УДК 629. 624.4: 1. 192

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ РІШЕННЯ ЗАДАЧ УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКІПІРОВКИ ЛОКОМОТИВІВ

При значному знижені обсягів екіпіровочних процесів з`явилась можливість приділити більшу увагу наливному, мастильному, пісочному господарствам та іншому складському обладнанню. Це, по–перше, пов`язано з використанням сучасних інформаційних технологій; по–друге – з старінням обладнання; по–третє – з необхідністю зменшення експлуатаційних витрат. Тобто виникає ниска задач та проблем перегляду нормативної бази та розробки нових методів розрахунків всього екіпіровочного процесу та окремого обладнання.

Г.Г. Басов
Кандидат технічних наук
Доцент кафедри*
Контактний тел..: (057) 730–19–99

Е.Д. Тартаковський
Доктор технічних наук, професор.
Завідуючий кафедрою*
Контактний тел.: (057) 732–16–92

Д.О. Аулін
Аспірант кафедри*
Контактний тел.: (057) 730–19–99

*Кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу»
Українська державна академії залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

Метою даної статті є ознайомлення фахівців та науковців локомотивного господарства з досвідом використання елементів геометричного програмування для вирішення задач удосконалення розрахунків обладнання для екіпіровки локомотивів [4].

Припустимо, що потрібно перевезти П кубометрів піску із складу сирого піску або зі складу сухого піску з основного депо в оборотне (враховуючи необхідність загрузки вагонів). Вартість транспортування (в обидві сторони) приймаємо с грн.. Для транспортування піску необхідно виготовити ємність (відкритий прямокутний ящик), який можна встановити на платформу або автомобіль. Один квадратний метр матеріалу, який іде на виготовлення днища ємності коштує D грн., бокові стінки виготовляються із матеріалу по b грн. за м^2. Необхідно мінімізувати сумарні витрати на перевозку піску з урахуванням ціни на перевозку та ціни матеріалів на виготовлення ємності. Причому, пісок можна перевезти за один рейс в ємності достатньо великого розміру або можна зробити кілька поїздок, якщо перевозити невеликі ємності. В першому випадку мінімізуються витрати на перевозку, у другому збільшуються транспортні витрати, але скорочуються витрати на виготовлення ємності. Висновок – потрібно формалізувати задачу, тем більш, що такого роду питання виникають велику кількість разів в мастильному господарстві, обтиральних матеріалів, красок та інше.

Нехай x_1, x_2, x_3– відповідно довжина, ширина і висота ємності в метрах, тоді ціна поїздки дорівнює:

$$C = \frac{П \cdot c}{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} \text{ грн.},$$

а ціна матеріалів:

$$C_M = D \cdot x_1 \cdot x_2 + 2bx_1 \cdot x_3 + 2bx_2 \cdot x_3 \text{ грн.}$$

Повні витрати у нашому випадку, користуючись термінологією геометричного програмування: $g_i(x_1,...,x_n)$ при i=0, 1, ..., p– декотрі позиноми від n змінних $x_1,..., x_n$; $a_1,..., a_p$– будь–які позитивні числа, тобто ставиться задача знайти:

$$\min g_0(x_1,....,x_n) \text{ при } x_1 > 0, ..., x_n > 0,$$
$$g_i(x_1,....,x_n) \le a_i,\ i = 1,....,x_n > 0,$$

або $\min g(x_1,....,x_n)$, якщо $x_j>0$, отримаємо:

$$g(x_1,x_2,x_3) = \frac{П \cdot A}{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} + D \cdot x_1 \cdot x_2 + 2 \cdot b \cdot x_1 \cdot x_3 + 2 \cdot b \cdot x_2 \cdot x_3$$

нехай параметри П, с, D, b задовольняють співвідношенням D=2b; П*с=4b. Тога позином приймає вигляд:

$$g(x_1,x_2,x_3,) = \frac{4b}{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} + 2b \cdot x_1 \cdot x_2 + 2b \cdot x_1 \cdot x_3 + 2b \cdot x_2 \cdot x_3$$

