



Рис. 3. Графічна інтерпретація ліній ізозначень параметра оптимізації – живлення оборотної охолоджувальної системи.

Математична модель в ході дослідження отримана та має вигляд:

$$Y = 446,4863 + 48,65 X_1 + 145,9 X_2 - 6,59 X_1^2 - 6,54 X_2^2 + 16,225 X_1 X_2,$$

де X_1 – температура повітря, %; X_2 – жорсткість карбонатна живильної води, мг-екв/л; Y – кількість необхідного живлення системи, м³/годину.

Висновки. Проведені дослідження свідчать о необхідності:

1) постійного контролю за станом енергетичних комунікацій для забезпечення

надійності та безперебійності роботи обладнання;

2) впровадження повторного використання умовно-забруднених стоків для підвищення коефіцієнту водообороту;

3) підвищення екологічності підприємств за рахунок замикання оборотних циклів водопостачання, нормування води та впровадження системи менеджменту ISO 14001 для підвищення конкурентоспроможності продукції

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля від 30 березня 1998р №391
2. Серов Г. П. Экологический аудит: концептуальные и организационно-правовые основы. — М.: Экзамен, 2000.-232с.
3. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Закрытые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов, районов. — М.: Стройиздат, 1984. — 272 с.
4. Шустов С.Б., Шустова Л.В. Химические основы экологии. — М.: Просвещение, 1995.— 240 с.
5. Информационный сайт по системам экологического менеджмента www.14000.ru ;
6. Экологический маркетинг. Бизнес, ответственный за природу, <http://eco-marketing.ru/>

УДК 625.72

Гавриш В.С.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

АНАЛИЗ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ ИССЛЕДУЕМОЙ СИСТЕМЫ «АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА – ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК – ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

Формулировка проблемы. Адекватность модели оценивают на основании характеристик, которые могут содержать информацию о параметрах (эксплуатационных показателях, геометрических параметрах автомобильных дорог), не учтенную в модели. Если объект линейный, то основные характеристики модели не должны быть коррелированы с предыдущими

значениями входных и выходных параметров [1, 2].

Изложение основного материала. При определении адекватности модели будем предполагать, что $\{u(\cdot)\}$ и $\{e(\cdot)\}$ – независимые последовательности с нулевыми средними, все нечетные моменты равны нулю, последовательность $\{e(\cdot)\}$

соответствует свойствам параметрического загрязнения, при этом $\{u(\cdot)\}$ соответствует ингредиентному загрязнению придорожного пространства. Рассмотрим сначала линейный объект, истинная модель которого имеет вид

$$z(t) = Gu(t) + L(e(t)), \quad (1)$$

где G, L - линейные операторы.

В результате идентификации получена оценка модели $z(t) = \hat{G}u(t) + \hat{L}(\hat{e}(t))$,

где $\hat{e}(t) = \hat{L}^{-1}\{(G - \hat{G})(u(t)) + L(e(t))\}$.

Отметим, что для определения адекватности линейных моделей можно использовать степень коррелированности основных характеристик модели между собой (статистика Дарбина – Уотсона - DW), коэффициент множественной детерминации R^2 , сумму квадратов ошибок модели

$$S = \sum_{k=1}^N e^2(k) = \sum_{k=1}^N [\hat{y}(k) - y(k)]^2,$$

информационный критерий Акайке и критерий Байеса – Шварца, t - статистику и F - статистику.

Если модель адекватна процессу параметрического и ингредиентного загрязнения придорожного пространства, т.е. $\hat{G} = G$, а модель шумовой составляющей некорректна $\hat{L} \neq L$, то основные характеристики модели не будут коррелированы с входным параметром, т.е. $\Phi_{ue'}(\tau) = 0 \quad \forall \tau$, хотя они и имеют некоторую ненулевую автокорреляцию $\Phi_{e'e'}(\tau) \neq \delta(t)$.

Если же модель шумовой составляющей корректна: $\hat{L} = L$, а модель процесса некорректна: $\hat{G} \neq G$, т.е.

$$\hat{e}(t) = \hat{L}^{-1}\{(G - \hat{G})(u(t))\} + e(t), \quad (2)$$

то остатки автокоррелированы: $\Phi_{e'e'}(\tau) \neq \delta(t)$ и коррелированы с входным сигналом: $\Phi_{ue'}(\tau) \neq 0$. Если модели параметрического и ингредиентного загрязнения придорожного пространства корректны, то $\Phi_{e'e'}(\tau) \neq \alpha\delta(\tau)$ и $\Phi_{ue'}(\tau) = 0 \quad \forall \tau$. Следовательно, если объект линейный: $\Phi_{z'z'}(\tau) = 0 \quad \forall \tau$ и если $\Phi_{ue'}(\tau) \neq 0$, то это свидетельствует о неадекватности модели объекта. Если после коррекции модели

$\Phi_{ue'}(\tau) = 0$, то наличие корреляции между основными характеристиками модели указывает на то, что модель шумовой составляющей некорректна. С помощью этих простых корреляционных функций можно различать некорректность модели параметрического и ингредиентного загрязнения придорожного пространства.

