРАВНЕНИЕ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ С КЛАССИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ

*К.А. Демиденков, С.К. Крутолевич*

В данной статье рассматриваются результаты разработки автоматизированной системы управления группами лифтов, результаты сравнения эффективности автоматизированных систем управления группами лифтов, а также сведения о специализированном программном обеспечении позволяющем проводить исследования автоматизированных систем управления группами лифтов.

Ключевые слова: автоматизированные системы, системы управления группами лифтов

### **1. Введение**

Для оптимизации какой-либо системы, в первую очередь необходимо иметь модель этой системы и статистическую информацию, содержащую в себе значения параметров системы за определенный период времени эксплуатации данной системы. После этого на основе имеющихся данных и целей оптимизации можно проанализировать и выявить элементы системы, работу которых нужно оптимизировать.

В процессе жизнедеятельности современного человека, в условиях развития инфраструктуры городов невозможно обойтись без многоэтажных зданий предприятий имеющих в эксплуатации группы лифтов для перемещения пассажиров и грузов. В свою очередь, управление такой группой лифтов должно быть скоординировано в автоматизированной системе управления. Но стоит обратить внимание на то, что большинство используемых систем управления группами лифтов имеют классическую реализацию, которая имеет ряд недостатков, среди которых можно выделить: нерациональное использование ресурсов лифта и большое время выполнения заявок в случае их большого потока. Следует подчеркнуть, что данные недостатки являются зависимыми друг от друга и попытка исключения одного из них ведет к насыщению другого. И наиболее рациональным решением в этом случае является подбор оптимального соотношения этих параметров.

В данной научной работе будут рассмотрены классическая и усовершенствованная модели систем управления группами лифтов, эффективность применения которых будет проверена и на разработанной программе имитационно визуализирующей процесс работы модели системы управления и собирающей статистическую информацию для последующего анализа и сравнения эффективностей.

Модели систем управления описываются следующими параметрами: число лифтов в группе; число посадочных площадок; матрица возможных остановок; параметры привода лифтов; параметры пассажиропотока. Параметры лифтов описывают свойства, характерные для каждого из лифтов, а именно: грузоподъемность лифта, номинальную скорость лифта, начальное положение лифта, общую массу подвижной системы лифта (кабины, противовеса, тросов, маховика и др.).

Поток пассажиров характеризуется этажами появления и следования пассажиров, массой пассажира, интервалом времени между приходом пассажиров, временем начала

и окончания потока. Перечисленные выше параметры характеризуются случайными величинами.

Целью данной работы является сравнения эффективностей использования классической и усовершенствованной систем управления группами. В качестве целевых функций управления, а, следовательно, и критериев сравнения эффективности, могут выступать: минимизация среднего времени обслуживания одной заявки, минимизация холостого пробега группы лифтов, минимизация числа остановок числа остановок и как, следствие уменьшения износа оборудования и потребления электроэнергии.

## **2. Классическая модель системы управления группами лифтов**

Основываясь на принципах парных и групповых систем [1] была сформирована теоретическая модель классической системы управления группой лифтов, которая подразумевает выполнение следующих требований:

1. На каждом этаже здания использующим данную систему управления возле каждого лифта устанавливается внешняя панель вызова лифта, имеющая две кнопки вызова (вниз и вверх)

2. Внутри каждого лифта находится внутренняя панель управления при помощи, которой пользователи лифта, зайдя в лифт, могут заказать доставку лифта на соответствующий этаж. Соответственно данная панель имеет столько кнопок, сколько этажей содержит здание.

3. В случае нажатия кнопки вызова система управления ищет первый, попавшийся свободный и обеспечивает остановку этого лифта на вызванном этаже. В случае отсутствия свободного лифта система переходит в режим ожидания и когда появляется свободный лифт, то он сразу же отправляется по соответствующему вызову.

4. В случае если через этаж, на котором инициирован вызов, происходит попутный лифт, попутный лифт останавливается системой управления на этом этаже.

5. После нажатия кнопки заявки внутри лифта пользователем, система управления отправляет лифт, на заказанный этаж, ставя при этом высший приоритет выполнения на ближайший этаж в соответствии с текущим направлением движения лифта. При этом во время движения лифта учитывается логика использования попутного лифта описанная в предыдущем пункте списка.

Проведенные исследования на классической модели системы управления группами лифтов показали, что минимизация времени ожидания лифта и потребление электроэнергии являются конфликтными критериями. Другими словами для улучшения модели классической системы управления группами лифтов необходимо решить задачу многоцелевой оптимизации. Решение данной задачи будет рассмотрено при разработке усовершенствованной модели системы управления группами лифтов.

## **3. Усовершенствованная модель системы управления группами лифтов**

Одним из способов оптимизации классической модели является использования одного из конфликтных критериев в качестве целевой функции [2]. В нашем случае это минимизация затрат электроэнергии. А второй критерий выступает в качестве ограничения. Так, например, допустимое время ожидания кабины лифта составляет не более 90 секунд. Таким образом, оптимальным становится альтернативный путь с наименьшим расходом электроэнергии и времени ожидания не более 90 секунд.

Второй способ поиска оптимального алгоритма управления группой лифтов заключается в минимизации следующей целевой функции:

$$C = W_t T_N(R) + W_E E_N(R), \quad (1)$$

где  $T_N(R)$  – нормализованное время, при обслуживании заявок по пути;  $E_N(R)$  – нормализованное потребление электроэнергии при обслуживании заявок по пути  $R$ ,  $W_t$  и  $W_E$  – весовые коэффициенты.

Применено следующее правило нормализации:

$$T_N(R) = T(R) / T(R^*), \quad (2)$$

где  $T(R)$  – время обслуживания заявок по пути  $R$ ,  $T(R^*)$  – минимально возможное время обслуживания по пути  $R^*$ , определенному без учета затрат электроэнергии,

Точно такое же условие выполнено для нормализации количества потребляемой электроэнергии:

$$E_N(R) = E(R) / E(R^*), \quad (3)$$

где  $E(R)$  – электроэнергия, затраченная на обслуживание заявок по пути  $R$ ,  $E(R^*)$  – минимально возможное потребление электроэнергии по пути  $R^*$ , определенному без учета времени ожидания.

Альтернативные маршруты  $R$  генерируются случайным образом для удовлетворения всех имеющихся на данный момент заявок в системе.

В работе системы управления группой лифтов, мы можем выделить две противоположные ситуации, т.е. когда  $W_t=1$  и  $W_E=0$  или  $W_t=0$  и  $W_E=1$ . В первом случае алгоритм оптимизации находит такие маршруты для лифтов, что общее время ожидания вызова будет минимально, несмотря на расход электроэнергии. Во втором случае — потребляемая энергия минимальна, а значением общего времени ожидания пренебрегается.

Можно сделать вывод, что оптимизация времени ожидания и количества потребляемой энергии — две противоположные цели. Учитывая вышесказанное, параметры оптимизации будут являться весовые коэффициенты  $W_t$  и  $W_E$ .

Несмотря на то, что были определены только два параметра оптимизации, изменяя значения которых можно плавно перемещаться между чистой оптимизацией времени ожидания и оптимизацией потребляемой энергии, остается открытым вопрос определения значений коэффициентов  $W_t$  и  $W_E$ .

В настоящее время в большинстве систем управления группой лифтов данные весовые коэффициенты устанавливаются по желанию заказчика и являются постоянными величинами. При этом многие заказчики устанавливают среднее время ожидания ниже, чем 90 секунд, что существенно увеличивает расход электроэнергии.

В результате исследований было выявлено, что рационально не минимизировать значение целевой функции  $C$ , а поддерживать его на неком постоянном уровне. Идея заключается в минимизации ошибки  $\varepsilon$  между значением функции  $C$  из уравнения (1) и желаемым значением этой функции.

$$\varepsilon = C^* - C, \quad (4)$$

Выбирая подходящие значения для  $W_t$  и  $W_E$  в каждой ситуации движения, может быть сокращено количество электроэнергии, необходимое для перевозки пассажиров,

т.к. отпадает необходимость обеспечения пассажиров более быстрым сервисом, как того требует целевая функция 1.