це, так званий регулярний позином і його найменше значення дорівнює сумі коефіцієнтів та досягається при $x_1 = x_2 = x_3 = 1$, тобто найбільш вигідна ємність – це відкритий куб зі стороною 1м. Але це часний випадок, в більш загальному вигляді звернемо увагу на те, що дає складання i–го рівняння системи алгебраїчних рівнянь:

$$\sum_{k=1}^{m}\alpha_{ik}c_k x_1^{\alpha_1 k}\dots x_n^{\alpha_n k}=0,\quad i=1,2\dots,n$$

необхідно кожен член позиному $g(x_1,\dots,x_n)$ помножити на показник ступеню при змінній x_i в цьому члені, результати скласти та прирівняти до 0 [3].

Тоді, для визначення точок мінімуму позинома $g(x_1,x_2,x_3)$ отримуємо:

$$-\Pi\cdot c\cdot x_1^{-1}\cdot x_2^{-1}\cdot x_3^{-1}+D\cdot x_1\cdot x_2+2b\cdot x_1\cdot x_3=0$$

$$-\Pi\cdot c\cdot x_1^{-1}\cdot x_2^{-1}\cdot x_3^{-1}+D\cdot x_1\cdot x_2+2b\cdot x_2\cdot x_3=0$$

$$-\Pi\cdot c\cdot x_1^{-1}\cdot x_2^{-1}\cdot x_3^{-1}+D\cdot x_1\cdot x_3+2b\cdot x_2\cdot x_3=0$$

З перших двох рівнянь бачимо, що $x_1=x_2$, а з 2–го і 3–го отримуємо:

$$D\cdot x_1\cdot x_2=2b\cdot x_1\cdot x_3\text{, тобто }x_3=\frac{D}{2b}\cdot x_2=\frac{D}{2b}\cdot x_1$$

підставимо ці значення у рівняння, отримуємо:

$$\frac{-2\Pi\cdot c\cdot b}{D\cdot x_1^{3}}+2D\cdot x_1^{2}=0$$

тоді $x_1=x_2=\left(\frac{\Pi\cdot c\cdot b}{D^2}\right)^{1/5}\quad x_3=\frac{D}{2b}\cdot x_1=\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\Pi\cdot c\cdot D^3}{b^4}\right)^{1/5}$

Наведені значення і будуть оптимальними параметрами ємності для перевезення піску.

Тепер розрахуємо мінімальні витрати на перевозку. Загальна залежність є громіздкою, розглянемо числовий приклад. Нехай, наприклад, c=D=b=50 грн., П=200 грн., $x_1=x_2=3$м, $x_3=1{,}5$ м, а ціна за перевозку 625 грн.

Розглянемо першу частину задачі у випадку, якщо бокові стінки ємності виготовляються із їх відходів, не маючих ціни, але є тільки Q м² цих відходів або використовуються, хоч частково, старі ємності. Друга частина задачі розв`язується з використанням апарату лінійного програмування. В цьому випадку задача оптимізації запишеться у вигляді наступної геометричної задачі:

Знайти $\mu=\min\left(\frac{c\Pi}{xyz}+Dxy\right)$

при обмеженнях x > 0, y > 0, z > 0; $\frac{1}{Q}\cdot(2x\cdot z+2y\cdot z)\le 1$;

Вирішення цієї задачі μ=3m;

$$m=\frac{1}{Q}\sqrt[3]{4c^2\cdot D\cdot\Pi^2\cdot Q}\ ;$$

а оптимальні розміри ємності:

$$x=y=\left(\frac{m}{D}\right)^{1/2}\text{ та }z=\frac{Q}{4}\cdot\left(\frac{D}{m}\right)^{1/2}$$

Для зберігання і транспортування рідких матеріалів виникають задачі виготовлення різних ємностей з мінімізацією ваги. Допустимо необхідно виготовити ємність у формі напівциліндру (рис.1) і визначити, при яких розмірах його вага буде мінімальною, якщо товщина стінок дорівнює t, ємність V, а питома вага матеріалу – γ. Нехай r– внутрішній радіус ємності, l– внутрішня довжина.

