

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
Факультет філології, психології та педагогіки
Кафедра германської філології та перекладу

Рекомендовано до захисту
Протокол засідання кафедри №11
Від «22» січня 2024р.
Завідувач кафедри Воробйова О.С.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
АНАЛІЗ ЯКОСТИ МАШИННОГО ПЕРЕКЛАДУ
НАУКОВИХ ТЕКСТІВ

Виконавець:

Студентка 6 курсу, групи 601-ФФ
Дмитрюк Софія Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник роботи:

Кушнірова Т.В., д.ф.н., професор кафедри
германської філології та перекладу
Національного університету «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка»
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Рецензент:

Федорова О.В.,
к.філол.н., доцент кафедри іноземних мов
Хмельницької гуманітарно-педагогічної
академії

Підсумкова оцінка:

за національною шкалою: _____
кількість балів: _____
Підпис керівника _____

ЗМІСТ

Реферат	
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАШИННОГО ПЕРЕКЛАДУ	
1.1. Машинний переклад в історичному зрізі.....	9
1.2. Визначення поняття «машинний переклад» у науковому дискурсі.....	23
1.3. Особливості машинного перекладу науково-технічних текстів.....	26
Висновки до першого розділу.....	33
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ТЕКСТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ	
2.1. BLEU.....	35
2.2. TER.....	63
Висновки до другого розділу.....	73
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80
ДОДАТКИ.....	86

РЕФЕРАТ

MP: 134 с., 14 табл., 15 рисунків, 53 джерела.

Об'єкт дослідження – машинний переклад науково-технічних текстів електроенергетичної галузі.

Мета роботи – полягає у вивченні рівня еквівалентності машинного перекладу текстів науково-технічної спрямованості за допомогою метрик автоматичного оцінювання якості результатів машинного перекладу.

Методи дослідження – контрастивно-історичний аналіз; компаративний метод, метод кількісного аналізу, описовий метод.

У першому розділі роботи здійснено теоретичний аналіз історії виникнення і вдосконалення машинного перекладу, визначено та охарактеризовано поняття «машинний переклад» та похідні від нього, окреслено особливості машинного перекладу науково-технічних текстів..

У другому розділі проведено практичний аналіз якості машинного перекладу науково-технічних текстів електроенергетичної галузі за допомогою метрик автоматичної оцінки машинного перекладу BLEU і TER.

У результаті проведеного дослідження та аналізу виокремлено поняття машинного перекладу, автоматизованого перекладу, автоматизованого машинного перекладу, автоматизованого людського перекладу; опрацьовано способи визначення якості машинного перекладу за допомогою метрик автоматизованого оцінювання.

У роботі подано ілюстративний матеріал про інтерфейс онлайн калькулятора оцінки BLEU машинних перекладів, а також результатів обчислення відповідної оцінки проаналізованих машинних перекладів відібраних текстів.

МАШИННИЙ ПЕРЕКЛАД, ЯКІСТЬ, СТАТИСТИЧНИЙ МАШИННИЙ ПЕРЕКЛАД, НЕЙРОННИЙ МАШИННИЙ ПЕРЕКЛАД, CAT, НАМТ, МАНТ, BLEU, TER, GOOGLE TRANSLATE, DEEPL.

ВСТУП

Після масованих ракетних обстрілів енергетичної інфраструктури України, довготривалих блекаутів та планових відключень світла ще більше зміцнилися та розширилися зв'язки української наукової спільноти із європейськими партнерами і науковцями, а також дослідниками з інших країн задля пошуку нових інженерно-технологічних рішень поставлених проблем та можливостей переходу на інші джерела генерування електроенергії, як наприклад, так звані «зелені» джерела (сонце, вітер, вода). Це загостило і так високу потребу у еквівалентних та точних перекладах фахових текстів як на англійську, так і з англійської мови, яку перекладачі фізично не в силах задовольнити повністю, тому фокус перейшов на використання систем машинного перекладу самостійно чи з подальшим редагуванням фахівцем з перекладу.

Із появою машинного перекладу з'явилася необхідність в оцінці якості результатів його роботи. Автоматизація цього процесу дозволила б галузі розвиватися швидше та ефективніше, тому, починаючи із 2000-х років, почали з'являтися системи та алгоритми автоматичної перевірки результатів МП: BLEU, WER, METEOR, TER, NIST, ROGUE. У нашій роботі ми перевіримо результати роботи двох найвідоміших систем машинного перекладу Google Translate і DeepL за допомогою двох із вищенаведених систем, а саме: BLEU та TER.

