

обеспечивает архитектурную независимость интерфейсных частей подсистемы управления от особенностей интерфейсной части технологической подсистемы.

Полученные выводы проверены практикой создания управляемых систем периодического преобразования технологических продуктов.

**Список литературы:** 1. *Гаврилов, Д.А.* Управление производством на базе стандарта MRP II [Текст] / Д. А. Гаврилов. – Санкт-Петербург: Питер, 2002. 340 с. 2. *Луценко И.А.* Разработка критерия эффективности использования ресурсов для оценивания процессов разделительных систем [Текст] / И.А. Луценко, Ю.И. Гнатюк, А.Ю. Михайленко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. №5/3(41). – С. 4-10. 3. *Луценко И.А.* Качественно-количественная модель объекта управления типа CR для разработки систем управления [Текст] / И.А. Луценко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. №4/3(52). – С. 43-47. 4. *Луценко И.А.* Эффективность как единый критерий управления технологическими процессами [Текст] / И.А. Луценко // Вісник Криворізького технічного університету. – 2006. вип. 11 – С. 133-137. 5. Спосіб керування технологічним процесом [Текст] : пат. 44669 Україна: МПК7 G 05 D 99/00, G 05 .11 13/ 00 / Луценко І. А., Аніськов О. В, Титюк В.К., Гнатюк Ю.І., Михайленко О.Ю. ; заявник та власник патенту Кривий Ріг, технічний університет.— №u200904455/09 ; заявл. 05.05.09 ; опубл. 12.10.09, Бюл. № 19. — 2 с.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 65.001.1:519(075.8)**

**Л.И. НЕФЁДОВ**, докт. техн. наук, проф., зав.каф., ХНАДУ, Харьков  
**Е.П. БАБЕНКО**, канд.техн.наук, доц., ХНАДУ, Харьков  
**Ю.В. ПЕРЕПЕЛИЦА**, асп., ХНАДУ, Харьков

### **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ В ПРОЕКТАХ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ РИСКА**

В статті пропонується методика оцінки витрат на снігоочистку доріг при різних рівнях вірогідності неблагоприємних погодних явищ.

**Ключові слова:** зимове утримання доріг, фактори ризику, методика оцінювання витрат, імітаційне моделювання.

В статье предлагается методика оценки затрат на снегоочистку дорог при разных уровнях вероятности неблагоприятных погодных явлений.

**Ключевые слова:** зимнее содержание дорог, факторы риска, методика оценки затрат, имитационное моделирование.

In the article the method of estimation of expenses is offered on roads cleaning from snow at the different levels of probability of the unfavorable weather phenomena.

**Keywords:** winter maintenance of roads, risk factors, method of expenses estimation, imitation model.

#### **1. Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций**

Вопросы эксплуатации дорог в условиях неопределенности и рисков исследовались рядом авторов [1- 3], однако проблема управления рисками при

содержании дорог в сложных погодных условиях остается актуальной с научной и практической точек зрения.

Степень устойчивости проекта зимнего содержания по отношению к возможным изменениям условий его реализации можно характеризовать такими предельными параметрами производства работ, при которых выручка от выполнения работ совпадает с издержками производства (точка безубыточности) или даже превышает их. Последний случай связан с понятием риска для хозяйствующего субъекта при выполнении контракта на содержание дорог. Если средства, необходимые для выполнения комплекса работ по зимнему содержанию не будут выделены в полном объеме, потребительские качества дорог могут выйти за предельно допустимые значения. Возможные потери в транспортной сфере из-за снижения средней скорости движения на дорогах, увеличения времени доставки грузов, увеличения числа дорожно-транспортных происшествий рассматриваются как плата за риск невыполнения работ по содержанию дорог в соответствии с нормативными требованиями.

## **2. Цель и постановка задачи**

Целью исследования является повышение оперативности и точности определения затрат в проектах зимнего содержания автомобильных дорог с учетом факторов рисков.

К основным работам зимнего содержания автомобильных дорог относятся: расчистка проезжей части от выпадающего снега и предотвращение образования уплотненной корки; удаление с покрытий снежно-ледяных накатов и уплотненного снега; удаление снежных валов, образовавшихся в результате расчистки проезжей части; борьба со скользкостью на проезжей части при гололеде [4].

В общем случае базовую постановку задачи по определению затрат можно сформулировать следующим образом.