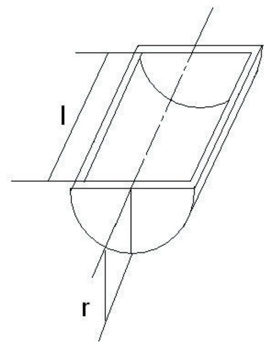

Рисунок1.

Тоді вага торцевих стінок:

$$G_1=\gamma\cdot\pi\cdot(r+t)^2\cdot t$$

вага частини, що лишилася,

або так як $V=\frac{\pi\cdot r\cdot l}{2}$

$$G_2=\frac{1}{2}\gamma\cdot l\cdot\left[\pi\cdot(r+t)^2-\pi\cdot r^2\right]=\frac{\gamma\cdot\pi\cdot t}{2}\cdot l\cdot(2r+t)$$

тобто $\frac{l}{2}=\frac{V}{l\cdot\pi\cdot r^2}$, то $G_2=\gamma\cdot\pi\cdot t\cdot\frac{V}{\pi\cdot r^2}\cdot(2r+t)$

тоді вага ємності дорівнює:

$$G=G_1+G_2=c(r+t)^2+\frac{cV}{\pi r^2}\cdot(2r+t)\text{, де }c=\gamma\cdot\pi\cdot t\text{ ,}$$

або:

$$G=c\cdot\left[r^2+2r\cdot t+t^2+\frac{2\cdot V}{\pi\cdot r}+\frac{V\cdot t}{\pi\cdot r^2}\right]$$

або:

$$G=c\cdot\left[r^2+2r\cdot t+t^2+\frac{2b}{r}+\frac{b\cdot t}{r^2}\right]\text{, де }b=\frac{V}{\pi}$$

Таким чином задача сходиться до мінімізації позинома

$$g(t)=r^2+2r\cdot t+\frac{2b}{r}+\frac{b\cdot t}{r^2}\ ;$$

Значення r, при якому цей позином досягає мінімуму , знайдеться як позитивне вирішення рівняння $2r^2+2r\cdot t-\frac{2b}{r}-\frac{2b\cdot t}{r^2}=0$ або $2r^4+2r^3\cdot t-2b\cdot r-2b\cdot t$ що можна перетворити у $2r^3\cdot(r+t)-2b\cdot(r+t)=0$ або $2(r+t)\cdot(r^3-b)=0$ Тоді $r=\sqrt[3]{b}=\sqrt[3]{(V/\pi)}$ Виходячи з цього $l=\frac{2V}{\pi\cdot r^2}=2\cdot\sqrt[3]{\left(V/\pi\right)}=2r$ Тоді розміри ємності V, при яких його вага мінімальна дорівнює $r=\sqrt[3]{\left(\frac{V}{\pi}\right)}$ $l=2\cdot\sqrt[3]{\left(\frac{V}{\pi}\right)}$

В теперішній час співробітниками ХК "Луганськтепловоз" та фахівцями кафедри ЕРРС проводиться комплекс науково–дослідних робіт по впровадженню методів геометричного програмування в практику проектування та виготовлення нового тягового рухомого складу.[2,6]

Література

1. Локомотивное хозяйство: Учебник для вузов ж. д. тр–та / С. Л. Айзинбуд, В.А. Гутновский, Ч. И. Кельперис и др.– М.: Транспорт, 1986.–263 с
2. Басов Г. Г. Прогнозування розвитку дизель–поїздів для залізниць України: Монографія. Ч.1– Харків: «Апес+», 2004.–240 с.

3. Зенер К. Геометрическое программирование и техническое проектирование.– М.: Мир. 1973
4. Тартаковський Е. Д. Розвиток стохастичних моделей систем для ТРС. Міжвуз. зб. наук. праць. ХарДАЗТ.– 2002, вип.41
5. Тартаковський Е. Д. Пріоритетні напрямки досліджень в галузі ТРС Зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2004, Вип. 64
6. Басов Г. Г., Яцько С. І. Розвиток електричного моторвагонного рухомого складу. Ч.2– Харків: "Апекс+", 2005.– 248 с.

