ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ СБОРА ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Тевяшев А.Д., Матвиенко О.И., Шиян О.В.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Во всем мире проблема управления сбором и утилизацией твёрдых бытовых отходов (ТБО) является одной из приоритетнейших, занимая в системе городского хозяйства второе место по затратам и инвестициям после сектора водоснабжения и канализации.

К ТБО («муниципальным») относятся отходы, образующиеся в жилом секторе, в предприятиях торговли, административных зданиях, учреждениях, конторах, дошкольных и учебных заведениях, культурно-спортивных учреждениях, железнодорожных и автовокзалах, аэропортах, речных портах.

Сбор твердых бытовых отходов (ТБО) может осуществляться по трем традиционным схемам санитарной очистки территорий:

- без использования контейнеров,
- с применением несменяемых контейнеров,
- с применением сменяемых контейнеров.

Современная система управления отходами предполагает наличие интегрированной системы пяти различных подсистем: социальных, экономических, нормативно-правовых, управленческих, технических.

В докладе рассматривается подсистема оптимального управления парком мусороуборочных машин по сбору и вывозу ТБО с применением несменяемых контейнеров. При таком способе удаления ТБО мусоровоз работает на участке в технологическом режиме согласно одной из схем сбора. Продолжительность работы в технологическом режиме зависит от плотности населения на обслуживаемом участке и расстановки контейнеров. После заполнения кузова (бункера) мусоровоз используется в качестве специализированного грузового автомобиля, доставляющего собранные отходы к месту утилизации и совершающего холостой пробег на эксплуатационный участок.

Исходными данными задачи являются: топооснова (карта населённого пункта масштаба М2000), на которой указаны местоположение всех используемых контейнеров, их объём и количество в данном месте; интенсивность заполнения группы контейнеров в данном месте (одни сутки, двое, трое) для многоэтажных застроек и меньшая (четыре,пять,…,тридцать суток) для частного сектора; состав (марки), технические характеристики (грузоподъемность, объём кузова, фактическая степень сжатия) и техническое состояние (исправна, в ремонте) парка мусороуборочных машин.

На вербальном (содержательном) уровне задача оптимального управления системой сбора ТБО на интервале управления в одни сутки заключается в минимизации суммарного расхода топлива парком мусороуборочных машин на сбор и транспортировку всех заполненных групп контейнеров, включая заполненные контейнеры, на которые поступили заявки из частного сектора.

Приводится математическая постановка этой задачи в виде двухэтапной задачи нелинейного стохастического программирования, включающей в себя:

задачу оперативного планирования оптимального состава, количества и минимальной протяжённости каждого маршрута каждой мусороуборочной машины, обеспечивающих сбор и транспортировку к месту утилизации всего прогнозируемого, с упреждением в одни сутки, количества заполненных контейнеров; задачу коррекции плана на основании дополнительных заявок на вывоз ТБО, поступивших в течение текущих суток. Контроль выполнения плана каждой мусороуборочной машиной осуществляется диспетчером системы с помощью GPS навигации.

Показано, что детерминированный эквивалент задачи оперативного планирования режимов работы парка мусороуборочных машин на интервале управления в одни сутки сводится к задаче условной маршрутизации, решение которой ищется в виде последовательности решений общей задачи коммивояжера с дополнительными балансовыми условиями.

Модель транспортной сети населённого пункта для рассматриваемой задачи представляется в виде графа $G(V,E)$, где V - множество вершин графа сети, каждая из которых соответствует местоположению несменяемого контейнера или группы контейнеров, E - множество дуг графа сети.

Каждой вершине $i \in V$ ставится в соответствие её вес, соответствующий количеству контейнеров, находящихся в этой вершине, а также один из индексов 1,2,3,4,…,30 соответствующих интенсивности заполнения этих контейнеров в днях. Каждой дуге $j \in E$, соединяющей вершины i и j, ставится в соответствие длина R_{ij} кратчайшего пути между этими вершинами. Длина R_{ij} кратчайшего пути определяется по карте населённого пункта с учётом всех правил дорожного движения.

Оптимальное количество мусороуборочных машин и количество выполняемых ими рейсов определяется по балансовым уравнениям, выполнение которых обеспечивает сбор и вывоз всех заполненных контейнеров. Поиск оптимальных (минимальных) маршрутов каждого из рейсов для каждой мусороуборочной машины осуществляется в два этапа: на первом этапе осуществляется декомпозиция исходного графа $G(V,E)$ на множество взаимосвязанных подграфов, суммарный вес вершин каждого из подграфов равен максимальной производительности каждой используемой мусороуборочной машины. Поиск маршрутов минимальной длины для каждого из подграфов осуществляется в результате решения общей задачи коммивояжера[1].

Приводятся результаты сравнительного анализа экономической эффективности предлагаемой и существующей систем управления сбором твёрдых бытовых отходов для одного из городов Украины.

1. Панішев, А. В. Вступ до теорії складності дискретних задач: Монографія [Текст] / А. В. Панішев, О. М. Данильченко, В. О. Скачков. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 236 с.