Известно:

- параметры случайных величин, характеризующих  $i$ -й погодный фактор (закон распределения, математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение);

- границы изменения погодного фактора на данной территории, полученные на основе статистической обработки среднемесячных данных;

- характеристики дорог, определяющие нормативные требования к уровню содержания (вид покрытия, техническая и эксплуатационная категории и т.д.), параметры элементов дорог и их количество;

- организационно-экономические условия производства работ подрядчиком на обслуживаемой сети дорог (расположение производственных баз, расстояния транспортирования, цены ресурсов и т.д.).

Необходимо:

- определить объемы разных видов работ по ликвидации последствий появления  $i$ -го погодного фактора;

- построить номограммы в совмещенных осях - затраты на снегоочистку дорог и уровни вероятности неблагоприятных погодных явлений;

- определить затраты при различных уровнях рисков появления  $i$ -го погодного фактора.

### 3. Имитационная модель управления затратами

В данной статье представлена имитационная модель определения затрат на годовые проекты зимнего содержания с учетом неуправляемых, но контролируемых факторов, к которым прежде всего относятся метеорологические факторы.

Имитационное моделирование дает возможность исследовать процесс функционирования системы посредством варьирования ее параметров. Частным случаем имитационного моделирования является статистическое моделирование, предполагающее знание законов распределения параметров системы как случайных величин. При моделировании процессов зимнего содержания дорог такими основными параметрами являются метеорологические факторы.

Из-за многообразия условий зимней эксплуатации дорог, задача управления затратами на выполнение проектов зимнего содержания может решаться достаточно эффективно на уровне региона только при использовании современных информационных технологий, обеспечивающих комплексный подход к решению указанных вопросов [5].

Совокупные нормативные затраты на ликвидацию последствий неблагоприятных климатических явлений представлены в следующем виде:

$$C^{KM} = \sum_i C_i^{KM}(x_i), \text{ при } C_i^{KM} = \sum_j C_{ij}^{KM}(x_i), \quad (1)$$

где  $C^{KM}$  - затраты на зимнее содержание 1 км дороги с заданными характеристиками в течение зимнего периода, тыс. грн.;

$x_i$  - вероятностное значение появления  $i$ -го погодного фактора;

$C_i^{KM}(x_i)$  - соответствующие затраты на выполнение комплекса работ по ликвидации последствий  $i$ -го погодного фактора,  $i = \overline{1,3}$  (снегопад, метель, гололед);

$C_{ij}^{KM}(x_i)$  - затраты на выполнение  $j$ -го вида работ при ликвидации последствий  $i$ -го погодного фактора.

Все затраты зависят от повторяемости и интенсивности погодных явлений, при этом вся информация имеет вероятностный характер и подчиняется статистическим законам распределения.

Планирование ресурсов содержания дорог с уровнем риска 0,5 (при нормальном законе соответствует средним значениям величин метеорологических факторов) может существенно осложнить ситуацию на дорогах данной территории даже при незначительных превышениях значений погодных факторов.

Реализацию данного подхода рассмотрим на примере проведения мероприятий по ликвидации последствий снегопадов при  $i = 1$ . Затраты на снегоочистку  $C_1^{KM}$  зависят от повторяемости снегопадов различной интенсивности в зимний период и средней продолжительности одного снегопада. Каждый из этих показателей имеет свои параметры закона распределения и определенные численные характеристики для данной территории. В качестве комплексного показателя определения объемов работ по патрульной

снегоочистке принят показатель продолжительности снегопадов за зимний период  $S$ . Размерность величины  $S$  определена в цикло-часах (цикл.-ч.).

Затраты  $C_1^{KM}$  также являются функцией текущего значения продолжительности снегопадов  $s$ . Закон распределения случайной величины ( $S$ ) определен как произведение двух случайных нормально распределенных величин - повторяемости снегопадов ( $z$ ) и длительности одного снегопада ( $t$ ). Значения интегральной функции распределения  $F(s)$  рассчитываются как произведение функций распределения повторяемости снегопадов  $F(z)$  и длительности одного снегопада  $F(t)$ :

$$F(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} e^{-z^2/2} dz \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} e^{-t^2/2} dt. \quad (2)$$

После ряда преобразований интегральная функция распределения  $F(s)$  получает следующий вид:

$$F(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} \exp\left[-\frac{(z - \mu_z)^2}{2\sigma_z^2}\right] \cdot \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_t} \int_0^{s/z} \exp\left[-\frac{(r - \mu_t)^2}{2\sigma_t^2}\right] dr \right\} dz. \quad (3)$$

где  $\sigma_z$ ,  $\sigma_t$ ,  $\mu_z$ ,  $\mu_t$  - соответственно, среднеквадратические отклонения и математические ожидания нормально распределенных величин  $z$  и  $t$ ;

$r$  - переменная интегрирования  $s/z$ .