УДК 628.218

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВЫТЕСНЯЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Предложена обобщенная схема и математическая модель расчета систем вытесняющей вентиляции и воздушного отопления общественных и административных зданий. Выбран метод ее интегрирования. Приведен пример расчета термоаэродинамических характеристик системы вытесняющей вентиляции для помещения общественного здания.

Я. А. Гусенцова

1. Введение

Вентиляционные системы административных зданий и объектов жилищно–коммунального хозяйства в большинстве случаев представляют собой приточно–вытяжные системы состоящие из нагнетателей, соединительных коллекторов, воздуховодов и прочего вспомогательного вентиляционного оборудования, обслуживающих одно или группу помещений.

Анализ различных способов вентилирования помещений и методик их расчета, систем воздухораспределения рассмотрен в [1, 2]. Приведенные в литературе математические модели аэротермических характеристик систем воздушного отопления и вентиляции не в полной мере описывают термо–аэродинамические характеристики рассматриваемых систем. В частности не учитывается турбулентная вязкость воздуха, рассматривается только одномерное движение однофазной среды.

Поэтому, целью работы является теоретическое и экспериментальное исследование процессов изменения параметров воздушной среды в помещениях с вытесняющей вентиляцией.

2. Критерий выбора системы вентиляции

Вытесняющая вентиляция должна обеспечивать максимально беспрепятственное развитие восходящих конвективных потоков над источниками тепловыделений в верхнюю зону помещения. Удаление нагретого и загрязненного воздуха из помещения осуществляется из верхней зоны; приток чистого, холодного воздуха в нижнюю зону помещения на уровне пола.

Вытесняющая вентиляция предпочтительна в случаях если: загрязняющие вещества теплее и/или легче окружающего воздуха; приточный воздух холоднее воздуха в помещении; вентилируются помещения с высокими потолками, например, с потолками выше трех метров; осуществляется подача интенсивных потоков воздуха в небольшие помещения.

Приблизительный критерий выбора типа системы вентиляции для приведен на рис. 1 [2]. Он зависит от удельной тепловой нагрузки, удельной воздушной нагрузки, температуры среды.

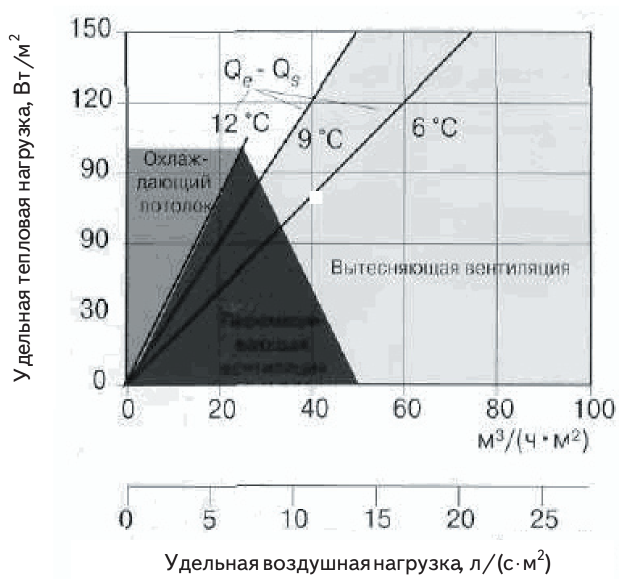

Рисунок 1. Выбор типа системы вентиляции в зависимости от тепловой и воздушной нагрузки.

На практике температура приточного воздуха сохраняется постоянной. Однако, как видно из рис. 1, при возрастании тепловой нагрузки растет и температура в зоне обслуживания.

3. Построение математической модели систем вытесняющей вентиляции

В общем случае математическая модель аэротермических характеристик систем воздушного отопления и вентиляции может быть представлена системой дифференциальных и алгебраических уравнений, включающих: