

УДК 697.922

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАД РАБОЧИМ МЕСТОМ СОРТИРОВЩИКА ТБО

Розов К.А.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
м. Одесса*

Ухудшение состояние окружающей природной среды в населенных пунктах Украины в значительной степени зависит от процессов вывоза мусора и его утилизации. Для решения проблемы изменения экологической обстановки вследствие вредного влияния отходов нужно воздействовать на следующие звенья цепи: вывоз мусора, его хранение и утилизация [1].

Одной из эффективных современных технологий переработки мусора является его сортировка, и дальнейшая переработка[2] .

Процессы сортировки твердых бытовых отходов (ТБО) сопровождаются значительным выделением вредностей, в числе которых и мелкодисперсная пыль, попадающая в зону дыхания сортировщиков [3, 4].

Эффективным методом обеспечения санитарных норм на рабочих местах является рационально сконструированная система вентиляции. Для создания таких рациональных систем вентиляции, как правило, необходимо провести ряд экспериментов целью которых является оптимизация конструкции воздухораспределительных или вытяжных устройств [5, 6].

Для оптимизации конструкции воздухораспределителя над рабочим местом сортировщика ТБО требуется исследовать влияние технологических факторов – расхода воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$, и координаты замера скорости воздуха l , м на среднюю скорость $v_{\text{ср1}}$, м/с.

Измерения скоростей воздуха производились с помощью термоанемометра TESTO 450.

Параметр оптимизации среднюю скорость на выходе из воздухораспределителя $v_{\text{ср1}}$, м/с, обозначим – Y_1 , а технологические факторы:

- расход воздуха L , $\text{м}^3/\text{с}$ – X_1 (варьировался на основании данных математического моделирования в пределах 75-85 $\text{м}^3/\text{ч}$).

- координата замера скорости воздуха l , м – X_2 (принималась исходя из среднего роста сортировщика равным 1,75 м, варьировалась в пределах 1,67 м до 1,83 м).

На основании результатов предварительных экспериментально-теоретических исследований была выбрана область экспериментирования и интервалы варьирования факторов [4], которые представлены в таблице 1.

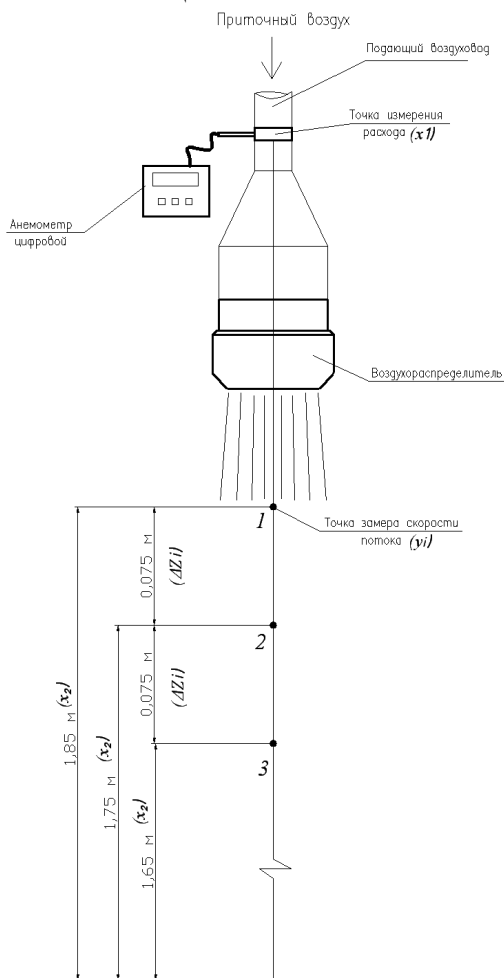


Рис. 1. Фрагмент экспериментального стенда для оптимизации воздухораспределения над рабочим местом сортировщика ТБО

В качестве плана эксперимента построен план полного факторного эксперимента типа 3^2 [8]. Матрица планирования и результаты эксперимента, вычислялись по результатам в двух серий опытов.

Таблица 1 – Кодирование факторов при исследовании эффективности воздухораспределения в рабочей зоне сортировщика.

| Наименование фактора | Обозначение | Уровни факторов | | | Интервал варьирования ΔZ_i |
|---------------------------|-------------|-----------------|-------|-------|------------------------------------|
| | | -1 | 0 | +1 | |
| $L, \text{ м}^3/\text{с}$ | X_1 | 0,021 | 0,023 | 0,025 | 0,002 |
| $l, \text{ м}$ | X_2 | 1,65 | 1,75 | 1,85 | 0,1 |

Уравнение, описывающее технологический процесс, является полиномом второй степени и имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2 \quad (1)$$

Коэффициенты в уравнениях регрессии вычислены по формулам [9]:

$$b_0 = 0,55556 \sum Y_{\text{ср.эк}} - 0,33333 \sum X^2 Y_{\text{ср.эк}}$$

$$b_1, b_2 = 0,16667 \sum X^* Y_{\text{ср.эк}}$$

$$b_{12} = 0,25 \sum X_{12}^* Y_{\text{ср.эк}}$$

$$b_{11}, b_{22} = 0,5 \sum X^2 * Y_{\text{ср.эк}} - 0,33333 \sum Y_{\text{ср.эк}}$$

После расчета коэффициентов в уравнении регрессии, и подстановки коэффициентов уравнение регрессии для y_1 (скорость воздуха) принимает вид:

$$Y_1 = 0,53 + 0,08X_1 + 0,07X_2 - 0,03 X_1^2 + 0,09 X_2^2 + 0,075 X_1 X_2 \quad (2)$$

Построчные дисперсии рассчитаны по формуле [8]:

$$S^2_{y1} = (\sum (Y_{1\text{эк}} - Y_{\text{ср.эк}})^2 + (\sum (Y_{2\text{эк}} - Y_{\text{ср.эк}})^2) / (M - 1)$$

$M = 2$ – количество параллельных опытов.