Вищеописане і зумовлює **актуальність роботи**, яка полягає у тому, що зростаюча роль наукового та технічного розвитку електроенергетичної галузі та міжнародної комунікації фахівців висуває нагальну потребу в якісному і якнайшвидшому перекладі відповідних науково-технічних текстів, який часто виконують за допомогою систем машинного перекладу.

Об'єктом дослідження став машинний переклад науково-технічних текстів електроенергетичної галузі.

Предметом дослідження є способи визначення якості машинного перекладу у порівнянні із еталонним перекладом, виконаним людиною.

Мета даної роботи полягає у вивченні рівня еквівалентності машинного перекладу текстів науково-технічної спрямованості за допомогою метрик автоматичного оцінювання якості результатів машинного перекладу.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- 1) прослідкувати історичні етапи розвитку машинного перекладу;
- 2) визначити поняття «машинний переклад» та похідні від нього;
- 3) дослідити особливості науково-технічного перекладу загалом і науково-технічного машинного перекладу зокрема;
- 4) проаналізувати якість машинного перекладу науково-технічних текстів за допомогою метрик автоматичного оцінювання машинного перекладу та визначити головні помилки, яких припускаються сучасні системи машинного перекладу.

Матеріалом дослідження є 11 анотацій до статей та їхніх авторських перекладів англійською мовою з наукового журналу «Енергетика: економіка, технології, екологія» за 2020 та 2022 роки, а саме: «Енергоефективність теплонасосно адсорбційної системи консервування енергетичного обладнання з урахуванням реальних робочих процесів в адсорбційному роторі», Безродний М. К., Майстренко О. О.; «Формування складу впливаючих шкідливих і небезпечних факторів виробничої системи», Калінчик В. В., Калінчик В. П., Мельник Д. О., Побігайло В. А.; «Сучасні технології генерування та акумуляції водню. Аналітичний огляд теоретичного та практичного досвіду», Бойченко С. Ю., Вос Павел, Матвіїв І. В., Тарасюк О. В., Целіщев О. Б., Шкільнюк І. О., Яворські Артур; «Адаптивні моделі прогнозування електричного навантаження виробничих споживачів», Калінчик В. В., Калінчик В. П., Мейта О. В., Чуняк Ю. М.; «Вплив системи Smart Grid на національну енергетичну мережу», Бурик М. П., Ілліна О. О.,

Лободзинський В. Ю., Петрученко О. В.; «Біокомплексний аналіз інваріантних систем електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії», Беленок Н. В., Спінул Л. Ю., Чибеліс В. І.; «Оцінка ризиків при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання», Веремійчук Ю. А., Замулко А. І., Находов В. Ф., Степаненко В. А.; «Аналіз підходів до визначення кількості теплової енергії на потреби гарячого водопостачання під час енергосертифікації будівель», Микита Є. О., Находов В. Ф., Шовкалюк М. М.; «Критерії оцінювання встановленої трансформаторної потужності на розподільчих підстанціях електричних мереж», Моссаковський В. І., Яндульський О. С.; «Визначення втрат електричної енергії на основі прогнозів вузлового електричного навантаження», Блінов І. В., Мірошник В. О., Шиманюк П. В.; «Оцінка енергоспоживання бурового інструменту при бурінні свердловин на закарстованих породних блоках», Жукова Н. І., Зайченко С. В., Крючков А. І., Смоляр В. Г., – у встановленому порядку.

Методи дослідження, використані в роботі, були вмотивовані поставленими метою та завданнями і включали: елементи контрастивно-історичного аналізу; компаративний метод, використаний для порівняння авторського перекладу із машинними; метод кількісного аналізу, застосований для обчислення якості перекладу; описовий метод, ужитий для інтерпретації отриманих результатів оцінювання.

Теоретико-методологічною базою роботи є наукові праці Іваницької Н., Кияка Т., Кудрявцевої Н., Масюкевича В., Рибалко І., Ткач Л., Смірної Т., Сопилюк Н., Янківця А., Chiang D., Gaspari F., Hutchins W. J., Leusch G., Linares J. A. G., Liu Qun et al., Maušec M. S. et al., Nabeel T. Alsohybe et al., Papineni K. et al., Sadler V., Snover M. et al.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження полягає у визначенні рівня еквівалентності машинного перекладу наукових текстів електроенергетичної галузі, оскільки в Україні майже відсутні філологічні

розвідки з якості машинного перекладу загалом, і науково-технічного перекладу текстів електроенергетичної галузі зокрема.

Теоретичне значення дослідження полягає у тому, що воно наводить розширене та уточнене визначення поняття «машинний переклад», а також розкриває похідні від нього поняття «автоматизований переклад», «автоматизований людський переклад» і «автоматизований машинний переклад», види систем машинного перекладу та особливості їх роботи, а також узагальнює виклики, які постають під час перекладу науково-технічних текстів.

