

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ МУСОРОПЕРЕГРУЗОЧНЫХ СТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НЕСКОЛЬКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

В.И. Егоров, А.В. Михайлов, А.А. Мельберт

Мусороперегрузочная станция является местом перегрузки твердых бытовых отходов. Ее применение вызвано необходимостью уменьшения объема для дальнейшей транспортировки на большие расстояния. Установка МПС порождает ряд организационных вопросов, наиболее важным из которых является поиск расположения МПС, при котором затраты на транспортировку будут минимальными.

Ключевые слова: мусороперегрузочная станция.

Транспортные затраты в общей структуре затрат на удаление отходов составляют от 20 до 35%. [1] Для снижения затрат была разработана технология двухэтапного вывоза твердых бытовых отходов (ТБО) с применением мусороперегрузочных станций (МПС). В системе обращения с отходами МПС занимает промежуточное место между сбором и утилизацией отходов.



Рисунок 1 – Место МПС в системе обращения с отходами

В случае, когда мусороперерабатывающий завод или полигон обслуживает одновременно несколько населенных пунктов, следует обосновать необходимость применения МПС. Если ее применение экономически целесообразно, то МПС следует расположить в наиболее выгодном месте с учетом суммарной стоимости сбора и перегрузки отходов. Схематически система по сбору и дос-

тавке отходов с использованием МПС представлена на рисунке 1.

Для решения вопроса сбора о необходимости применения и оптимального расположения МПС требуются исходные данные расстояний и образуемых отходов для каждого населенного пункта, кроме того, где располагается место утилизации отходов.

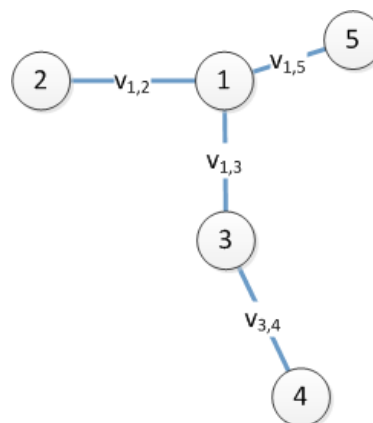


Рисунок 2 – Схема с пятью населенными пунктами. Отходы доставляются в населенный пункт 1 для дальнейшей утилизации

Как можно заметить из рисунка 2, установка МПС возможна на участках 1-2, 1-3-4 и 1-5.

Произведем расчет транспортных расходов на доставку отходов из населенного пункта к месту утилизации при прямом вывозе (без использования МПС).

Расходы на транспортировку делятся на постоянные и переменные. Постоянные расходы зависят от количества транспорта, требуемого для вывоза отходов.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ МУСОРОПЕРЕГРУЗОЧНЫХ СТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НЕСКОЛЬКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

На основе значений расстояния, которое проходит мусоровоз, можно найти переменные расходы M на основе величины переменных затрат на 100 км. Z_{100} :

$$M = \frac{Z_{100} \cdot a \cdot 2}{100}; \quad (1)$$

где Z_{100} – переменные затраты на 100 км.;
 a – пройденное мусоровозом расстояние, км.

На рассматриваемых участках 1-2 и 1-5 задействованы по два населенных пункта. Схематически расположение МПС между двух населенных отражено на рисунке 3. МПС можно установить в населенном пункте 1, либо на расстоянии c от населенного пункта 0. При этом общие затраты должны стремиться к минимуму:

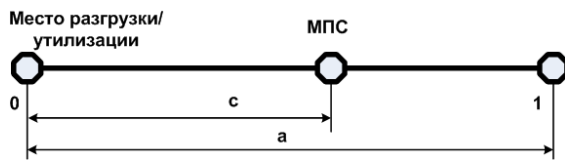


Рисунок 3 – Вариант расположения одного одной МПС между двумя населенными пунктами

Составим систему уравнений, показывающую стоимость затрат:

$$M = \begin{cases} M(V_1; a), & \text{если } c \text{ отсутствует;} \\ M(V_1; a - c) + M(\frac{V_1}{S}; c) + M(V_1), & \text{при } c < a; \\ M(\frac{V_1}{S}; a) + M(V_1), & \text{при } c = a; \end{cases} \quad (2)$$

где a, c – расстояние между населенными пунктами, руб.;

$M(V_i; a)$ – затраты на транспортировку отходов объемом V_i на расстояние a , руб.;

$M(V_i)$ – затраты на перегрузку отходов объемом, руб.;

S – коэффициент уплотнения отходов на МПС.

Система показывает расходы, присутствующие в различных случаях:

- если c отсутствует: (без установки МПС, прямой вывоз отходов);
- $c < a$: МПС находится между пунктами 0 и 1;
- $c = a$: МПС находится в пункте 1.