Если на данной территории параметры снегопадов подчиняются другим законам распределения, то для вывода формулы  $F(s)$  необходимы соответствующие преобразования. В реальных условиях величина  $S$  меняется в пределах от  $S_{\min}$  до  $S_{\max}$ . Конкретные значения этих величин определяются по статистической выборке. Опираясь на представленные формулы, можно не только определить затраты на ликвидацию последствий снегопадов при заданной вероятности  $p(s)$ , но и рассчитать необходимые затраты, если случайная величина  $S$  превысит текущее значение  $s$ , соответствующее выделенным средствам.

Если средства, соответствующие  $S$ , не будут выделены, потребительские качества дорог могут выйти за пределы допустимых значений, что связано с рисками, как для подрядной

организации, так и для пользователей дорог. Рассмотрим пример моделирования затрат на снегоочистку дорог разных эксплуатационных категорий, в зависимости от вероятности появления неблагоприятных климатических явлений в течение зимнего периода. В верхней части графика (рис.1) изображены

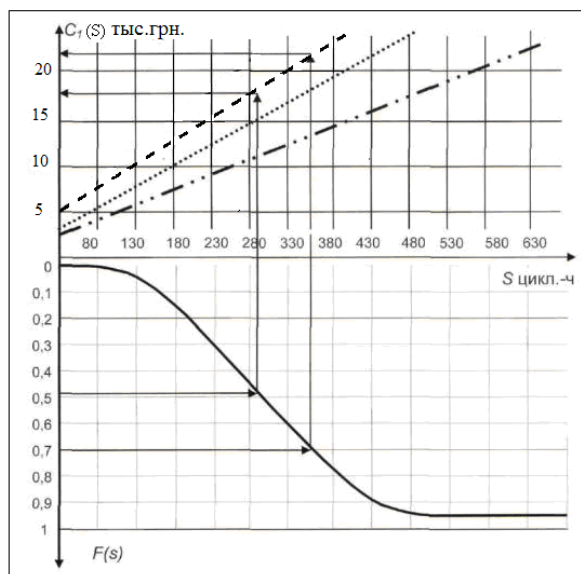


Рис. 1. Оценка затрат на снегоочистку дорог при разных уровнях вероятности неблагоприятных погодных явлений  
 ———— - интегральная функция распределения  $F(s)$ ; - - - - - затраты на патрульную снегоочистку для дорог эксплуатационной категории А; ..... - то же, для дорог эксплуатационной категории Б; - · - · - · - то же, для дорог эксплуатационной категории В

линейные функции распределения изменения нормативных затрат  $C_1(S)$  на ликвидацию последствий снегопадов для дорог разных эксплуатационных категорий (А, Б, В), в зависимости от значения  $S$  (определено в цикло-часах), в нижней части - интегральная функция распределения  $F(s)$ .

На примере расчета нормативных затрат на зимнее содержание 1 км дорог эксплуатационной категории А, рассмотрим последовательность действий при прогнозировании затрат:

1. Изобразим линейные функции распределения изменения нормативных затрат  $C_1(S)$  на ликвидацию последствий снегопадов для дорог разных эксплуатационных категорий (А, Б, В). Функция распределения изменения нормативных затрат  $C_1(s)$  имеет вид:

$$C_A(S) = \Delta C_A + K_A S \quad (4)$$

где  $C_A(S)$  - изменение нормативных затрат на ликвидацию последствий снегопадов для дорог эксплуатационной категории А, грн.;

$\Delta C_A$  - начальные затраты на ликвидацию последствий снегопадов для дорог эксплуатационной категории А, грн.;

$K_A$  - эксплуатационные затраты в грн. на снегоуборочную машину на 1 цикл. ч., 1/цикл. ч.;

$S$  - показатель продолжительности снегопадов за зимний период, цикл. ч.

