

СТАТИСТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ СТІЙКОСТІ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА

Желдак Т.А. к.т.н. доц., Антоненко Н.А. магістр

Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", Україна

Анотація. The section of the system analysis of the object of the study describes the technology of converter steel production and the influence on the lining of the converter of technical and technological factors. A systematic analysis of the converter steel production process has been carried out and the task of the study has been described.

The information-analytical section describes the rules for data processing and the methods used to predict the dependent variable in the subject matter under consideration. In a special section, the analysis of the obtained statistical data was carried out and the mathematical models of the dependence of the stability of the converter lining on the known technical and technological factors were constructed. The practical value of the work consists in the fact that the developed number of models will allow to predict the stability of the converter lining depending on the selected technical and technological factors of influence.

Ключові слова. КОНВЕРТЕР, ФУТЕРОВКА, СТІЙКІСТЬ, KDD, DATA MINING, РЕГРЕСІЯ, МОДЕЛЬ, КОРЕЛЯЦІЙНА ФУНКЦІЯ.

Вступ. В даний час, як в Україні, так і закордоном виробництво конвертерної сталі отримало швидке та широке розповсюдження, завдяки своїй простоті та високій продуктивності, низькими капітальними та експлуатаційними витратами, і зараз є провідним сталеплавильним процесом в світі [1]. Одним з найбільших джерел витрат на конвертерному виробництві сталі є заміна футеровки конвертера. Тому у світовій практиці, виробництва сталі в конвертерах домінують тенденції підвищення стійкості футеровки конвертера та прогнозування зношення різних частин футеровки, в залежності від специфіки її навантаження.

Ще в минулому столітті вчені виявили основні фактори що впливають на термін роботи футеровки конвертера. З [2] відомо, що такі фактори можна поділити на технічні (якість застосування вогнетривких матеріалів та схема

кладки) і технологічні (якість чавуну, основність плавки, виконання додувок та способи догляду за футеровкою протягом компанії).

Оскільки багато авторів [1, 2] сходяться на думці про складність модельованого процесу, а також за умови невеликої кількості інформації про структуру моделі, раціонально використати метод групового врахування аргументів (МГУА) для знаходження якісної регресійної моделі.

Опис початкової вибірки. До опрацьованої інформації входять всі вище згадані чинники впливу, а саме данні про 22 фактори технологічного процесу, що описують роботу 91-ої футеровки протягом 2004-2011 років у конвертерному цеху ПАТ «ЄВРАЗ ДМЗ».

Опис дослідження. В ході розвідувального аналізу даних, був видалений один предиктор з кожної пари, що описують однакові дослідження. Предиктори обиралися, опираючись на оцінку їх нелінійної статистичної залежності з результуючою характеристикою стійкості футеровки конвертера, методом, що базується на оцінюванні значень коефіцієнтів детермінації з використанням невідомих функцій регресії, отриманих методом рухомих середніх.

Було проведено однофакторний дисперсійний аналіз для виявлення впливу пори року та виробника футеровки на якість роботи конвертера. З вибірки даних були обґрунтовано видалені два дослідження, тим самим було виконано всі умови для використання методу найменших квадратів.

В результаті розвідувального аналізу даних отримані данні про 13 факторів технологічного процесу, що описують роботу 89-ти футеровок.

При побудові моделей за МГУА, особлива увага приділяється вірному вибору критерія самоорганізації який має забезпечити правильний відбір моделей рішень, що будуть адекватні по відношенню до нових даних та стійкі до шуму. Тому в роботі використано два критерія самоорганізації. Перший, «принцип зовнішнього доповнення» запропонований автором МГУА, академіком НАНУ А.Г. Івахненком, що базується на теоремі Геделя про неповноту. Другий, запропонований в [3], де для вибору опорної функції між двома предикторами, пропонується використовувати внутрішній критерій, що накладає «штраф» на кількість параметрів моделі. Водночас, для вибору

найкращих моделей в кожному раді селекції пропонується використовувати зовнішній критерій стандартної перехресної перевірки (cross-validation).

Також, в моделях МГУА були введено дозвіл на від'ємність степенів опорних функції. Останнє актуально, оскільки в [4] зазначено, що такий підхід дозволяє не тільки значно підвищити фізичну відповідність моделей сутності процесів, а й створити новий тип предикторів, а саме співвідношення різного вигляду. В якості опорних функцій було обрано повну функцію першого порядку з чотирма коефіцієнтами.

Висновки. В ході роботи доведено, що всі побудовані моделі адекватно описують реальний процес. Але, у зв'язку з невеликою різницею між оцінками, розрахованими за критеріями регулярності, Акаїке та стандартної перехресної перевірки у всіх моделей, для даного випадку, авторами для оціночного прогнозування стійкості футеровки рекомендується використання лінійної моделі, побудованої за допомогою комбінаторного алгоритму покрокового регресійного аналізу (Дрейпер, Смит, 1987), через її простоту та легкість інтерпретації. Водночас комплексна модель, отримана за МГУА, може бути застосована для більш тонкого аналізу впливу окремих предикторів на усталений режим роботи футеровки.

Література

1. Пантейков С.П. Анализ мирового развития и современное состояние технологий ошлакования футеровки кислородных конвертеров [текст] / С.П. Пантейков // Бюллетень «Черная металлургия» - №6. – 2013. – с.65-78.
2. Желдак Т.А. Використання технології OLAP для прогнозування стійкості футеровки конвертера [текст] / Т.А. Желдак // Праці VII міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень». – Ужгород, УжНУ, 2014. – с. 105-106.
3. Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. (2014) Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. – Электронная книга, адрес доступа: [\[http://r-analytics.blogspot.com\]](http://r-analytics.blogspot.com)
4. Желдак Т.А. Застосування зворотних залежностей у математичних моделях складних об'єктів та систем/ Т.А. Желдак // Системні дослідження та інформаційні технології, 2012, №3. – с.95-106.

References

1. Panteykov S.P. Analysis of world development and the current state of the technology of slagging of the lining of oxygen converters [text] / S.P. Panteykov // Bulletin “Ferrous metallurgy” - No. 6. - 2013. - p. 65-78.
2. Zheldak T.A. Technology OLAP for forecasting converter linings [text] / T.A. Zheldak // Praci VII International School-Seminar “Theory of Adoption”. - Uzhgorod, UzhNU, 2014. -- p. 105-106.
3. Mastitsky S.E., Shitikov V.K. (2014) Statistical analysis and data visualization using R. - E-book, access address: [<http://r-analytics.blogspot.com>]
4. Zheldak T.A. Zatosuvannya zverevnyh deposits in mathematical models of folding objects and systems / T.A. Zheldak // System technology and information technology, 2012, No. 3. - p. 95-106.