

ВИЗНАЧЕННЯ АДЕКВАТНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ БАГАТОЗВ'ЯЗНИХ ОБ'ЄКТІВ

Селівьорстова Т.В.¹, Потап М.О.¹

¹Український державний університет науки і технологій, Україна

Анотація. Доведення адекватності моделей складних, багатозв'язних об'єктів, таких як стани безперервної прокатки, становить проблему через неможливість точного відтворення умов промислового експерименту під час моделювання. Більшість вхідних та вихідних змінних у наведеній комп'ютерній моделі безперервного прокатного стану не піддаються експериментальному вимірюванню, а відтак їх не можна порівнювати з результатами моделювання.

Адекватність таких моделей пропонується визначати шляхом порівняння якісних та кількісних ефектів взаємовпливу різних модельованих параметрів із подібними ефектами, наявність яких чітко встановлена практикою. Застосування зазначеного методу дозволило провести апробацію нового способу регулювання міжклітьового натягу на основі даних про струми якоря двигунів прокатних станів.

Ключові слова: комп'ютерне імітаційне моделювання, багатозв'язний об'єкт, адекватність моделі, безперервний прокатний стан.

Імітаційне моделювання складних багатозв'язних об'єктів, до яких належать, наприклад, безперервні прокатні стани, зазвичай стикається з проблемою доведення адекватності створених моделей. Використання класичних підходів до визначення адекватності, які передбачають співставлення результатів моделювання з даними, що отримані за результатами активних або пасивних експериментів на об'єкті [1], суттєво обмежується низкою непереборних обставин.

До таких обставин слід віднести [2]:

1) неможливість прямого вимірювання певних технологічних параметрів через відсутність відповідних вимірювальних засобів та методів;

2) принципову неможливість відтворити під час комп'ютерного моделювання численні технологічні фактори, які істотно впливають на процес, що моделюється.

Стосовно моделювання процесів на безперервних станах до параметрів, які взагалі не піддаються прямому вимірюванню можна віднести, зокрема,

натяг, що виникає у прокаті, швидкість прокату та геометричні розміри прокатних профілів на виході з прокатних клітей тощо. Значення низки інших параметрів, які начебто й піддаються вимірюванню (зокрема, температура прокату), не можуть бути використані через відсутність відповідних вимірювачів на реальних станах.

Неможливість відтворення при моделюванні безперервної прокатки скільки-небудь подібної до умов промислового експерименту картини змінюваних у часі вхідних параметрів процесу є абсолютно очевидною з огляду на їхню кількість.

Наведені міркування обумовили підхід до визначення адекватності імітаційної моделі чистової групи клітей безперервного дрібносортового стана 250, що була створена в роботі [3] з метою дослідження ефективності нового способу мінімізації натягу прокату за інформацією про якірні струми головних прокатних електроприводів.

Модель, структура якої наведена на рис. 1, містила низку типових блоків, що моделюють геометричні, кінематичні та енергосилові параметри прокатки в клітях (блоки KL), стан металу в міжклітьових проміжках (блоки PR), роботу головних електроприводів прокатних клітей (блоки EP) та власне системи автоматичного регулювання натягу (блоки SARN), а також імітують параметри заготовки (блок IZ).

Навіть якщо обмежитись розглядом блоків KL_i , що моделюють процес деформації металу в клітях, можна зазначити, що вхідними змінними кожного з них виступають геометричні розміри (ширина b_{0i} та висота h_{0i}) підкату, передній $\sigma_{i,i+1}$ та задній $\sigma_{i-1,i}$ натяг, а також частота n_i обертання прокатного двигуна та міжвалковий зазор z_i . До вихідних змінних блоків KL_i відносяться геометричні розміри (ширина b_{1i} та висота h_{1i}) на виході з кліті, швидкість металу на вході V_{0i} та виході V_{1i} , а також момент M_i прокатки.

З усіх одинадцяти перелічених параметрів прямому вимірюванню у промисловому експерименті піддається лише один: частота обертання прокатного двигуна, а непрямому – момент прокатки уяву про значення якого

надає вимірюваний якірний струм двигуна. Решта параметрів в експерименті виміряною бути не може.

Отже за принципової неможливості доведення адекватності наведеної моделі класичними методами для вирішення проблеми можна запропонувати підхід, що передбачає зіставлення якісних та кількісних ефектів взаємного впливу різних модельованих параметрів з аналогічними ефектами, наявність яких однозначно встановлена на практиці і підтверджується досвідом промислової експлуатації об'єкта автоматизації.

