

**Dobrovolskaya L. A., Lisov E. V.**

## **AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM BY THE PROCESS OF ROLLING BILLETS IN THE ROUGHING STAND OF TLS**

*The article discusses the issues of developing an automatic process control system by rolling blanks in a roughing stand of a TLS, which will provide improved quality of rolled products due to tighter compliance with dimensional and metallurgical tolerances; saving of metal and energy resources; increasing mill productivity; facilitation of staff work; improving organization and improving production management. The structure of the control system of a draft group of cleates can be represented in the form of two basic levels. first level functions: communication of operational personnel with process control systems at control posts; management of speed modes and transport mechanisms; management of positional mechanisms; management of auxiliary mechanisms; hydraulic breakdown control; tracking and coordination of the operation of basic level systems; GNU management; management of transshipment of rollers; tension control in a continuous subgroup. second level features: information support; site setup; automatic width adjustment; slab profiling management; temperature and speed control in a continuous subgroup; skiing management; sickle regulation; thickness regulation.*

*As a result of the proposed roughing stand automation, it is proposed to install a digital tuning system and indicate the position of the draft group mechanisms. The system should be integrated into the complex of mill automation systems. The system will provide remote control of mechanisms from the workplace of the operator of the draft group and the workplaces of the rolling mill at the stands of the group. The process was visualized on the basis of an industrial personal computer with SIEMENS licensed WinCC programs, which will greatly simplify the control of the process and allow you to control and manage the main adjustable parameters with minimal interference in the human process.*

**Keywords:** *automatic regulation, roughing stand, adjustment and indication of the position of the mechanisms of the draft group, mathematical model, structural diagram, functional scheme, complex of technical means, WinCC programs of SIEMENS*

*Рекомендовано до публікації: доц, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ» Кравченко В. П.  
Стаття надійшла 19.05.2020 р.*

**УДК 621.771.24: 658.011.56**

**Добровольська Л. О., Серeda С. Є.**

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ АСУТП ПРОКАТКИ ЛИСТА В ЧИСТОВІЙ КЛІТІ ТЛЦ**

*У статті розглядаються питання модернізації АСУТП прокатки листа в чистовій клітці ТЛЦ. Модернізація АСУ противигибом робочих валків клітей забезпечить необхідну якість гарячої прокатки смуг, поліпшить техніко-економічні показники роботу стану в цілому, підвищить рівень охорони праці персоналу, запровадить візуалізацію технологічного процесу і управління противигибом за допомогою ЕОМ, а також забезпечить реєстрацію та*

*облік усіх необхідних технологічних параметрів в кліті. У процесі модернізації пропонується установка потужного, продуктивного і заводський контролера фірми Omron серії CS1H. Розроблені нові структурна і функціональні схеми автоматизації, що дозволить усі технологічні параметри і технологічний процес відобразити на АРМ оператора з можливістю оперативного втручання і зміни значень основних регульованих параметрів. Для візуалізації технологічного процесу пропонується установка SCADA- системи, яка значно спростить контроль за ходом технологічного процесу і дозволить контролювати і управляти основними регульованими параметрами з мінімальним втручанням в хід технологічного процесу людини.*

**Ключові слова:** автоматичне регулювання, чистова кліть, протівигиб робочих валків, SCADA-система, математична модель, структурна схема, функціональна схема, комплекс технічних засобів.

**Постановка проблеми.** Стан металургійної галузі за основними техніко-економічними показниками (сортамент, якість продукції та ін.) характеризується як досягнений рівня насичення. Повсюдна практика впровадження агрегатів і обладнання зарубіжних фірм не може забезпечити корінних змін в галузі. Необхідна повноцінна модернізація діючих агрегатів в напрямку створення сучасних автоматизованих систем, без яких неможливо забезпечити задоволення постійно зростаючих вимог споживачів.

Вся листовая сталь в процесі виробництва проходить стадію гарячої прокатки на технологічних лініях з широкосмуговими станами. Необхідність постановки і вирішення комплексу задач, спрямованих на підвищення ефективності листопрокатного виробництва, викликана загальносвітовими тенденціями переходу на гнучке, менш енергоємне виробництво плоского прокату з розмірами, близькими до розмірів кінцевої продукції. Відсутність світового досвіду цілеспрямованої модернізації агрегатів в масштабах галузі визначило широкий спектр складних науково-технічних, організаційних і економічних завдань.

Тому модернізація АСУ протівигибом робочих валків клітей, яка дозволить забезпечити необхідну якість гарячої прокатки смуг, поліпшити техніко-економічні показники роботи стану в цілому, підвищити рівень охорони праці персоналу, впровадити візуалізацію технологічного процесу і управління протівигибом за допомогою ЕОМ, а також забезпечить реєстрацію та облік всіх необхідних технологічних параметрів в кліті вельми актуальна.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковою основою для створення систем автоматизації прокатних станів стала теорія прокатних станів як об'єктів управління, що базується на положеннях теорії прокатки. Сучасна теорія прокатки і конструкції прокатних станів отримали розвиток в значній мірі завдяки роботам вітчизняних вчених А. І. Целікова, А. П. Чекмарьова, Г. Л. Химича, В. С. Смирнова, І. М. Павлова, І. Я. Тарновського, В. Л. Колмогорова, П. І. Полухина. Значний внесок у розробку теорії прокатних станів як об'єктів управління та створення систем автоматизації прокатних станів внесли М. М. Дружинін, І. М. Меєрович, Ю. Д. Железнов, Г. Г. Григорян, А. Б. Щелепикін, А. С. Філатов, В. І. Попельнух, В. К. Хотулев, Б. Н. Дралюк, В. Л. Стефанович, Б. Б. Тимофєєв, В. І. Архангельський, А. Н. Чернишов і багато інших.

Наприклад, в 1994 році на заводі фірми Yieh United Steel Corp. в Каохсіунге, (о. Тайвань) ввели в експлуатацію новий стан Стеккеля сумарним подаванням 600 тис. тонн в

рік. І чорнова і чистова кліті розраховані на дуже великі навантаження, і наводяться від синхронних двигунів змінного струму; а еджер, ножиці, моталки і гідронажимні механізми - від двигунів постійного струму. Стан оснащений системами осьового переміщення і противигибу робочих валків SVC, а також гідравлічною системою установки валків. Ці системи використовуються як для попередньої установки валків, так і в якості механізмів регулювання товщини, профілю і площинності смуг. Забезпечується повний контроль за формою виробів для кожної смуги по всій довжині. Також система противигибу як частина комплексної структури системи автоматизації передбачена на стані 5000 ВАТ "ММК" (Росія). Стан обладнаний вісьмома гідроциліндрами - по чотири на кожен робочий валок. Для вимірювання тиску в поршневій і штоковій порожнинах використовуються датчики тиску. Для регулювання тиску в режимі вигину і в режимі перевалки використовуються різні групи клапанів. Як, приклад, на рис. 1 проілюстрована робота системи противигибу.



Рисунок 1 – Ілюстрація роботи системи противигином робочих валків

Система противигину використовується при відхиленні зусилля прокатки і працює наступним чином: з очікуваного зусилля прокатки віднімається актуальне значення, потім отримана різниця множиться на коефіцієнт посилення, який, в свою чергу, визначається моделлю прокатки. Отримане значення використовується в якості додаткового завдання на регулятори зусилля. У разі відхилення величини зусилля від заданої коригується сигнал на виході системи регулювання [1].

**Мета статті** - на основі існуючих теоретичних і практичних матеріалів модернізувати АСУТП прокатки листа в чистовій кліті ТЛЦ.

**Виклад основного матеріалу.** При реверсивній прокатці в чорновій чотирьохвалкової кліті отримують гуркіт товщиною від 20 до 75 мм, який по рольгангу подається до чистової чотирьохвалкової кліті. Тут смуга розкочується до товщини 5-50 мм за кілька реверсивних проходів. Особливістю клітей є індивідуальний електродвигун для кожного валка. У чорновій і чистовій групах стану зусилля прокатки складає 46 мН.

Гідравлічна система противигибу валків чотирьохвалкових клітей листових прокатних станів включає гідроциліндри противигибу 1 і 2, встановлені в подушках нижніх робочих

валків з боку приводу і перевалки, масляний бак, теплообмінник для охолодження масла, насосні установки і блок управління гідросистеми.

При цьому штоки гідроциліндрів нижніх валків взаємодіють з подушками верхніх робочих валків. Технічним результатом є підвищення точності прокатки і якості прокатуваних смуг, надійності гідросистеми противигибу валків і обладнання валкової системи, скорочення витрат прокатних валків і підшипників валків, аварійних простоїв прокатного стану і підвищення його продуктивності.

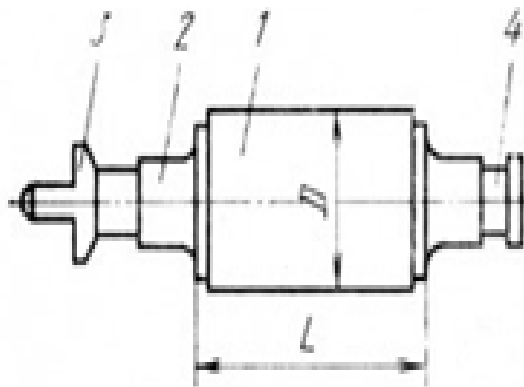


Рисунок 2 – Схема робочого валка

Валки є основним робочим інструментом, який виконує безпосередньо деформацію металу (рис. 2).

Вони складаються з бочки 1, що контактує з металом, двох шийок 2, які розташовуються в підшипниках, приводного 3 і перевалочного 4-решт, що забезпечують зв'язок з механізмами, які передають обертання від електродвигуна, і перевалочним пристроєм.

Матеріал робочих валків - чавун, сталь, тверді сплави. При виготовленні валків застосовуються високовуглеродні середньолеговані марки сталі які містять хром, вольфрам, ванадій, які в результаті відповідної термообробки стану або станів одного типу, не існують. Розрахунок і підбір профілювання здійснюється в приватному порядку для кожного стану, і з урахуванням його сортаменту. В даний час значні успіхи в створенні необхідного робочого профілювання досягаються застосуванням систем противигибу робочих валків. Примусовий вигин здійснюється за допомогою гідромеханічних пристроїв у площині, перпендикулярній площині прокатки [2].

На рис. 3 представлена загальна схема противигибу («гідровигибу») робочих валків.  $P$  - зусилля прокатки;  $b$  - ширина смуги;  $q$  - погонне зусилля прокатки (на одиницю ширини смуги);  $Q$  - зусилля гідровигибу. Електрогідравлічна система противигибу призначена для підтримки заданого зусилля (тиску) противигибу робочих валків чистових клітей стану. Регулятором тиску є однокаскадний електрогідравлічний підсилювач потужності (сервоклапан) струминного типу. Завдання зусилля (тиску) проводиться дистанційно з комп'ютерного пульта управління противигибом або з резервного ручного пульта. Оператор задає від 15 до 100 т як з боку приводу, так і перевалки.

## Інформаційні технології

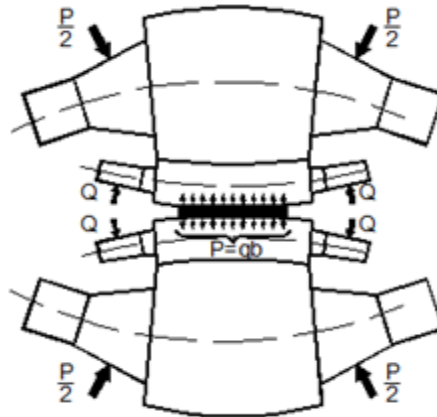


Рисунок 3 – Схема гідравлічного зусилля по кожній з клітей незалежно в діапазоні вигину робочих валків

Система після модернізації повинна виконувати забезпечення стабільності вигину робочих валків, що впливають на різнотолщинність смуги яка прокочується; загальний контроль, облік і візуалізацію параметрів технологічного процесу. Пропонується побудова АСУ противигибом робочих валків по тривірневому принципу. Нижній рівень - датчики (ДТ, ДР, Дтем.), виконавчі механізми, різні сигналізатори. Середній рівень включає програмований логічний контролер (ПЛК), фірми Omron серії C200HX, об'єднаний в загальну локальну мережу. Даний контролер планується змінити на більш нову версію того ж виробника. Верхній рівень включає автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора, виконане на базі ІВМ-сумісного персонального комп'ютера.

Розроблено програму в середовищі InTouch, що реалізує візуалізацію технологічного процесу, збір і зберігання даних, сигналізацію про виникнення нештатних ситуацій, при необхідності, дистанційну зміну режимів роботи виконавчих пристроїв на контрольованому пункті.

Розроблена функціональна схема. Робота якої полягає в наступному. Перевіряється рівень масла (робочої рідини) і її температура, які повинні бути в робочих діапазонах. Перевіряється, щоб рукава були приєднані до плунжерних блоків, відкриті кульові вентиля на кожній клітці. Щоб запустити насосну станцію відкривається загальний всмоктуючий вентиль. Запускаються з пульта управління електродвигуни насосів. Після набору електродвигуна робочих оборотів спрацьовують електромагніти запобіжно-розвантажувальних клапанів і насоси встають під навантаження, тиск в гідросистемі зростає до робочого (20..21 мПа). Відповідно до вибору оператора для кожного робочого каналу один з сервоклапанів за допомогою гідророзподільника перемикає режим роботи підключається до насосної станції і плунжера противигибу. Електромагніти гідророзподільників розвантаження знеструмлюються. З автоматизованої робочої станції оператор задає по кожному з працюючих каналів необхідне зусилля противигибу. Система управління за завданням і показаннями датчиків тиску (ДТ) формує керуючий сигнал на обмотки електромеханічного перетворювача струминного сервоклапану. У відповідність з цим струмовим сигналом струменева трубка займає таке положення, при якому в порожнинах плунжерів підтримується необхідний тиск (зусилля) противигибу робочих валків.

Усі технологічні параметри і технологічний процес відображаються на АРМ оператора з можливістю оперативного втручання і зміни значень основних регульованих параметрів. Функціональна схема представлена в структурному вигляді (рис. 4).

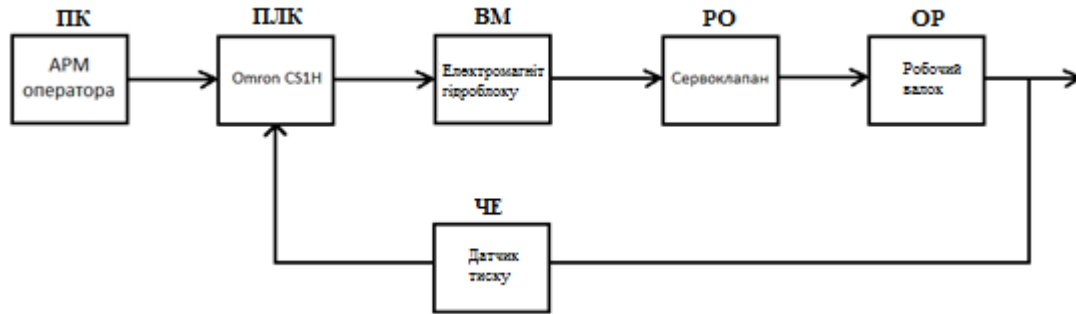


Рисунок 4 – Структурна схема АСУ противигином

У представленій АСУ противигином як пульт управління використовуватимемо ПК зі встановленою на ньому системою візуалізації InTouch, яка буде стежити за технологічним процесом і керувати роботою системи противигибу.

Виконавчим механізмом (ЕМ) системи є електромагніти гідроблоків EM1-EM5, які з високою точністю обробляють сигнал, що надходить від контролера. Дані електромагніти здатні працювати в важких промислових умовах.

Регулюючим органом (РО) є електрогідравлічні струменеві підсилювачі потужності (сервоклапани). На блок встановлюється два струменевих сервоклапани - основний і резервний. Сервоклапан підключається в роботу гідророзподілювачем при спрацьовуванні електромагніту з боку отвору. Розподільник розвантаження з'єднує вихідну лінію блоку зі зливом з часом перевалки. Вбудований фільтр грубої очистки захищає гідроапаратуру від забруднень. У вихідній лінії блоку встановлений датчик тиску. Об'єктом регулювання є робочі валки клітей. Чутливим елементом системи є датчики тиску, встановлені на вихідних лініях блоків на клітях.

Вибір датчика тиску надлишкового МЗС-ДІ-13П в такій системі закономірний, тому що його використання вигідно як з економічної точки зору, так і з технічної. ДТ довговічний, надійний, простий при монтажі та експлуатації. За рахунок нього забезпечується більша точність вимірювання. Короткий час спрацьовування гарантує оптимальне управління процесом. Так само в системі встановлено датчик рівня Gems Sensors і датчик температури TCM-50. Сигнали з датчиків надходять до контролеру CS1H. Заміна контролера Omron C200HX на CS1H обумовлюється високою швидкістю останнього, великою кількістю входів / виходів, більш простий пусконаладженням, є можливість подальшого розширення, він апаратно сумісний з вибраними чутливими елементами системи і ЕМ, просте підключення і пусконаладження до промислових мереж, довговічність (в умовах правильного використання протягом всього терміну експлуатації, заявленого виробником), надійність роботи. Схема функціонує наступним чином: сигнал з датчика тиску надходить на контролер, в якому відбувається порівняння поточного значення з заданим, і, в разі неузгодженості, контролер виробляє керуючий сигнал, на виконавчий механізм, який в свою чергу впливає на

регулюючий орган, тим самим регулюється тиск в системі, і вона приходить до необхідного стану [3].

Зроблено вибір комплексу технічних засобів і моделювання об'єкта автоматизації. Для візуалізації технологічного процесу пропонується використовувати SCADA-систему InTouch, що дозволить вирішити такі завдання:

- збір сигналів з датчиків тиску, температури, рівня робочої рідини в насосній станції, а також з датчиків тиску на клітях, що визначають поточний стан технологічного процесу;
- графічне відображення зібраних з контролера даних на екрані комп'ютера;
- контроль за станом основних технологічних параметрів та генерація сигналів тривоги і видачі повідомлень оператору в графічній і текстовій формі в разі виходу їх за межі заданого діапазону;
- автоматичне ведення архіву трендів і подій, в якому реєструється зміна виробничих параметрів [4].

### ВИСНОВКИ

В результаті пропонованої модернізації пропонується установка потужного, продуктивного і заводостійкого контролера фірми Omron серії CS1H. Розроблено нову функціональну схему системи, яка дозволить усі технологічні параметри і технологічний процес відобразити на АРМ оператора з можливістю оперативного втручання і зміни значень основних регульованих параметрів.

Пропонується установка SCADA-системи, яка значно спростить контроль за ходом технологічного процесу і дозволить контролювати і управляти основними регульованими параметрами з мінімальним втручанням в хід технологічного процесу людини.

#### *Перелік використаних джерел:*

1. *Покровский, А. М.* Расчет усилий противоизгиба прокатного стана кварто с учетом остаточных термонапряжений в валках / *А. М. Покровский, Е. Б. Бочектуева* // Производство проката. – 2009. – № 2. – С. 14–18.
2. *Бахтинов, В. Б.* Технология прокатного производства. / *В. Б. Бахтинов.* – Москва : Металлургия, 1998. – 488 с.
3. *Бунин, В. К.* SCADA-системы : проблема выбора. Современные технологии автоматизации / *В. К. Бунин, В. А. Аноприенко.* – М. : Металлургия, 1999. – 150 с.
4. Omron EMEA [Electronic resource]. – Mode of access: <http://industrial.omron.ru>.

**Добровольская Л. А., Серeda С. Е.**

### МОДЕРНИЗАЦИЯ АСУТП ПРОКАТКИ ЛИСТА В ЧИСТОВОЙ КЛЕТИ ТЛЦ

*В статье рассматривается гидравлическая система противоизгиба валков четырехвалковых клетей листовых прокатных станков. Электрогидравлическая система противоизгиба предназначена для поддержания заданного усилия (давления) противоизгиба рабочих валков чистовых клетей стана. Валки являются основным рабочим инструментом, производящим непосредственно деформацию металла. Поэтому модернизация АСУ*

*противоизгибом рабочих валков клетей, которая позволит обеспечить требуемое качество горячей прокатки полос, улучшить технико-экономические показатели работы стана в целом, повысить уровень охраны труда персонала, внедрить визуализацию технологического процесса и управление противоизгибом с помощью ЭВМ, а также обеспечить регистрацию и учёт всех необходимых технологических параметров в клети весьма актуальна.*

*После проведенной модернизации система должна обеспечить стабильность изгиба рабочих валков, влияющих на разнотолщинность прокатываемой полосы; общий контроль, учет и визуализацию параметров технологического процесса. Предлагается построение АСУ противоизгибом рабочих валков по трехуровневому принципу. Разработана новая функциональная схема системы, которая позволит все технологические параметры и технологический процесс отобразить на АРМ оператора с возможностью оперативного вмешательства и изменения значений основных регулируемых параметров. Предлагается установка мощного, производительного и отказоустойчивого контроллера фирмы Omron серии CS1H. Произведен выбор комплекса технических средств и моделирование объекта автоматизации. Для визуализации технологического процесса предлагается установка SCADA-системы, которая значительно упростит контроль за ходом технологического процесса и позволит контролировать и управлять основными регулируемыми параметрами с минимальным вмешательством в ход технологического процесса человека.*

**Ключевые слова:** *автоматическое регулирование, чистовая клеть, противоизгиб рабочих валков, SCADA-система, математическая модель, структурна схема, функциональна схема, комплекс технических средств.*

**Dobrovolskaya L. O., Sereda S. E.**

### **MODERNIZATION OF AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS FOR SHEET ROLLING IN THE FINISHING STAND OF THE TSS**

*The article discusses the hydraulic system of anti-bending rolls of four-roll stands of sheet rolling mills. The electro-hydraulic anti-bending system is designed to maintain a given anti-bending force (pressure) of the work rolls of the mill finishing stands. Rolls are the main working tool that directly produces metal deformation. Therefore, the modernization of the automated control system by the anti-bending of the work rolls of the stands, which will ensure the required quality of hot rolling of strips, improve the technical and economic performance of the mill as a whole, increase the level of labor protection of personnel, introduce visualization of the technological process and control of anti-bending using a computer, and also ensure registration and accounting all the necessary technological parameters in the stand is very relevant.*

*After the modernization, the system should ensure the stability of the bending of the work rolls, affecting the thickness of the rolled strip; general control, accounting and visualization of process parameters. It is proposed to construct ACS by anti-bending of work rolls according to a three-level principle. A new functional diagram of the system has been developed, which will allow all technological parameters and the technological process to be displayed on the operator's workstation with the possibility of surgical intervention and changing the values of the main adjustable parameters. The installation of a powerful, productive, and fault-tolerant Omron controller from the CS1H series is proposed. A selection of a set of technical means and modeling of an automation object were made. To visualize the technological process, it is proposed to install a*



SCADA system, which will greatly simplify the control of the technological process and will allow controlling and controlling the main adjustable parameters with minimal interference in the human technological process.

**Keywords:** automatic regulation, finishing stand, work roll anti-bending, SCADA-system, mathematical model, structural scheme, functional scheme, a set of technical means.

Рекомендовано до публікації: доц., канд. техн. наук Кравченко В. П. д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Сомотугін С.С.

Стаття надійшла 19.10.2020 р.

Рекомендована к публикации:

Стаття надійшла 2019 р.

УДК 004.85

Кравченко А. О., Воротнікова З. Є.

### ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ВІДГУКІВ ТА ДУМОК

У даній статті розглянуто основні проблеми обробки природної мови, основні підходи до необхідності структуривання та систематизації даних, аналізу емоційного забарвлення тексту та можливості подальшого використання, отриманих результатів. Проведено аналіз ефективності методів класифікації. Спроектовано систему аналізу відгуків, побудована модель класифікації тональності. Завдання обробки тексту зводяться до задач машинного навчання, де потрібно сформулювати вектор ознак і створити навчальну вибірку. Потім класифікатор навчається за вибіркою і перевіряється якість класифікації на колекції текстів певної предметної області. В якості базових класифікаційних ознак для методів машинного навчання розглядаються всі слова документа за винятком службових частин мови, числівників і дат, а також прості іменні групи. Для збільшення кількості ознак пропонують лінгвістичний підхід, розширюючи список атрибутів за рахунок синонімів і гіпонімів з використанням словників оціночної лексики. Програмно реалізовано ключовий модуль до запропонованого підходу за допомогою мови програмування Python. В процесі тестування використовувалася бібліотека scikit-learn, що реалізує множину алгоритмів машинного навчання в тому числі SVM і k-найближчих сусідів. Також була використана бібліотека для обробки текстів на природних мовах NLTK, в якій реалізований найвний байєсовий класифікатор. Для тестування алгоритмів було використано метод перехресної перевірки. Основним результатом роботи є те, що під час її написання було запропоновано спосіб кодування послідовностей ключів для побудови стислого змісти відгуку. Наукова новизна роботи визначається ґрунтовним дослідженням можливостей використання різних видів кодування шаблонів для семантичних кортежем. Практична значущість роботи полягає у детальній розробці алгоритму аналізу тональностей універсальних текстів.

**Ключові слова:** аналіз електронних документів, тональність тексту, автоматичний аналіз текстів, емоційне забарвлення, форма Бекуса–Наура.

**Постановка проблеми.** Сучасне суспільство, підприємства та організації дослухаються та завжди бажають дізнатися думки своїх споживачів або користувачів щодо