Максимальное значение получили в построчной дисперсии для опыта №6 – $S^2_{y6} = 0,0013$.

Определив максимальное значение построчной дисперсии, вычисляем для нее расчетный критерий Кохрена:

$$G_p = S^2_{\text{у.макс}} / \sum S^2_i$$

$$G_p = 0,0013 / 0,0067 = 0,194$$

Вывод об однородности делаем на основе сравнения полученного расчетного критерия Кохрена с табличным значением, выбранным с учетом параметров [9]:

α_r – уровень значимости, для технических задач принимаем 0,05;

f_N – число независимых оценок дисперсий, принимаем по количеству опытов $N = 9$;

f_{ii} – число степеней свободы, принимаем по соотношению $f_{ii} = M - 1$, тогда $f_{ii} = 2 - 1 = 1$.

Тогда $G_p = 1,94 < G_T = 0,64$, т.е. дисперсии однородны.

Дисперсия опыта равна:

$$S^2_{\text{уср}} = \sum S^2_i / N = 0,0724 / 9 = 0,008.$$

Для проверки гипотезы о статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии рассчитан доверительный интервал коэффициентов по уравнению – $\Delta b = t * C_i * S_{y,z}$, здесь $t = 2,26$ – критерий Стьюдента, C_i – константа принимаемая по [9].

Для определения значимости коэффициентов можно применить правило – коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала (незначимый коэффициент исключаем) [10].

После исключения незначимого члена, окончательное уравнение регрессии примет вид:

$$Y_1 = 0,53 + 0,08X_1 + 0,07X_2 + 0,09 X_2^2 + 0,075 X_1 X_2 \quad (3)$$

Адекватность модели определяет путем вычисления критерия Фишера и сравнения его с табличным значением [10].

Расчетное значение критерия Фишера вычислим по формуле:

$$F_p = S^2_{\text{неад}} / S^2_{\text{уср}}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Выводы

В результате проведенных экспериментальных исследований воздухораспределителя получена статистическая модель воздухораспределения для рабочего места сортировщика ТБО.

Проведение расчетов с помощью полученной статистической модели помогут определить рациональные режимные и конструктивные параметры работы системы вентиляции сортировочного отделения ТБО.

Summary

The results of experimental studies of ventilation for the workplace sorter solid waste are represented. The statistical model of technological parameters for selecting the rational installation supply air diffuser was obtained.

Таблица 2 – Статистический анализ уравнения регрессии при исследовании эффективности воздухораспределения

| НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА | Условные обозначения | Расчетное значение для Y_1 |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Расчетное значение критерия Кохрена | G_p | 0,194 |
| Табличное значение критерия Кохрена | $G_t(1; 0,05; 9)$ | 0,64 |
| Вывод об однородности дисперсий | | однородно |
| Дисперсия опыта | S_v | 0,0008 |
| Коэффициенты уравнений | b_0 | 0,53 |
| | b_1 | 0,08 |
| | b_2 | 0,07 |
| | b_{11} | (не значимый) |
| | b_{22} | 0,09 |
| | b_{12} | 0,075 |
| Табличное значение критерия Стьюдента | $t(0,05; 9)$ | 3,36 |
| Оценка дисперсии коэффициентов | S_{b_i} | 0,029 |
| Доверительный интервал коэффициентов | Δb_0 | 0,048 |
| | Δb_1 | 0,037 |
| | Δb_2 | 0,037 |
| | Δb_{22} | 0,045 |
| | Δb_{12} | 0,032 |
| Дисперсия неадекватности | $S_{неад.}$ | 0,0018 |
| Расчетное значение критерия Фишера | F_p | 2,25 |
| Табличное значение критерия Фишера | $F_t(0, 0,5, 2)$ | 5,12 |

| | | |
|---------------------------------|--|-----------|
| Вывод об адекватности уравнений | | адекватно |
|---------------------------------|--|-----------|

Литература

1. Черп, О.М. Проблема твердых бытовых отходов: комплексный подход / О.М. Черп, В.Н. Виниченко // - М.: Эколайн, Ecologia, 1996.
2. Чекалин, В.С. Экономика городского хозяйства. Учебник / В.С.Чекалин // – С-Пб.: 2003.
3. Матросов, А.С. Управление отходами. Учебник / А.С. Матросов // - М.: 1999. -165 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. Введ. 01.01.89. - М. : Изд-во стандартов, 1989. - (Система стандартов безопасности труда).
5. Системы борьбы с пылью на промышленных предприятиях/ В.И.Саранчук, В.П.Журавлев, В.В.Рекун Н.А.Страхова и др.// - К.: Наукова думка, 1994.-191с.
6. Вознесенский, В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. -М. : Финансы и статистика, 1981.
7. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных предприятий / М. И. Гримитлин и др.. 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1993.
8. Бондарь, А. Г. Планирование эксперимента в химической технологии : учеб. пособие / А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха. Киев : Вища шк., 1976.
9. Зажигаев, Л. С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента / Л С. Зажигаев, А. А. Кишьян, Ю. И. Романи-ков. М.: Атомиздат, 1978.
10. Финни, Д. Введение в теорию планирования эксперимента : пер. с англ. / Д. Финни ; иод. ред. Ю. В. Линника. М.: Наука, 1970.