При проверке модели на адекватность необходимо рассмотреть все составляющие уравнения (1), каждая из которых может вызвать смещение оценок. Наиболее трудными для обнаружения являются ошибки, связанные с первыми несколькими членами разложения функции $G^{ue}[u, e]$. Например, достаточно трудно установить последовательность основных характеристик модели, определяемых уравнением (2), хотя это довольно характерный случай для линейных систем.

Для обнаружения всех составляющих уравнения (1) можно применить тесты. Все тесты основываются на вычислении выборочных корреляционных функций, которые определяются в соответствии с выражением:

$$\bar{\Phi}_{xy}(s) = \frac{(1/N) \sum_{k=1}^{N-s} [x(k) - \bar{x}][y(k+s) - \bar{y}]}{[\Phi_{xx}(0)\Phi_{yy}(0)]^{1/2}}, \quad (3)$$

где $-1 \leq \bar{\Phi}_{xy} \leq 1$.

Для определения степени важности вычисляемых коэффициентов корреляции можно воспользоваться дополнительной статистикой и доверительными интервалами [3].

Результаты моделирования. Рассмотрим объект, который описывается разностным уравнением:

$$y(k) = 0,78y(k-1) + 0,41u(k-1). \quad (4)$$

Уравнение измерений имеет вид:

$$z(k) = y(k) + v(k),$$

где $v(k)$ - помехи измерений ингредиентного загрязнения с нулевым средним и конечной дисперсией, которая при моделировании принималась равной 0,1.

В качестве входного воздействия выбран сигнал $u(k) = u'(k) + b$, $b = 0,2$. Средние значения выходной переменной ра-

вны $\bar{z} = 0,393$; $\bar{z}_b = 0,397$, т.е. они практически одинаковы. Применение рекуррентного метода наименьших квадратов (РМНК) для оценки параметров объекта (4) дало следующие оценки параметров:

$$\hat{y}(k) = 0,7658y(k-1) + 0,4207u(k-1) + \xi(k). \quad (5)$$

Для определения структуры (4) использована функция $\Phi_{z'z^2}(\tau)$. Из полученного результата следует линейность объекта, что соответствует действительности. Анализ функций $\Phi_{u\xi'}(\tau)$, $\Phi_{\xi'\xi}(\tau)$ свидетельствует о наличии некоторого смещения в оценках параметров передаточной функции объекта. Поскольку функция $\Phi_{z'z^2}(\tau)$ равна нулю для всех значений τ , то можно сделать предположение, что смещение оценок вызвано линейной аддитивной шумовой составляющей. Следующим шагом было применение расширенного РМНК для оценивания параметров модели, что дало следующий результат:

$$z(k) = 0,8127y(k-1) + 0,4316u(k-1) - 0,7466v(k-1) + v(k) \quad (6)$$

Для этой модели корреляционные функции $\Phi_{u\xi'}(\tau)$, $\Phi_{\xi'\xi}(\tau)$ равны нулю на уровне значимости 95%.

Рассмотрим линейный объект, который описывается линейным разностным уравнением (параметрическое загрязнение придорожного пространства):

$$z(k) = 0,62z(k-1) + 0,18u(k-1) + 0,35z(k-1)u(k-1) + 0,55u^2(k-1) + 0,044z^2(k-1) + \left\{ \begin{array}{l} v(k) - 0,36v(k-1) - \\ -0,33v(k-1)u(k-1) - \\ -0,15z(k-1)v(k-1) + \\ 0,045v^2(k-1) \end{array} \right\} \quad (7)$$

из которого видно, что шум входит в модель как мультипликативная составляющая. Очевидно, что использование стандартного РМНК приведет к смещенным оценкам параметров этой модели. Средние значения выходной переменной равны $\bar{z} = 0,178$, $\bar{z}_b = 0,182$. Это свидетельствует о наличии линейности в объекте, что подтверждается анализом функций $\Phi_{u\xi'}(\tau)$, $\Phi_{\xi'\xi}(\tau)$. Экспериментально также установлено, что функция $\Phi_{z'z^2}(\tau)$, как правило,

является более четким индикатором наличия линейных эффектов.

Чтобы определить эффективность рассмотренных выше тестов адекватности модели, исключим из оценки модели (7) составляющую $0,33v(k-1)u(k-1)$. В результате с помощью модифицированного метода наименьших квадратов получена следующая модель:

$$\hat{z}(k) = (k-1)(0,5879\hat{z} + 0,2344u + 0,4029\hat{z}u(k-1) + 0,6371u^2 + 0,05126\hat{z}^2) + \{\xi(k) - 0,4682\xi(k-1) - 0,05496\hat{z}(k-1)\xi(k-1) + 0,2874\xi^2(k-1)\}$$

Как и ожидалось, функция $\Phi_{\xi'\xi'u}(\tau)$ свидетельствует о наличии смещения в оценках параметров модели вследствие исключения из рассмотрения произведения $0,33v(k-1)u(k-1)$. В этом случае установлено, что линейные ковариационные функции $\Phi_{\xi'\xi}(\tau)$, $\Phi_{u\xi'}(\tau)$ дают возможности определить адекватность модели.