Если в течении некоторого времени (10-20) заявок значение целевой функции  $C$  меньше некоего заданного значения  $C^*$  начинается постепенное увеличение коэффициента  $W_E$  и соответствующее уменьшение коэффициента  $W_I$ . Как следствие время ожидания становится больше. Возрастает важность потребления энергии в выборе альтернативных путей, в то время как важность времени снижается.

Другими словами, если система обслуживает лифты слишком хорошо по сравнению с поставленными задачами оптимизации, например из-за более спокойной ситуации движения, то ошибка  $\varepsilon$  будет становиться больше. Желательно, чтобы среднее время ожидания лифта пассажиром было под контролем. Для определения значения этой величины в реальном времени использовались кнопки вызова лифтов. Вызов активировался, когда пассажир входил в систему и делал через нее вызов, и деактивировался, когда лифт, к которому этот вызов был распределен, начинал движение к данному этажу.

Таким образом, программа управления группой лифтов имеет два модуля — блок принятия решения и интерпретатор. Назначение лифтов в соответствии с полученными вызовами, т.е. подбор наиболее оптимального пути, проводятся блоком принятия решения. Блок принятия решения получает значения весовых коэффициентов, подсчитанных интерпретатором, в качестве входных данных. К тому же блок принятия решения поддерживается информацией о координатах каждого лифта в группе, перевозит ли лифт в данный момент пассажиров, направляется на обслуживание вызова или находится в режиме ожидания. основываясь на состоянии лифтов и осуществленных заявках на обслуживание, блок принятия решений подсчитывает значение функции  $C$  из формулы (1), минимизирует ее и на выходе выдает информацию о распределении путей лифтам.

Интерпретатор имеет базу данных с параметрами последних выполненных заявок, и на их анализе, изменяет значения весовых коэффициентов, минимизирует ошибку  $\varepsilon$ .

#### 4. Разработка средств исследования

Для достижения поставленных целей научной работы необходимо разработать достаточные для проведения исследований средства. В качестве таких средств была разработана имитационная компьютерная программа *LGMS Experimentator*, способная визуализировать работу модели системы управления группой лифтов, а также собрать статистическую информацию состояний системы в процессе её работы.

Для разработки программы были выбраны следующие средства и технологии разработки:

6. *Microsoft Visual Studio 2008 Express*
7. *VisualBasic.NET*
8. *Microsoft .NET Framework 3.5*
9. *Windows Forms*

Выбранная в качестве основе платформа *.NET Framework* в сочетании с технологией *Windows Forms* позволяет в значительной степени сократить время разработки программного обеспечения для операционной системы *Windows* по сравнению с написанием аналогичного программного обеспечения при помощи средств *Windows API* [3]. Таким образом, это позволяет больше сконцентрироваться на научных исследованиях, нежели на разработке пользовательских интерфейсов.

В качестве базы данных для хранения статистической информации о состояниях моделей в процессе моделирования была выбрана база данных *Microsoft SQL Server 2008 Express* являющаяся на момент разработки наиболее оптимальной в плане возможностей [4].

Программная модель лифта была построена на основании основных параметров и характеристиках лифтов с учетом допущений, не влияющих на результаты экспериментов связанных с системами управления [5].

Для построения алгоритма движения лифтов применялись физические формулы кинематики материальной точки [6], а именно формулы равноускоренного, равнозамедленного (5) и прямолинейного равномерного движения (6).

$$y = y_0 + u_0 t \pm \frac{at^2}{2}, \quad (5)$$

$$y = y_0 \pm ut, \quad (6)$$

По умолчанию для генерации пассажиропотока был выбран график работы с 9-17 часов, что основано на среднем времени рабочего дня промышленного предприятия. Дополнительно к числу сотрудников предприятия еще добавлены пользователи лифтами типа «посетитель», которые могут появиться на предприятии в любой момент рабочего дня на случайный срок, тем самым формируя дополнительную случайность при формировании пассажиропотока. Все настройки программы вынесены в виде констант для возможности последующей корректировки начальных условий экспериментов.

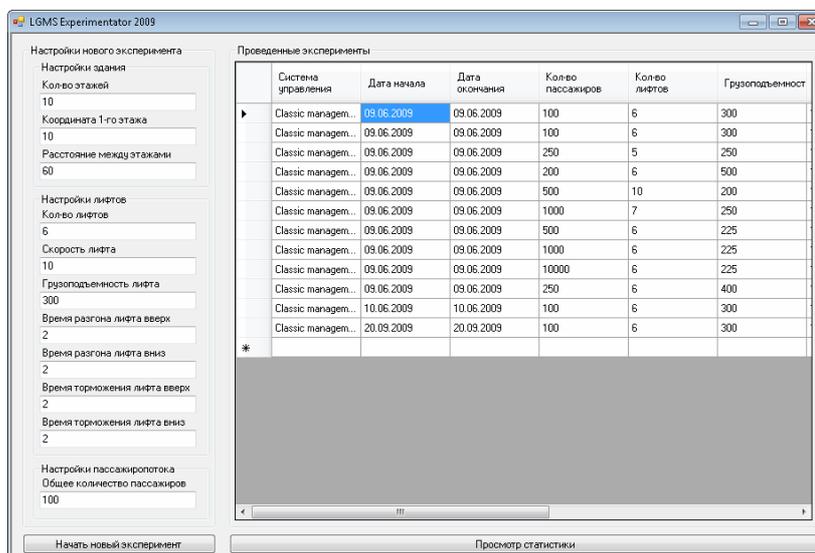


Рис. 1 – Окно программы LGMSExperimentator для запуска экспериментов

Пользовательский интерфейс программы представлен в виде четырех окон: окна запуска экспериментов (рисунки 1), окна визуализирующего текущий эксперимент двух вспомогательных окон для вывода информации о текущем состоянии выбранных объектов эксперимента и значениях их параметров (рисунки 2).

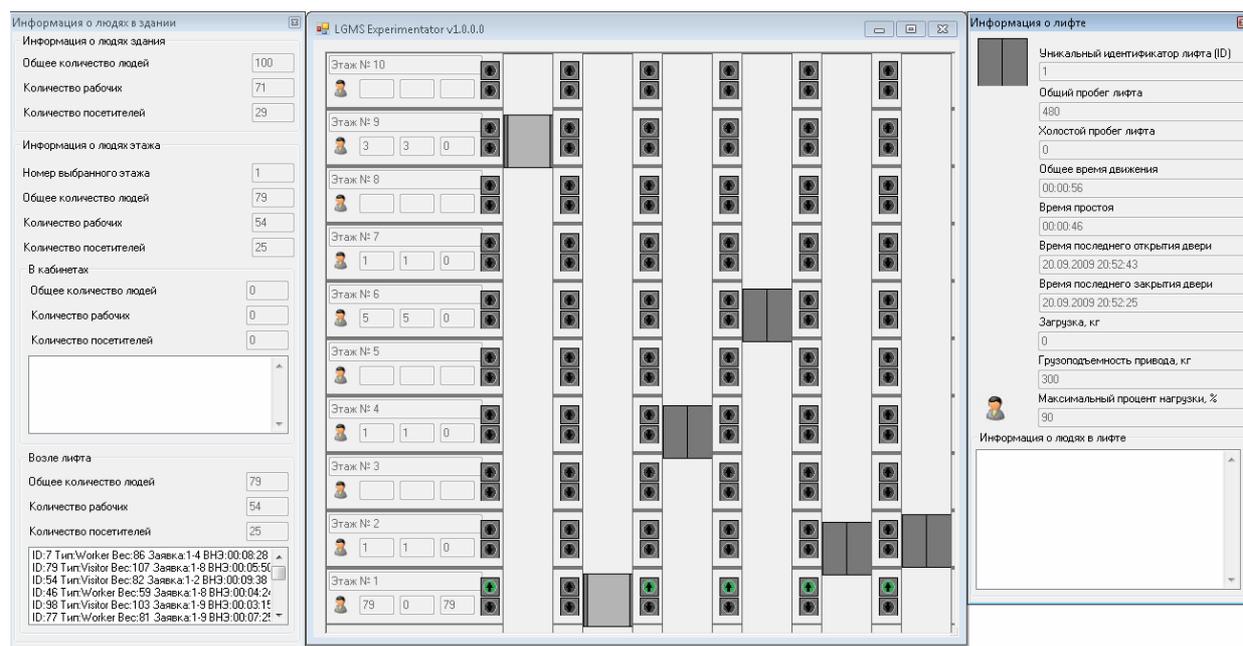


Рис. 2 – Окно программы *LGMS Experimentator* визуализации текущего эксперимента. Вспомогательные окна для вывода информации о текущем состоянии выбранных объектов эксперимента и значениях их параметров

Во время проведения экспериментов ведется непрерывная запись статистической информации в виде состояний и параметров всех объектов моделируемой системы в базу данных.