2. При уровне вероятности неблагоприятных погодных явлений  $s = 0,5$  по графику интегральной функции распределения  $F(s)$  определяем значение параметра  $S = 290$  цикл. ч. для патрульной снегоочистки;

3. При таком значении параметра  $s$  нормативные затраты на ликвидацию последствий снегопадов за зимний период на 1 км дорог эксплуатационной категории А составят  $C_A(S) = 18$  тыс. грн.;

4. Если вероятность возникновения неблагоприятных явлений возрастет до  $s = 0,7$ , что соответствует  $S = 355$  цикл. ч., нормативные затраты на зимнее содержание увеличатся до  $C_A(S) = 22$  тыс. грн. на 1 км дорог эксплуатационной категории А.

Изменение нормативных затрат на содержание 1 км дороги потребует от подрядчика использования всех внутренних резервов, необходимых для обеспечения требуемого уровня содержания дороги и соответствующего уровня безопасности для участников дорожного движения. Что касается Заказчика, то с его стороны необходимо резервировать средства, на случай увеличения объемов работ, в сумме 4 тыс. грн., без учета индексации цен.

Выходные данные моделирования позволяют оценивать не только сумму страхового резерва, но и потребность в ресурсах всех видов (машины, материалы, энергоресурсы, трудовые ресурсы) для выполнения объемов работ, необходимых для поддержания элементов дорог в соответствии с нормативными требованиями.

#### **4. Выводы**

Таким образом разработана имитационная модель, которая, в отличие от известных, учитывает риски и позволяет оценивать общие затраты на зимнее

содержание сети автомобильных дорог при заданной вероятности появления неблагоприятных явлений.

**Список литературы:**1. Самодурова Т.В. Оперативное управление зимним содержанием дорог Научные основы: Монография [Текст] / Т.В. Самодурова. - Воронеж: Изд-во Воронеж, гос. ун-та, 2003.-168 с. 2. ДБН В.2.3 - 4 - 2000 - Государственные строительные нормы Украины. Автомобильные дороги [Текст]. – 2000. - 404 с.3. Гасанов Г.М. Оценка риска при планировании работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог [Текст] / Г.М. Гасанов. Транспорт: Наука, техника, управление. Научный информационный сборник / ВИНТИ. - М.2006 -№1-С. 46-47.4. ОДМ 218.0.000-2003. Руководство по оценке уровня содержания автомобильных дорог [Текст]. - М: Федеральная дорожная служба России, 2003. -75 с.5. Боброва Т.В. Сохраним построенное [Текст] / Т.В. Боброва, А.П. Протопопов. Дороги России XXI век. - 2002. -№2 - С. 94-98.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 681.324.032**

*А.О.КОВАЛЬ*, асис, ХНАДУ, Харків

## **ЛІНІЙНА НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ДИНАМІЧНА ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА З ПОСЛІДОВНИМ ВІДНОВЛЕННЯМ І ФІЛЬТРАЦІЄЮ ВХІДНОГО СИГНАЛУ ДАТЧИКА**

На основі використання нейромережевих алгоритмів розроблена модель лінійної нейромережевої динамічної вимірювальної системи здатної адаптувати свої динамічні параметри під умови проведення вимірювань.

**Ключові слова:** нейромережеві алгоритми, вимірювальна система, математичне моделювання.

На основе использования нейросетевых алгоритмов разработана модель линейной нейросетевой динамической измерительной системы способной адаптировать свои динамические параметры под условия проведения измерений.

**Ключевые слова:** нейросетевые алгоритмы, измерительная система, математическое моделирование.

Based on the use of neural network algorithms. A model of a linear neural network dynamic measuring system has been developed is able to adapt it's dynamic parameters to measurement conditions.

**Keywords:** neural network algorithms, measuring system, mathematical modeling.

### **Вступ**

Розробка динамічних моделей вимірювальних систем на базі нейронних мереж і алгоритмів обробки даних динамічних вимірювань з використанням нейромережевих технологій є одним з актуальних шляхів розвитку процесу інтелектуалізації сучасної вимірювальної техніки. Успішний розв'язок даного завдання значно поліпшить метрологічні характеристики і ефективність існуючих первинних вимірювальних перетворювачів без значних матеріальних витрат за рахунок глибокої математичної обробки результатів вимірювань. Крім того, впровадження таких динамічних моделей і алгоритмів, а також їх прикладного програмного забезпечення дозволить створювати інтелектуальні вимірювальні перетворювачі й системи зі здатністю до індивідуалізації своїх