Практичне значення дослідження зумовлене тим, що були визначені типові переваги і недоліки машинного перекладу, порівняно із людським, а також, що його результати можуть бути використані у процесі написання конспектів лекцій з предметів «Вступ до фаху (перекладознавства)», «Теорія перекладу», «Проблеми перекладу науково-технічної літератури» та під час написання кваліфікаційних робіт.

Апробація результатів дослідження. Наукове дослідження було апробоване під час XI Міжнародної науково-практичної конференції «Короленківські читання. Молодіжні короленківські читання» (11 – 12 листопада 2020 року, Полтава), VIII International Science Conference «Problems and tasks of modernity and approaches to their solution» (March 02 – 05, 2021, Tokyo, Japan), III Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми іноземної філології та перекладознавства» (10 – 11 листопада 2022 року, Полтава) та написання статей у фахових виданнях України (Кушнірова Т. В., Дмитрюк С. С., Шишковська Л. О. Міфопоетика дохристиянських міфологічних образів у «Щоденнику Мавки» Дари Корній. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. №48.4 2021. С.81-84; Павельєва А. К., Дмитрюк С. С. Переклад лексем на позначення їжі в повісті Миколи Гоголя «Старосвітські поміщики». Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. №51.3 2021. С.59-62).

Структура дипломної роботи. Робота складається зі вступу, двох розділів, двох висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі визначено актуальність теми наукової роботи, окреслено завдання для досягнення поставленої мети, виділено предмет та об'єкт дослідження, наведено джерельну базу, описано методи дослідження та апробацію роботи, обґрунтовано новизну обраної теми і надано короткі відомості про структуру наукової роботи.

У першому розділі здійснено теоретичний аналіз історії виникнення і вдосконалення машинного перекладу, визначено та охарактеризовано поняття «машинний переклад» та похідні від нього, окреслено особливості машинного перекладу науково-технічних текстів.

Другий розділ передбачає практичний аналіз якості машинного перекладу науково-технічних текстів електроенергетичної галузі за допомогою метрик автоматичної оцінки машинного перекладу BLEU і TER.

У висновках окреслено основні результати роботи та підбито підсумки дослідження.

Загальний обсяг роботи – 134 сторінки, бібліографія містить 53 джерела використаної літератури. У роботі використано 14 таблиць і 15 рисунків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАШИННОГО ПЕРЕКЛАДУ

1.1. Машинний переклад в історичному зрізі

Науковий дискурс щодо того чи того явища неможливий без розуміння його витоків та етапів розвитку, внаслідок яких явище, а саме машинний переклад, набуло того вигляду, який має на сьогодні. Із бурхливим розвитком науки та технологій на початку ХХ століття суттєво зріс попит на полегшення та пришвидшення процесу перекладу, як задля ефективної міжкультурної комунікації, так і задля розповсюдження нововинайдених технічних благ. Таким чином запити до перекладу можна розділити на дві категорії. Традиційно існує потреба в перекладах «видавничої» якості, особливо під час створення багатомовної документації для великих корпорацій. Тут результати роботи систем МП можуть заощадити час і кошти, слугуючи чернетками перекладів, які потім редагують для публікації – цей спосіб використання називається автоматизованим машинним перекладом (англ. human-aided machine translation (НАМТ)). Однак часто необхідним є не «ідеально» точне відтворення, а переклад, який можна створити швидко (іноді миттєво), передаючи суть оригінального тексту, яким би граматично недосконалим, лексично незграбним і стилістично грубим він не був. Останній часто називають «машинним перекладом для засвоєння» на відміну від перекладів придатної для публікації якості, які називають «машинним перекладом для розповсюдження». Не так давно було виявлено третю категорію застосування, де МП використовують для соціальної взаємодії (електронне листування, чати тощо), де знову ж таки висока якість не є важливою: «машинний переклад для спілкування» [36, с. 1].

Звичайно ідеї щодо автоматизації, чи пак машинізації, перекладу не виникли нізвідки, а радше були логічним продовженням, висловлюваних ще Рене Декартом і Готфрідом Лейбніцем у ХVII ст. думок про існування