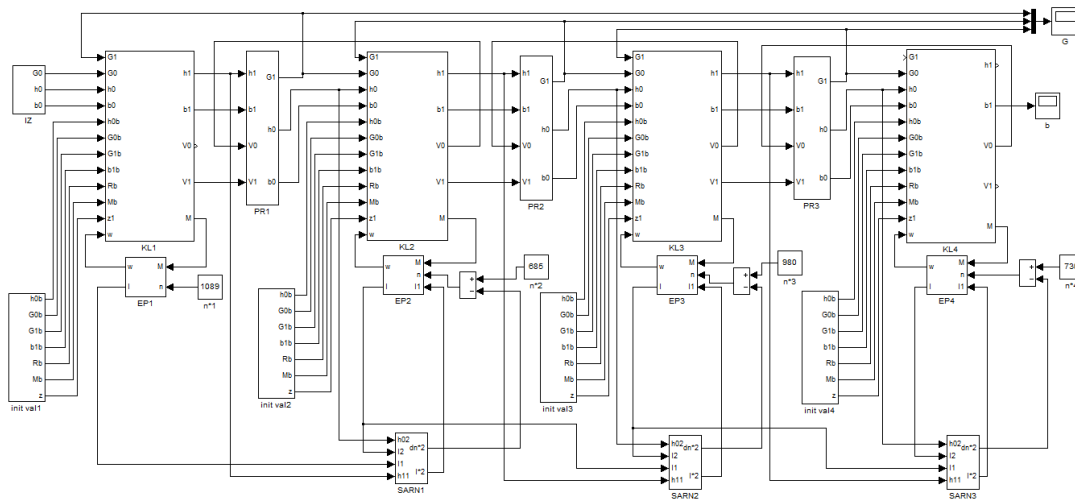


Рисунок 1 - Структура моделі процесу безперервної сортової прокатки в пакеті MATLAB Simulink

Зокрема, аналіз отриманих при моделюванні результатів показав, що значення геометричних (ширина), кінематичних (швидкість прокатки) і енергосилових (момент прокатки) параметрів перебували у прийнятних межах, а ефекти їх взаємного впливу та впливу на них переднього і заднього натягу, що спостерігались, цілком узгоджуються з існуючими уявленнями про закономірності модельованого процесу. Це дозволяє вважати, що створена динамічна модель чистової групи клітей безперервного дрібносортового стану адекватно описує процес прокатки та може бути використана для апробації нового способу регулювання натягу за даними про якірні струми прокатних двигунів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методи цілеспрямованого оцінювання адекватності моделі / В.О. Крисилів, В.В. Любченко, В.С. Кавицька // Праці Одес. політехн. ун-ту. Вип. 2 (39). Одеса, 2012. С. 160-184.
2. Автоматизація технологічних процесів на дрібносортних прокатних станах: монографія / О.С. Бешта, В.М. Куваєв, О.Є. Потап, А.П. Єгоров. Дніпропетровськ. Журфонд, 2014. 283 с.

3. Мінімізація міжклітьового натягу на безперервних станах за якірними струмами електроприводів прокатних клітей / О.Ю.Потап, В.М. Куваєв, О.О. Бойко, М.О. Рибальченко, В.І. Шибакінський, М.О. Потап. Системні технології. Вип. 6 (149). Дніпро, 2023. С. 75-83.

DETERMINING THE ADEQUACY OF COMPUTER MODELS OF COMPLEX MULTI-CONNECTED OBJECTS

Tatyana Selivorstova, Mykhailo Potap

Abstract. *Proving the adequacy of models of complex, multi-connected objects such as continuous rolling mills poses a problem due to the impossibility of accurately reproducing the conditions of an industrial experiment during modeling. Most of the input and output variables in the given continuous bar rolling mill computer model are not experimentally measurable and therefore cannot be compared with simulation results.*

It is proposed to determine the adequacy of such models by comparing the qualitative and quantitative effects of the mutual influence of various modeled parameters with similar effects, the presence of which has been clearly established in practice. The application of the specified method made it possible to test a new method of interstand tension regulation based on the data on armature currents of rolling mill motors.

Keywords: *Computer simulation modeling, multi-connected object, model adequacy, continuous bar rolling mill*

REFERENCES

1. Methods for goal-oriented assessment of model adequacy / V.A. Krisilov, Lyubchenko V.V., Kavitskaya V.S. / Odessa Polytechnic University. 2 (39). Odessa, 2012. P. 160-184.
2. Automation of technological processes on light-section rolling mills: monograph / A.S. Beshta, V.N. Kuvaev, O.E. Potap, A.P. Egorov. Dnepropetrovsk: Zhurfond, 2014. 283 p.
3. Minimization of interstand tension on continuous grade rolling mills by armature currents of electric drives of roll mill stands / O. Potap, V. Kuvaev, O. Boyko, M. Rybalchenko, V. Shybakinskyi, M. Potap / System technologies. 6 (149) 2023. P. 75-83.