Исходя из того, что коэффициент сжатия отходов на МПС всегда $S > 1$, составим неравенство:

$$S > \frac{V_1 a - V_1 c}{V_1 a - V_1 c}; \quad (3)$$

или:

$$V_1 a - V_1 c > \frac{V_1}{S} a - \frac{V_1}{S} c; \quad (4)$$

Прибавим значение $\frac{V_1}{S} c$ к обеим частям неравенства:

$$V_1 a - V_1 c + \frac{V_1}{S} c > \frac{V_1}{S} a; \quad (5)$$

Вынесем величину V_1 за скобки:

$$V_1 (a - c) + \frac{V_1}{S} c \neq \frac{V_1}{S} a; \quad (6)$$

Прибавим значение V_1 к обеим частям неравенства. Получим:

$$V_1 (a - c) + \frac{V_1}{S} c + V_1 \neq \frac{V_1}{S} a + V_1; \quad (7)$$

Запись $M(V_i; a)$ означает, что функция переменных затрат прямо пропорциональна значениям V_i и a . Поэтому, если справедливо неравенство 7, то будет справедливым и неравенство:

$$M(V_1; a - c) + M(\frac{V_1}{S}; c) + M(V_1) > M(\frac{V_1}{S}; a) + M(V_1); \quad (8)$$

Таким образом, третье уравнение в системе 2 всегда больше четвертого уравнения. Так наша задача, найти минимум значения M , исключим третье уравнение из системы. Итоговый вариант системы выглядит следующим образом:

$$M(c) = \begin{cases} M(V_1; a), & \text{если } c \text{ отсутствует;} \\ M(\frac{V_1}{S}; a) + M'(V_1), & \text{при } c = a; \end{cases} \quad (9)$$

На участке 1-3-4 расположены три населенных пункта. Вариант данной схемы сбора отходов представлен на рисунке 4.

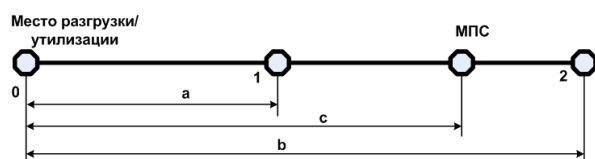


Рисунок 4 – Вариант расположения одной МПС между тремя населенными пунктами

Система уравнений будет выглядеть следующим образом:

$$M = \begin{cases} M(V_1; a) + M(V_2; a + b), & \text{если } c \text{ отсутствует;} \\ M(V_2; b) + M\left(\frac{V_1 + V_2}{S}; a\right) + M'(V_1 + V_2), & \text{при } c = a; \\ M(V_1; c - a) + M(V_2; a + b - c) + M\left(\frac{V_1 + V_2}{S}; c\right) + \\ & + M'(V_1 + V_2), & \text{при } a < c < b; \\ M(V_1; a) + M(V_2; a + b - c) + M\left(\frac{V_2}{S}; c\right) + \\ & + M'(V_2), & \text{при } a < c < b; \\ M(V_1; c - a) + M\left(\frac{V_1 + V_2}{S}; c\right) + M'(V_1 + V_2), & \text{при } c = b; \\ M(V_1; a) + M\left(\frac{V_2}{S}; c\right) + M'(V_2), & \text{при } c = b. \end{cases} \quad (10)$$

Как и в случае с двумя населенными пунктами, из приведенной выше системы можно убрать уравнение при $c < a$.

В системе уравнений 10 учтены варианты:

- отсутствует: без установки МПС;
- $c = a$: МПС находится в т.1;
- $a < c < b$: МПС находится между т.1 и т. 2. При этом, отходы с т. 1 могут доставляться как на МПС, так и напрямую;
- $c = b$: МПС находится в т. 2. При этом, как и в предыдущем случае, отходы с т. 1 могут доставляться как на МПС, так и напрямую.

Для принятия решения о необходимости применения МПС, а также выбора оптимального места установки необходимо решение предложенных систем уравнения. Использование МПС потребует увеличения расходов, связанных с добавлением еще одно этапа в систему обращения с отходами – перегрузкой. Функционирование МПС подразумевает финансирование, необходимое, в частности, для:

- аренды или покупки участка для строительства МПС;
- эксплуатационных и амортизационных отчислений;
- заработной платы сотрудников МПС.

Установка МПС в экономически целесообразных местах поможет снизить расходы, связанные с транспортировкой отходов на сумму, превышающую затраты на обслуживание МПС, тем самым, окупив ее внедрение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление твердыми бытовыми отходами. Проект Европейского Сообщества INTERREG IIIA «Кооперация в совместном создании системы управления отходами в Псковской области», 2008.

Егоров В. И., аспирант, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

e-mail: tjs05@mail.ru.

Михайлов А. В., к.т.н., доцент, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

e-mail: mih-av@mail.ru.

Мельберт А. А., д.т.н., профессор, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

e-mail: aamelbet@mail.ru.