«універсальної мови» чи філософської мови, яка була б позбавленою двозначностей, легкою до опанування та мала б обслуговувати сферу науки [15, с. 207]. Однак перші фізичні маніфестації висунутих ідей відбулися лише у ХХ ст. Так, у 1933 році французький науковець Жорж Арцруні отримав патент на машину, яка могла слугувати механічним багатомовним словником. Однак це не сколихнуло тогочасне наукове суспільство так, як опублікований у 1949 році Ворреном Вівером меморандум із конкретними пропозиціями щодо вирішення проблем із багатозначністю природних мов, які ґрунтувалися на його знаннях з криптографії, статистики, теорії інформації, логіки та мовних універсалій, що на той час стало найбільшим стимулом для розвитку досліджень у сфері МП у Сполучених Штатах. Після успіху меморандуму «Переклад», у 1952 році Єгошуа Бар-Гіллель скликав у Массачусетському технологічному інституті першу наукову конференцію, присвячену машинному перекладу, на якій «були висунуті різні ідеї щодо попереднього та постредагування, використання мікроглосаріїв як засобу зменшення проблем неоднозначності (за рахунок вибору відповідних цільових лексичних одиниць), а також для певного роду аналізу синтаксичної структури. Пропонувалися різні пропозиції щодо майбутньої діяльності» [36, с. 2].

Оскільки на початкових етапах (1950-ті–1960-ті), лінгвістів не залучали до консультування, то методи дослідження розділилися на емпіричні, які використовували статистичні дані для пошуку та використання граматичних і лексичних закономірностей, та теоретичні, які включали проекти фундаментальних лінгвістичних досліджень, що згодом отримали назву «комп'ютерної лінгвістики». Серед науковців того часу такі протиставлені один одному методи зазвичай «описували як «грубу силу» та «перфекціонізм» відповідно» [35, с. 434].

За вищевказаного десятиліття виникли і розвивались такі три підходи до МП:

1) модель «прямого перекладу», за якої правила програмування були розроблені для перекладу з однієї конкретної вихідної мови (ВМ) на одну конкретну цільову мову (ЦМ) з мінімальними аналізом та синтаксичними перетвореннями. Дослідники намагалися зменшити омонімію і полісемію шляхом спрощення двомовних словників, тобто надаючи словам ЦМ єдині еквіваленти слів ВМ;

2) модель «інтерлінгви», заснована на абстрактних мовно-нейтральних репрезентаціях (кодах або символах, незалежних як від ВМ, так і від ЦМ), за якої переклад відбувався в два етапи: з ВМ на інтерлінгву та з інтерлінгви на ЦМ;

3) модель «перенесення», за якої переклад складався з трьох етапів: аналізу абстрактних репрезентацій текстів ВМ, передачі їх змісту на еквівалентні абстрактні репрезентації текстів ЦМ та генерації (або синтезу) готового тексту перекладу [36, с. 2–3].

У своїй переважній більшості «емпірики» послуговувалися першим методом, у той час як «перфекціоністи» проводили фундаментальні лінгвістичні дослідження, приділяючи особливу увагу методам синтаксичного аналізу.

До середини 1960-х років дослідницькі групи з МП були створені в багатьох країнах світу, включаючи більшість європейських країн (Угорщина, Чехословаччина, Болгарія, Бельгія, Німеччина, Франція та ін.), Китай, Мексика та Японія.

Перші робочі системи від ІВМ і Джорджтауна були передчасно оприлюднені на широкий загаль, що в результаті привернуло увагу уряду до неякісних перекладів, які вони надавали. Таким чином, в 1964 році державні спонсори досліджень та розробок МП у Сполучених Штатах (переважно військові та розвідувальні служби) попросили Національний науковий фонд створити Консультативний комітет з автоматичної обробки мови (англ. Automatic Language Processing Advisory Committee (ALPAC)) задля вивчення ситуації. За результатами роботи комісії, у 1966 році був опублікований

сумнозвісний звіт, у якому йшлося, що МП є повільнішим, менш точним і вдвічі дорожчим, ніж переклад, зроблений людиною, і що «не існує негайної або передбачуваної перспективи корисного машинного перекладу» [24, с. 32]. Через такі висновки (які навіть на той час називали упередженими та недалекоглядними) фінансування проєктів з МП призупинилося майже повністю, що фактично поклало кінець не лише потенційним, а й вже існуючим науковим дослідженням на наступні десять років з 1967 по 1976, які Вільям Джон Хатчинс у своїй роботі «Machine translation: a brief history» («Машинний переклад: стисла історія») називає «тихим десятиліттям» [35, с. 437].

Незважаючи на згубний вплив звіту ALPAC, починаючи із 1970-х все більше систем машинного перекладу було введено в експлуатацію. Так, у 1970 році до уваги громадськості представили TITUS, багатомовну систему для перекладу рефератів, розроблену Інститутом текстилю Франції, а у 1972 році з'явилась спеціально розроблена під переклади математичних текстів з китайської англійською система CULT від Китайського університету Гонконгу.

Однак більшої популярності набули установки Systran, розроблені Пітером Томою, які з плином часу були встановлені в багатьох міжурядових організаціях, як наприклад: НАТО, Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) – та великих компаніях, як от: General Motors, Dornier, Aérospatiale тощо [35, с. 438].

Система від Logos Corporation, яка з'явилася на початку 1980-х років і була розроблена Бернардом Е. Скоттом як англійсько-в'єтнамська система для перекладу посібників для літаків, стала головним конкурентом Systran і залишалася ним впродовж декількох десятиліть. Згодом, у 1982 році, у системи з'явилася нова німецько-англійська версія, а пізніше додали й інші мовні пари.

Наприкінці 1980-х років з'явилася комерційна німецько-англійська система METAL, яка була результатом досліджень Техаського університету.

Через деякий час на ринку представили мовні пари для голландської, французької та іспанської, а також англійської та німецької мов.

Такі системи, як Systran, Logos і METAL, загалом були розроблені для загального застосування, хоча de facto їхні словники були адаптовані для окремих предметних областей [38, с. 18].

Наприкінці 1980-х на ринку систем машинного перекладу для персональних комп'ютерів з'явилися й інші системи (PC-Translator від Linguistic Products, GTS від Globalink і серія Language Assistant від MicroTas) [38, с. 19].

Також у другій половині 1980-х років посилювався інтерес до систем моделі «інтерлінгви», частково мотивований сучасними дослідженнями в області штучного інтелекту (ШІ) та когнітивної лінгвістики. Так, система DLT (Distributed Language Translation) від компанії з розробки програмного забезпечення BSO під керівництвом Туна Віткама задумувалася як багатомовна інтерактивна система. Вона мала працювати в комп'ютерних мережах, де кожна одиниця (термінал) була машиною перекладу з лише однією мовною парою. Тексти планували передавати між терміналами мовою-посередником (модифікованою формою есперанто). Аналіз обмежувався насамперед морфологічними та синтаксичними особливостями без семантичної обробки. Учасники проєкту доклали значних зусиль у створенні великих лексичних баз даних, а в останні роки запропонували побудувати Двомовний банк знань із корпусу перекладених людьми текстів [47, с. 109]. Це стало своєрідним передвісником пізніших, заснованих на базі прикладів систем.

У 1980-х роках багато дослідників вважали, що найбільш імовірним засобом для покращення якості МП будуть дослідження з обробки природної мови в контексті ШІ.

Майже незалежно від науковців, безпосередньо пов'язаних із розробленням систем МП, протягом 1980-х років перекладачі теж знайомилися із перевагами використання комп'ютерів для виконання своєї

роботи, а саме такими перевагами як: пришвидшення опрацювання текстів, створення індивідуальних глосаріїв, можливостями он-лайн доступу до документів та їх пересилання. Однак вони були розчаровані якістю тогочасного МП. Як спеціалістам, із напрацьованими техніками та визначеними потребами їм хотілось контролювати процеси, не будучи лише пасивними спостерігачами. Саме тому розробники, які взяли це до уваги, випустили багато інструментів для узгодження внутрішньо текстової термінології, створення словників та глосаріїв, а також передачі документів. У 1990-х відбувся науковий прорив у цій галузі і на ринок вийшли перші «робочі станції перекладача» (англ. «translator's workstation» або «workbench»). Зараз на ринку існує багато постачальників подібних продуктів, а на той час «найпершими були Trados (Translator's Workbench), STAR AG (Transit), IBM (TranslationManager, вилучений з обігу), Eurolang Optimizer (також більше не доступний). Протягом 1990-х і на початку 2000-х з'явилося багато інших: Atril (Déjà Vu), SDL (система SDLX), Xerox (XMS), Terminotix (LogiTerm), MultiCorpora (MultiTrans), Champollion (WordFast), MetaTaxis і ProMemoria» [36, с. 11]. Так, у перекладачів з'явився повністю контрольований ними інструмент, використовувати або ігнорувати будь-які функції якого вони могли на власний розсуд.

Найбільшою серед подій у дослідженні МП після 1989 року стало повернення до статистичних підходів, або так званого «емпіризму» першого десятиліття. Серед груп науковців можна виділити групу IBM із Йорктаун-Хайтс в Нью-Йорку та їхню систему Candide, відмінною рисою якої було те, що статистичні методи були практично єдиним засобом аналізу та генерації без застосування жодних мовних правил. Дослідження IBM ґрунтувалося на корпусі текстів французькою та англійською мовами, що містилися у звітах канадських парламентських дебатів (Canadian Hansard). Суть методу полягала в тому, щоб спочатку співставити за змістом фрази, групи слів і окремі слова паралельних текстів, а потім обчислити ймовірності того, що будь-яке слово в реченні мови оригіналу відповідає слову або словам у

реченні мови перекладу, з яким воно було співставлено. У наступному кроці результати перевіряли та змінювали відповідно до частот переходів від слова до слова в цільовій мові, які отримували із корпусу двомовних текстів. Що здивувало більшість дослідників, вихованих на базі лінгвістичних методів, так це те, що результати були доволі прийнятними: майже половина перекладених фраз або точно збігалася з перекладами в корпусі, або виражала той самий зміст дещо іншими словами, або пропонувала інші однаково адекватні переклади [38, с. 23].

З того часу статистичний машинний переклад (СМП) став основним напрямком для багатьох дослідницьких груп, базуючись головним чином на моделі IBM, але з багатьма подальшими вдосконаленнями. Початковий акцент на співставленні слів між вихідною та цільовою мовами було замінено кореляціями між «фразами» (тобто послідовностями слів), включенням морфологічної та синтаксичної інформації, а також за допомогою ресурсів словника та тезауруса. Основними центрами досліджень з СМП є Рейнсько-Вестфальський технічний університет Аахена та університет Південної Каліфорнії, а нещодавно до них приєдналася корпорація Google [36, с. 11].

Так як описаний вище корпусний підхід до дослідження МП сильно покладається на існування одномовних, двомовних і багатомовних корпусів текстів, то із того часу значно посилювалася увага до збирання, накопичення та оцінки текстових баз даних.

«Незважаючи на те, що головною інновацією з 1990 року було зростання корпусних підходів, дослідження на основі правил тривали як у моделях перенесення, так і у моделях інтерлінгви» [38, с. 24], що також дало життя багатьом проєктам, серед яких: система CAT2 із Саарбрюккену; система PaTrans, заснована на моделі перенесення, розроблена в Данії для перекладу патентів датською/англійською мовами; система багатомовного перекладу технічних посібників CATALYST від Університету Карнегі-Меллона (CMU) і компанії Caterpillar; спеціальна система DIPLOMAT для перекладу сербохорватської мови у військових діях від того ж CMU; система

ULTRA від Університету штату Нью-Мехіко; система UNITRAN, заснована на лінгвістичній теорії Принципів і Параметрів, розробленій в Університеті Меріленда Бонні Дж. Дорром тощо.

Повернення підтримки уряду США для досліджень МП означало кінець руйнівного впливу звіту ALPAC 1966 року.

Із кінця 1980-х років неухильно і стрімко зростав інтерес до перекладу усного мовлення, що ставило серйозні виклики до поєднання розпізнавання та синтезу мовлення, перекладу розмов і діалогів, семантичного аналізу та чутливості до соціальних контекстів і ситуацій.

Перша довготривала проєктна група була створена в 1986 році в ATR Interpreting Telecommunications Research Laboratories (розташована в Нарі, поблизу Осаки, Японія). ATR розробляла систему реєстрації телефоном на міжнародних конференціях і телефонного бронювання місць у готелях. Трохи пізніше з'явився проєкт JANUS під керівництвом Алекса Вайбеля з Університету Карнегі-Меллона, який згодом розпочав співпрацю з Університетом Карлсруе (Німеччина) та з ATR у консорціумі C-STAR (Консорціум передових досліджень перекладу мовлення). Проєкт JANUS також був зосереджений на плануванні подорожей, однак система була розроблена таким чином, щоб її можна було легко поширити на інші сфери. Суттєво амбітнішим виявився проєкт Verbmobil, яким керував Вольфганг Вальстер і який з 1993 по 2000 рік фінансував уряд Німеччини в низці університетів [38, с. 26]. На меті у проєкті було розробити допоміжний мобільний засіб для особистого ведення комерційних переговорів німців та японців англійською мовою, якщо вони не володіють нею вільно. Головна мета не була досягнута, але існування Verbmobil сприяло створенню подальших дослідницьких груп цієї галузі у Німеччині. Простішу концепцію мав «голосовий перекладач», розроблений для американських військових (Phraselator), який був свого роду розмовником із усним виводом кількома мовами: гінді, тайською, індонезійською, пушту, арабською тощо.

Збагачення методології протягом попередніх десятиліть, яке стало особливо активне впродовж кінця 1980-х–1990-х років, випуск нових програм для автоматизованого перекладу продемонстрували обмеженість обрання єдиного підходу до проблем перекладу, щоб протестувати певну теорію чи конкретний метод, адже за таких умов отримані результати були або непереконливими, або мали вкрай обмежене застосування. Таким, чином науковці дійшли спільної думки, що задля досягнення якісного автоматичного перекладу моделі мають бути «гібридами», поєднуючи в собі одразу декілька найкращих методів на основі правил, статистики та прикладів.

Сфера оцінки якості МП доволі пожвавилась у 1990-ті роки, були проведені численні семінари, присвячені цій проблематиці, які стали частиною багатьох конференцій з МП. Спочатку оцінювання виконували люди-перекладачі на основі таких факторів, як зрозумілість, розбірливість, точність і адекватність, але такі методи коштували багато часу та сил, тому з 2000 року було докладено зусиль аби розробити автоматичні (чи напів автоматичні) методи перевірки і оцінки.

Одним з важливих наслідків розробки моделей МП на основі статистики (СМП) стало застосування статистичного аналізу для автоматичної оцінки роботи систем МП. Першою технологією стала BLEU від групи IBM, пізніше з'явилася NIST (від Національного інституту стандартів і технології). Обидві технології базуються на існуванні створених людиною перекладів (так звані «контрольні тексти») і доступу до них. Текст-результат роботи системи МП порівнюється з одним із кількох «контрольних текстів». Після цього тексти МП, які є ідентичними або дуже близькими до «еталонного» тексту з точки зору послідовності слів, мають високі оцінки, а тексти МП, які сильно відрізняються або окремими вживаннями слів, або їхньою послідовністю, відповідно отримують низькі. Із цього випливає закономірність, що обидві технології оцінюють переклади на основі правил (які з професійної і читацької точок зору є більш адекватними) нижче, ніж

переклади систем статистичного машинного перекладу. Таким чином, можна зробити висновок, що технології оцінки якості перекладу BLEU і NIST є цінними для моніторингу покращень у системах МП впродовж їхнього існування і роботи [36, с. 14–15].

Протягом 1990-х років розроблення перекладацьких систем для конкретних предметних галузей тривало часто із використанням контрольованих мов (із чітким добором дозволених термінів і контекстів, а також нормуванням стилю, який мав відповідати тим чи тим документам/сферам застосування), які допомагали певною мірою подолати проблеми багатозначності. Серед таких систем були: система від Volmac Lingware Services для текстильної компанії, страхової компанії та для перекладу посібників з технічного обслуговування літаків; система від Cap Gemini Innovation для перекладу військових телексічних повідомлень; японська система від CSK в сфері фінансів та економіки; також японська система від NHK для перекладу японських новин на англійську мову тощо. Однак найуспішнішою з усіх керованих мовних систем залишалася «Smart Translator» («Розумний перекладач») від Smart Corporation [37, с. 18].

Із появою на ринку персональних комп'ютерів (ПК), на початку 1990-х системи МП почали проектувати і для них. На відміну від вузькоспеціалізованих систем, описаних вище, вони були розроблені на старих моделях «перенесення» і «прямого перекладу» та позиціонувалися як системи загального призначення. Хоча, аби зайняти якнайбільшу нішу на ринку, у даних систем для ПК зазвичай продавалося по три основні версії: корпоративні системи (для великих корпорацій, як впливає із назви), професійні системи (для незалежних перекладачів), системи домашнього використання (для звичайних користувачів).

Першими американськими системами для ПК, які вийшли на ринок та швидко набули популярності, були PC-Translator (від Linguistic Products, Техас) і Power Translator (від Globalink). Оригінальні мейнфрейм-системи Systran теж почали продаватися не лише у версіях для використання на

підприємствах, але й у версіях для ПК, позиціоновані як для професійних перекладачів, так і для домашнього користування. Компанія GMS, яка згодом змінила назву на Sail Labs, адаптувала систему METAL для ПК і представила дві оновлені версії – T1 (позиціонована як система домашнього використання), дистриб'ютором якої є компанія Langenscheidt, та Compridium (для підприємств і професійних перекладачів), дистриб'юцією якої займається безпосередньо Sail Labs. Компанія SDL, яка розробила робочу станцію перекладача, теж доклалася до заповнення ринкової ніші систем МП для ПК і стала продавцем системи Transcend (від Transparent Language Inc.), а також систем Easy Translator (для домашнього використання) і Enterprise Translation Server (обидві також від Transparent language Inc.). Інші європейські системи на базі ПК включають: PeTra для перекладу італійсько-англійської мовної пари; система Winger для датсько-англійської, французько-англійської та англійсько-іспанської мовних пар (вже недоступна); і TranSmart, комерційна версія системи Kielikone (спочатку розроблена для Nokia), для фінсько-англійського перекладу [37, с. 18–19].

