

**М.І. ПОГОРЕЛОВ**, канд.екон.наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків

**С.М. ПОГОРЕЛОВ**, канд.екон.наук, доц., НТУ «ХПІ», Харків

## РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПЛАНУВАННЯ І ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

У статті розглянуто питання прогнозування діяльності ремонтних служб підприємств галузі чорної металургії, а також запропоновано рекомендації у вигляді методики планування ремонтного виробництва на певний період діяльності.

**Ключові слова:** методика, планування, організація, ремонтне виробництво, регресійна модель

### Вступ

Згідно [1], для використання регресійних моделей як прогнозні і для вироблення рекомендацій по удосконаленню або раціональному (оптимальному) використанню як матеріальних, так і трудових ресурсів, потрібна оцінка якості отриманих рівнянь. Перевірка статистичної якості оцінюваного рівняння складається з наступних етапів:

- перевірка статистичної значущості кожного коефіцієнта рівняння регресії;
- перевірка загальної якості рівняння регресії;
- перевірка властивостей даних, виконання яких передбачалося при здійсненні рівняння.

Для аналізу загальної якості рівнянь регресії (розроблених багатофакторній регресійній моделі) використані коефіцієнти детерміації  $R^2$  і

нормалізований коефіцієнт детерміації  $R_h^2$ . Коефіцієнт детерміації характеризує долю варіації (розкиду) залежної змінної, поясненої за допомогою рівняння моделі. У нашому випадку для залежної змінної  $z$  коефіцієнт детерміації  $R_h^2 = 0,99962$ , а для залежної змінної  $z/\varphi$  -  $R_h^2 = 0,99877$ . Це означає, що незалежні змінні  $x_1, x_2, x_4, x_5$  пояснюють 99,9% варіації залежних змінних  $z$  і  $z/\varphi$ .

Згідно [1], близькі до одиниці значення коефіцієнтів детерміації  $R^2$  ще не свідчить про те, що рівняння регресії високої якості.

### Постановка завдання

При використанні моделі для прогнозу необхідно оцінити автокореляцію залишків. При оцінці може бути використана статистика Дарбина-Уотсона (DW)[1], яка тісно пов'язана з коефіцієнтом автокореляції першого роду.

### Результати дослідження

З усіх незалежних чинників моделі ( $x_1$  - знос основних фондів, %;  $x_2$  - відношення витрат на поточні ремонти устаткування до капітальних, %;  $x_4$  - відношення чисельності персоналу, зайнятого підготовкою і проведенням ремонтів основних фондів централізованим способом до чисельності персоналу, виконуючий ремонт і обслуговування децентралізованим способом, %;  $x_5$  - рентабельність, %), ефективно можна впливати на зменшення величини витрат на ремонти і обслуговування основних фондів підприємства, за допомогою чинника  $x_4$  шляхом раціонального (оптимального) вибору співвідношення численності персоналу (централізованого і децентралізованого).

Для середніх значень  $x_1, x_2, x_5, x_1=36,8; x_2=166; x_5=8,538$ , отримаємо:

$$z = 59.36 - 1.08x_4 . \quad (1.1)$$

З урахуванням довірчого інтервалу  $\Delta x_4 = \pm 0,17$  рівняння (1.1) набере вигляду:

$$z = 59.36 - 1.25x_4 . \quad (1.2)$$

$$z = 59.36 - 0.91x_4 . \quad (1.3)$$

На підставі рівнянь (1.1) і (1.3) можна визначити критичні значення чинника  $x_4$ , тобто співвідношення чисельності децентралізованого і централізованого персоналу, що займається ремонтом і обслуговуванням основних фондів виробництва. Рівняння (1.2) і (1.3) показують, що збільшення відношення чисельності персоналу, зайнятого ремонтом основних фондів централізованим способом до чисельності персоналу, виконуючий ремонт і обслуговування децентралізованим способом на 1% приводить в середньому до зменшення витрат на 1,08 тис.грн. (мінімум - на 0,91 тис.грн., максимум - на 1,25 тис.грн.)

Рівняння (1.1) - (1.3) можуть бути використані як нормативні оцінки якості ремонтних служб в галузі з наступних міркувань. В перших, розрахунки виконані по підприємствах "Укртрубопрома" показують що при будь-якому співвідношенні централізованого і децентралізованого обслуговування витрати на обслуговування і ремонт не повинні перевищувати 72 тис.грн. в рік, а по-друге необхідно, щоб при заданому рівні централізації (децентралізації) сумарні витрати при зміні співвідношення чисельності ремонтних служб на 1% зменшувалися більше, ніж на 1,08 тис.грн. Якщо зміна на 1% чисельності персоналу зайнятого підготовкою і проведенням ремонтів основних фондів централізованим способом

до чисельності персоналу, виконуючий ремонт і обслуговування децентралізованим способом, призводять до зменшення витрат менше ніж на 0,91 тис.грн., то подальше збільшення процентного співвідношення чисельності персоналу недоцільно.

Кількісна оцінка витрат на ремонти і технічне обслуговування може бути здійснена на основі обліку впливу зносу, ремонтоемкости основних фондів і інших чинників. Вплив зносу (відсотка збільшення зносу) основних фондів при незмінній величині інших чинників ( $z_n$ ) на величину витрат( тис.грн.) можна розрахувати по отриманому рівнянню:

$$z_n = 59.36 + 2.217(x_1 - 36.8). \quad (1.4)$$

Так, при збільшенні зносу основних фондів до 40%, необхідно в кошторисі витрат на проведення технічного обслуговування і ремонтних робіт передбачити не менше 66,5 тис.грн. або збільшення витрат в порівнянні з попереднім періодом на 7,14 тис.грн.

Вплив ремонтоемкости основних фондів ( $z/\varphi_p$ ) на витрати СТОиРО в цьому випадку може бути оцінений як:

$$z/\varphi_p = 9.22 + 0.107(x_1 - 36.8), \quad (1.5)$$

що відповідає (при зносі основних фондів до 40%) 9,56 коп./грн. Аналогічні співвідношення можуть бути отримані і для визначення впливу інших чинник на витрати, пов'язані з обслуговуванням і ремонтом основних фондів і їх ремонтоемкостью.

Вплив рентабельності на величину витрат ( $z_p$ ) і величину ремонтоемкости ( $z/\varphi_p$ ) основних фондів може бути описаний наступними співвідношеннями:

$$z_p = 59.36 - 12.028(x_5 - 8.538). \quad (1.6)$$

$$z/\varphi_p = 9.22 - 0.829(x_5 - 8.538). \quad (1.7)$$

Згідно вираження 1.7 збільшення рентабельності на 1% в середньому по Укртрубопрому призводить до зменшення витрат на обслуговування і ремонт основних фондів приблизно на 12 тис.грн.

Практичний інтерес представляє оцінка впливу рентабельності ремонтного виробництва із зміною зносу основних фондів. Прогнозування витрат залежно від зміни чинників  $x_1$  і  $x_5$  може бути оцінене наступним співвідношенням:

$$z_{x_1, x_5} = 59.36 + 0.107(x_1 - 36.8) - \quad (1.8)$$

$$- 12.028(x_5 - 8.538).$$

При збільшенні зносу основних фондів на 5% і одночасному збільшенні рентабельності виробництва на 0,5%, передбачувані витрати на технічне обслуговування і ремонт складуть приблизно 53,9 тис. грн.

При розробці методики окремо виконуємо розрахунки в цілому по чорній металургії і окремо по Укртрубопрому.

Для першої групи:

$$x_{11} = 35.4 + 0.156 \cdot t, \quad (1.9)$$

$$x_{21} = 152.2 + 0.68 \cdot t, \quad (1.10)$$

$$x_{41} = 10.5, \quad (1.11)$$

$$x_{51} = 7.29 + 0.016 \cdot t, \quad (1.12)$$

де  $t$  - тривалість часу спостереження, місяців.

Для другої групи:

$$x_{12} = 31.3 + 0.19 \cdot t. \quad (1.13)$$

$$x_{22} = 159.0 + 0.375 \cdot t. \quad (1.14)$$

$$x_{42} = 10.34 + 0.016 \cdot t. \quad (1.15)$$

$$x_{52} = 9.21 + 0.015 \cdot t. \quad (1.16)$$

Згідно [2] централізація ремонтів припускає розширення зони обслуговування ремонтних підрозділів і включення в неї групи об'єктів, як правило групи однорідних цехів або виконання ремонтів певного виду устаткування.

Існують чинники, які діють як у бік централізації ремонтів, так і протидіючі їй. Зосередження ремонтних сил і розширення зони обслуговування централізованих ремонтних підрозділів дозволяє більш рівномірно здійснювати технічне обслуговування і ремонт устаткування, а, отже, і більш рівномірне завантаження ремонтного персоналу. Проте, разом з цим, в процесі виробництва виникають непланові потреби в залученні ремонтного персоналу (відмови устаткування). Вони вимагають, щоб в наявності був персонал для усунення аварійних ситуацій, що сприяє підвищенню надійності роботи устаткування. Зростання чисельності цього персоналу збільшує надійність ремонтного

обслуговування цього об'єкту при виконанні позапланових робіт, але знижує ефективність використання трудових ресурсів. Централізація ремонтних служб шляхом об'єднання зон обслуговування дозволяє зменшити сумарну чисельність персоналу при тій же надійності обслуговування, або збільшувати надійність при тій же сумарній чисельності. Проте збільшення зони обслуговування, починаючи з деякої межі, стає мало ефективним. Практично в реальній організаційній структурі частина ремонтних сил залишається у складі об'єкту обслуговування, а частина концентрується в централізованих ремонтних підрозділах. Відповідно, має місце і розподіл об'ємів ремонтних робіт. Рівень внутрішньозаводської централізації залежить від розподілу ресурсів і об'ємів робіт між ремонтними службами цехів основного виробництва і спеціалізованими ремонтними цехами. Рівень міжзаводської централізації залежить від розподілу ресурсів і об'ємів робіт між ремонтними службами обслуговуваних підприємств і спеціалізованими ремонтними об'єднаннями.

З вищесказаного виходить, що існують деякі граничні (порогові) значення рівня централізації (певна кількість ремонтного персоналу). Якщо позначити через " $b_1$ " чисельність персоналу для проведення повного об'єму ремонтних робіт (централізований і децентралізований формами організації ремонтних робіт),  $y_1$  - чисельність персоналу з централізованою формою обслуговування;  $y_2$  - чисельність персоналу з децентралізованою формою обслуговування;  $k_{1j}$  - коефіцієнт централізації;  $k_2$  - коефіцієнт трудовитрат;  $b_2$  - порогове значення рівня централізації, то математична модель завдання може бути представлена у виді:

$$L_{\min}(\bar{y}) = y_1 + k_2 y_2 . \quad (1.17)$$

$$\left. \begin{aligned} y_1 + k_{1j} y_2 &\leq b_1 \\ y_1 &\geq b_2 \\ y_2 &\geq b_1 b_2 \\ y_1 &\geq 0; y_2 &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.18)$$

Визначимо умову існування мінімуму функції (1.17). Оскільки функція (1.17) і система обмежень (1.18) лінійні відносно чинників  $y_1$  і  $y_2$ , то це завдання можна вирішити методами лінійного програмування, зокрема отримати рішення в загальному вигляді для  $j=1$  графічним способом. Мінімальне значення функції (1.18) досягається у вершині многогранника обмежень з координатами  $[b_2; (b_1 - b_2)]$ . Отже, завдання оптимізації полягає у визначенні порогового значення  $b_2$  залежно від конкретних значень коефіцієнтів  $k_2$  і  $k_{1j}$ .

## Математична модель завдання

Введемо позначення:

$I$  - безліч змін;  $K$  - безліч номерів об'єктів;  $Z$  - безліч номерів одиниць устаткування;  $G$  - безліч номерів груп одиниць устаткування, що відрізняються термінами проведення ремонтів;  $Lg$  - безліч номерів одиниць устаткування, що входять до складу  $g$ -ої групи;  $Ld$  - безліч номерів одиниць устаткування, що входять до складу  $d$ -ої групи;  $IL$  - безліч номерів варіантів графіків ремонтів  $L$ -ої одиниці устаткування;  $y_{ijL}$  - кількість одиниць трудових ресурсів, зайнятих ремонтом  $L$ -тої одиниці устаткування в  $i$ -й відрізок часу якщо використовується  $j$ -й варіант ремонту;  $x_{jL}$  - невідомі, набуваючі значення, рівного одиниці, якщо на  $L$ -ій одиниці устаткування використовується  $j$ -й варіант графіків ремонтів, і рівне нулю інакше.

Як цільова функція передбачається використовувати мінімальну потребу в ремонтах, обслуговуючих дану сукупність одиниць устаткування в заданому тимчасовому інтервалі. Цільова функція формується з наступних передумов. Припустимо, що  $j=1$ , тобто є тільки один варіант ремонту. Тоді, згідно з цим варіантом, трудовитрати  $F_L$  в  $i$ -й відрізок часу (доба) складуть:

$$F_L = \sum_{L=1}^z y_{ijL} x_{jL}. \quad (1.19)$$

На тимчасовому інтервалі, визначуваному безліччю  $I$ , для першого варіанту ( $j=1$ ) потреба ремонтного персоналу  $F_{2j}$  визначається як максимальна величина з добової потреби на безлічі  $I$ .

$$F_{2j} = \max_{i \in I} \sum_{L=1}^z y_{ijL} x_{jL}. \quad (1.20)$$

Якщо є  $j$ -варіантів, то для кожного варіанту може бути знайдена своя величина  $F_{2j}$ , згідно вираження (1.20). Тоді мінімальна потреба в ремонтах (цільова функція) надається у виді:

$$F_{\min} = \min_{j \in I_L} (\max_{i \in I} F_{2j}) = \min_{j \in I_L} (\max_{i \in I} \sum_{L=1}^z \sum_{j=1}^{I_L} y_{ijL} x_{jL}). \quad (1.21)$$

Математична модель об'єкту описується таким чином.

Оскільки ремонт кожної  $L$ -ої одиниці устаткування повинен проводитися тільки одним способом з сукупності допустимих, то це умови пропонується системою обмежень :

$$\sum_{j=1}^{I_L} x_{jL} = 1, (L = \overline{1, z}). \quad (1.22)$$

$$x_{jL} = 1 \cup 0, (L = \overline{1, z}; j = \overline{1, I_L}). \quad (1.23)$$

Знак  $\cup$  - знак диз'юнкції (логічне або).

Необхідно також врахувати умову, що одиниці устаткування, що входять до складу різних груп, повинні ремонтуватися в різні терміни. Ця умова забезпечується наступним обмеженням:

$$\sum_{i=1}^I \left( \sum_{j=1}^m y_{ijm} x_{jm} \right) \left( \sum_{j=1}^n y_{ijn} x_{jn} \right) = 0. \quad (1.24)$$

$$(m = \overline{1, L_g}; n = \overline{1, L_g})$$

Рівняння (1.20) -(1.24) складають математичну модель завдання, рішення якого може бути здійснене методами математичного програмування. Наприклад, один з варіантів рішення - це варіант рішення з використанням стандартних пакетів, що мають процедуру рішення завдань лінійного програмування (наприклад STATGRAPHICS)[93]. З його допомогою може бути вирішено  $j$ -задач (тобто прораховано  $j$ -возможних варіантів) при використанні цільової функції, заданої рівнянням (1.20), після чого здійснюється вибір варіанту рішення задачі згідно рівняння (1.21), тобто вибору варіанту рішення, що забезпечує мінімум цільової функції. Іншим варіантом (альтернативним) є розробка пакету програм на одній з алгоритмічних мов високого рівня, що реалізують алгоритм, заданий рівняннями (1.22), -(1.24). Тут послідовність знаходження оптимального графіка ремонту базується на ідеї методу лінійного програмування гілок і меж.

Для чергової  $n$ -ої одиниці устаткування формується варіант графіка ремонту. Як перший варіант вибирається базовий графік ремонтів, а наступні варіанти виходять в міру необхідності зрушення даного варіанту на величину, рівну частоті можливих зупинок цієї одиниці устаткування на ремонт, або на одну зміну, якщо при цьому не порушуються допустимі відхилення від графіків з нормативною періодичністю.

Трудовитрати сформованого варіанту графіка для  $n$ -ої одиниці устаткування підсумовуються з відповідними трудовитратами, запланованими на ремонт вже розглянутої сукупності одиниць устаткування ( $(n - 1)$  одиниць). Потім визначаються максимальні трудові витрати на планованому тимчасовому інтервалі, необхідні для ремонту сукупності ( $n$ ) одиниць устаткування в припущенні, що для ремонту  $n$ -ої одиниці устаткування планується сформований графік. Якщо вони співпадають з максимальними трудовими витратами сукупності  $n - 1$  одиниць устаткування, отриманими на попередньому кроці, то для  $n$ -ої

одиниці устаткування планується сформований графік ремонтів і відбувається перехід до наступного кроку, тобто до обробки  $n+1$  одиниці устаткування. Інакше формується новий варіант графіків ремонтів  $n$ -ої одиниці устаткування. Це повторюється до тих пір, поки або максимальні трудові витрати сукупності з  $n$  одиниць устаткування співпадуть з максимальними трудовитратами на попередньому кроці, або буде вичерпано безліч варіантів графіків ремонтів  $n$ -ої одиниці устаткування. У останньому випадку з усієї безлічі варіантів для  $n$ -ої одиниці устаткування планується той графік ремонтів, при якому максимальне завантаження сукупності  $n$  одиниць буде мінімальне. Для розрахунку оптимального графіка проведення ремонтних робіт розроблена програма на алгоритмічній мові "Паскаль" в середовищі "Turbo Pascal" для ПЕВМ типу IBM PC/AT, оснащеною операційною системою DOS.

### **Висновки**

Таким чином, використовуючи приведену методику, яка реалізована у вигляді математичних моделей, машинних алгоритмів і програм розрахунку оптимальних графіків технічного обслуговування і проведення ремонтних робіт, розрахунку коефіцієнтів повної зайнятості децентралізованого персоналу і об'єму робіт, що виконується децентралізованим способом, від чисельності децентралізованого персоналу для конкретного об'єкту чорної металургії, можна:

- виконати побудову оптимальних графіків ремонтів і технічного обслуговування устаткування, що входить в цю зону централізованого обслуговування;

- виконати розрахунок залежностей, що характеризують коефіцієнт використання трудових ресурсів, що виконують технічне обслуговування і ремонт устаткування при різних рівнях централізації;

- визначити загальну чисельність персоналу, що здійснює технічне обслуговування і ремонт устаткування, а також чисельність централізованого і децентралізованого персоналу залежно від необхідного виконання об'єму робіт і нормативного (заданого) показника завантаження децентралізованого персоналу певного підприємства;

- визначити величину витрат (усереднене значення і граничні значення) залежно від процентного співвідношення чисельності персоналу, зайнятого підготовкою і проведенням ремонтів устаткування централізованим і децентралізованим способом, а також граничні значення величин витрат незалежно від форми обслуговування;

- розрахувати порогове значення чисельності централізованого і децентралізованого персоналу виходячи з допустимого рівня зміни витрат, при якій подальше збільшення процентного співвідношення чисельності (централізованого і децентралізованого) персоналу недоцільно;



- оцінити динаміку витрат як при зміні кожного з даних чинників, так і при їх спільній дії;
- прогнозувати витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням і проведенням ремонтних робіт для даних груп підприємств;
- здійснити аналіз ефективності ремонтного виробництва як для окремо взятих підприємств (груп підприємств), так і для підприємств, що розглядаються в цілому;
- планувати ремонти устаткування підприємства.

**Список літератури:** 1. *Замков О.О.* и др. Математические методы в экономике: Учебник. – М.: МГУ им М.В. Ломоносова, издательство «ДИС», 1998. – 368с. 2. Методика рационального распределения численности ремонтного персонала между производственными цехами, специализированными ремонтными цехами металлургических предприятий и территориальными специализированными управлениями ремонтных трестов системы Минчермета СССР, утвержденная управлением «Черметремонт» письмом №12-83 от 08.04.1980г. – Харьков: ВНИИОчермет, 1980. –39с. 3. *Борисов Ю.С.* Организация ремонта и технического обслуживания оборудования. – М.: Машиностроение, 1978. – 200с. 4. *Васильва Н.Э., Козлова Л.И.* Формирование цен в рыночных условиях. – М.: Интел–Синтез, 1995. – 62с. 5. *Егоричев А.П.* Централизованный ремонт энергетического оборудования предприятий черной металлургии. – М.: Металлургия, 1989. – 216с. 6. *Елецких С.Я.* Необходимость совершенствования методов формирования цены и теоретические основы ценообразования в рыночных условиях. / НАН Украины, Институт экономики промышленности, Донецк, 1997. – 31с. 7. *Журавский Ф.М., Семенов Е.К.* Капиталистический рынок оборудования: проблемы конкурентоспособности. – М.: Наука, 1991. – 159с.

*Надійшла до редколегії 08.01.2013*

УДК 330.341

**Розробка методики планування і організації ремонтного виробництва на основі регресійних моделей /М.І. Погорелов, С.М. Погорелов// Вісник НТУ „ХПІ”. Серія: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Х.: НТУ „ХПІ”. - 2013. - № 20 (993) - С. 3-11. Бібліогр.: 7 назв.**

В статье рассмотрен вопрос прогнозирования деятельности ремонтных служб предприятий отрасли черной металлургии, а также запропоновано рекомендації в виде методики планирования ремонтного производства на определенный период деятельности.

**Ключевые слова:** методика, планирование, организация, ремонтное производство, регрессионная модель

In the article the question of prognostication of activity of repair services of enterprises of industry of ferrous metallurgy, and also запропоновано рекомендації, is considered as methods of planning of repair production on the certain period of activity.

**Keywords:** methods, planning, organization, repair production, regressive model