Если из модели (7) исключить составляющую $0,35z(k-1)u(k-1)$, то оцененная модель имеет вид:

$$\hat{z}(k) = (k-1)(0,4774\hat{z} + 0,4139u + 0,7983u^2 + 0,912z^2) + \{\xi(k) - 0,1328\xi(k-1) - 0,3679u(k-1)\xi(k-1) - 0,06945\hat{z}(k-1)\xi(k-1) - 0,342\xi^2(k-1)\}$$

Статистический анализ свидетельствует, что оценки этой модели не смещены. Если включить все составляющие в оцениваемую модель, получим следующий результат:

$$\hat{z}(k) = (k-1)(0,6152z + 0,1705u + 0,3481zu(k-1) + 0,6239u^2 + 0,1344z^2) + \{\xi(k) - 0,2554\xi(k-1) - 0,3257u(k-1)\xi(k-1) - 0,1561z(k-1)\xi(k-1) - 0,0641\xi^2(k-1)\}$$

Выводы. Проведен сравнительный анализ метода авторегрессии и численного метода прогноза загрязнения придорожного пространства. Таким образом, полученные результаты моделирования подтверждают адекватность оцениваемой модели системы «Автомобильная дорога – транспортный поток – окружающая среда».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Угненко Е.Б. Методология проектирования реконструкции автомобильных дорог с учетом экологических показателей моногр. / Е.Б. Угненко. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 184 с.
2. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. М.: Транспорт, 2004, - 512 с.
3. ГОСТ 31330.1-2006 «Шум. Оценка влияния дорожного покрытия на транспортный шум»: ГОСТ 31330.1-2006. – Москва, 2006. – 49 с.
4. Угненко Е.Б. Усовершенствование методов оценки экологической безопасности окружающей природной среды при строительстве и реконструкции автомобильных дорог / Е.Б. Угненко – Харьков: ХНАДУ, 2005. – 140 с.
5. Гринин А.С. Математическое моделирование в экологии. М.: Транспорт, 2004, - 269с.
6. Борбас М.М. Транспорт и окружающая среда / М.М. Борбас, Е.Л. Савич. – Москва: 2004. – 261с.
7. Силуков Ю.Д. Экологическая безопасность на автомобильных дорогах / Ю.Д. Силуков. Екатеринбург, 2004. — 221 с.

УДК 656.13

Фоменко Г.Р.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ЗАБЕЗПЕКА РУХУ У МІСТАХ

Постановка проблеми.

Транспортна система міст вміщує сукупність лінійних, вузлових та об'єктів соціального і технічного призначення спрямованих для забезпечення функцій пасажирського та вантажного транспорту і руху пішоходів. Робота транспортних систем повинна забезпечувати безпеку, зручність, комфортність та доступність перевезення пасажирів, а також своєчасну доставку вантажів. В значній мірі ефективність роботи транспорту та безпека руху залежать від стану вулично-дорожніх мереж.

Процес розвитку автомобілізації, зміна складу транспортних потоків супроводжується транспортними проблемами із пропуском концентрованих транспортних потоків, внаслідок чого з'являються затори на магістральних дорогах і вулицях міст, значно збільшується кількість дорожньо-транспортних пригод. Вулично-дорожня мережа є основою транспортної системи міста і призначена для задоволення потреб населення. Складності у транспортних ситуаціях міст потребують всебічного удосконалення транспортних мереж та їх модернізації. При розробці планувальних схем необхідно прагнути до ра-

ціонального розміщення трудових та житлових районів, а також забезпечення зв'язків між центральною частиною та районами міста. До основних проблем транспортного обслуговування населення і виробництва можна віднести недостатній розвиток магістральної вулично-дорожньої мережі і транспортних ліній. Організація роботи пасажирського транспорту у великих та надвеликих містах має велике значення для вирішення як соціальних, так і економічних питань.

Велика кількість міст має низький рівень розвитку транспортних систем. Це проявляється у відсутності планувальної єдності, взаємодії деяких видів транспорту, що приводить до значних переїзків транспорту і значних витрат часу на поїздки. У великих містах учасники дорожнього руху витрачають в середньому на протязі доби від 30 до 60 хвилин свого часу внаслідок знижених швидкостей руху і простої, у випадках виникнення транспортних заторів. Внаслідок високої завантаженості вуличних дорожніх мереж швидкість громадського пасажирського транспорту знижується на 15÷20 % від встановлених нормативами. Незадовільна робота вулично-дорожніх мереж змушує мешканців міст при першій можливості