На основании теоретических моделей классической и усовершенствованной систем управления группами лифтов были разработаны соответствующие алгоритмы управления в виде программного кода и включены в программу *LGMS Experimentator*.

Таким образом, разработанная программа удовлетворяет всем необходимым параметрам для проведения экспериментов над классической и усовершенствованной моделями систем управления группами лифтов. Это позволяет проводить эксперименты над этими моделями, с возможностью ввода различных входных параметров и начальных условий, сохраняя при этом данные о проведенном эксперименте для последующего их анализа экспериментатором.

## 5. Заключение

В процессе выполнения целей работы было разработано специализированное программное обеспечение *LGMS Experimentator*. В результате экспериментов проведенных при помощи программы с различными входными параметрами, задаваемыми для каждой из исследуемых моделей, усовершенствованная модель системы управления группам показала эффективность большую эффективность. Так при определенной интенсивности потока заявок удалось уменьшить энергопотребление приблизительно на 20 % без существенного увеличения времени ожидания лифтов. Кроме этого становится возможным создать программируемый календарь времени ожидания, позволяющий назначить различные временные цели обслуживания на различные дни недели или времена дня. Полученные результаты совпадают с полученными ранее при помощи *MATLAB-SIMULINK*, что подтверждает достоверность полученных результатов [7].

Помимо выявленной эффективности по критерию потребления ресурсов лифтов, усовершенствованная система управления группами лифтов является настраиваемой и

позволяет в случае необходимости варьировать настройки в пользу одного из критериев, что позволяет системе управления адаптировать под конкретный рабочий объект, то есть здание, в котором она будет внедрена в качестве системы управления группами лифтов.

Таким образом, внедрение усовершенствованной системы управления группами лифтов является целесообразным, что подтверждается результатами сравнения эффективности ее работы по сравнению с классической системой управления группами лифтов.

В данный момент программное обеспечение позволяет сравнивать две системы управления (классическую и усовершенствованную), но благодаря гибкой архитектуре, созданной на основе паттернов проектирования [8, с.6-7], имеется возможность расширить количество сравниваемых систем управления путем реализации необходимых программных интерфейсов

#### Литература

1. *Егоров К. А.* Системы управления пассажирскими лифтами. – М., Стройиздат 1977. – 236 с.
2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА (ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОТЕХНИКА). Сб. трудов 6-ая Межрег. научн.-техн. конф. студентов и аспирантов. В 3 т. Т 1. – 2009. – 151 с.
3. *Рихтер Дж.* Программирование на платформе Microsoft .NET Framework /Пер. с англ. — 2-е изд., испр. — М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2003. – 512 стр.: ил.
4. *Robin Dewson.* Beginning SQL Server 2008 for Developers: From Novice to Professional. Apress, 2008. p. 471.
5. Лифты. Учебник для вузов / под общей ред. Д.П. Волкова – М.: изд-во АСВ, 1999. – 480 стр. с илл.
6. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики. Том I. Механика. М.: Наука, 1979. 520 с.
7. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. научн.-техн. конф. : В 3 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Федеральное агентство по образованию, Могилев. обл. исполн. ком., Нац. акад. наук Респ. Беларусь, Белорус.-Рос. Ун-т; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. Ун-т, 2010. – Ч. 3. – 296 с. : ил.
8. *Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Д.* Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб: Питер, 2006. – 366 с.

**Демиденков Константин Андреевич**

Магистрант факультета электротехники  
Белорусско-Российский Университет, г. Могилев  
Тел.: +375(222) 48-10-79  
E-mail: sdk@mail.by

**Крутолевич Сергей Константинович**

Заведующий кафедры АСУ, канд. техн. наук., доцент  
Белорусско-Российский Университет, г. Могилев