Японські компанії продовжили успішно розробляти системи для японсько-англійської мовної пари, однак їхній маркетинг був менш успішним, і мало які системи затрималися на ринку довше, ніж на рік. Серед тих, які затрималися найдовше, можна виділити «продукцію Fujitsu (ATLAS), Hitachi (HICATS), Toshiba (спочатку відома як ASTRANSAC), NEC (Crossroad, раніше Pivot), Cross Language (раніше Nova: серія Transer) і Sharp (Power E/J, тепер Honyaku Kore-Ippon)» [37, с. 19]. Американські розробники також представляли свої конкурентні продукти, як наприклад: LogoVista від Language Engineering Corporation, яку через деякий час поглинула LogoMedia, системи WebSphere і Systran. А наприкінці 1990-х років вищезгадані компанії випустили системи і для перекладу з англійської корейською і навпаки.

Завдяки заохоченню та підтримці уряду США були також розроблені системи для перекладу арабської(-ою) мови(-ою) – Sakhr, Cimos і AppTek, а також для китайської мови – Transtar, LogoMedia, Systran, TranSphere.

Натомість системи для мовних пар, які не включають англійську або як мову оригіналу, або як мову перекладу, є менш розвиненими і відомими, але більшість вищезгаданих компаній все ж пропонують деякі системи для таких пар як: французька-німецька, італійська-іспанська, португальська-іспанська, японсько-китайська, японсько-корейська тощо.

Протягом останніх років 1990-х покращилася надійність та простота використання систем розпізнавання мовлення, тому у низку систем для ПК було включено засоби усного введення речень і текстів для перекладу та їх голосового виводу, що стало найновішою розробкою на той час. Однією із таких оновлених систем була ViaVoice Translator від IBM, що поєднає систему автоматичного перекладу LMT і успішну систему усного введення ViaVoice [37, с. 19].

Згадані раніше приклади придбання компаній, виведення з обігу старих і регулярна поява нових систем та версій програм вже знайомих користувачам показують, що комерціалізація є такою ж ознакою сфери МП, як і дослідницькі розробки, а невдачі – як і будь-якого іншого бізнесу. Така нестабільність ринку МП може слугувати поясненням того, що комерційні системи на методах СМП з'явилися не раніше за 2000 рік, оскільки на той час статистичні підходи розглядали як більш ризиковані, ніж вже усталені підходи за правилами, бо їх дослідження проводили лише протягом останніх десяти років і матеріально-теоретичну базу напрацювань могли вважати недостатньою. Незважаючи на це системи СМП (від Language Weaver) все ж з'явилися на ринку, надаючи особливу увагу мовним парам, які залучали державну підтримку уряду США, а саме: арабська-англійська, китайська-англійська, гінді-англійська, сомалійська-англійська. Згодом до Language Weaver приєднався Google, чії величезні текстові ресурси особливо підходять для підходів на основі СМП.

Поява Інтернету в середині 1990-х дала потужний поштовх еволюції систем МП. Так, з'явилися програми МП, які були спеціально призначені для перекладу веб-сторінок і електронних повідомлень під час їх отримання або

перед надсиланням. З'явилися постачальники систем МП, які також пропонували онлайн послуги для перекладу на вимогу; деякі з них навіть мали послугу постредагування перекладачами-редакторами за додаткову оплату, але у своїй переважній більшості результати роботи МП представляли без жодних змін.

У 1995 році компанія CompuServe представила пробну послугу онлайн перекладу на основі системи Transcend, після цього на сайті AltaVista з'явився сервіс Babelfish, який забезпечував доступ до версій Systran для перекладу французької, німецької та іспанської мов англійською та з англійської, а згодом й для багатьох інших мовних пар. Наслідуючи їхній приклад, на ринок увійшли численні в основному безкоштовні онлайн сервіси з перекладу, «наприклад Softissimo з онлайн-версіями своїх систем Reverso, LogoMedia з онлайн-версіями LogoVista та PARS» [37, с. 20]. Доступ до них можна було отримати через портали МП – незалежні служби, які пропонували низку систем перекладу від одного чи одразу декількох постачальників.

Незважаючи на кількість різноманітних систем онлайн перекладу, їх якість часто була низькою і кожна окрема система застосовувала власні методи і підходи, як зазначає в одній зі своїх статей Федеріко Гаспарі: «...наразі не існує загального консенсусу чи встановлених правил щодо того, які найкращі стратегії успішно забезпечують роботу технології МП в онлайн середовищі, особливо це стосується перекладу цілих веб-сторінок. Ця ситуація, здається, підкреслює необхідність швидкого розроблення конкретних надійних критеріїв оцінки, орієнтирів і стандартів, які можуть заохочувати орієнтовані на користувача підходи до проектування онлайн застосунків МП, які мають бути реалізовані в короткостроковій перспективі» [33, с. 82].

На 43-му щорічному засіданні Асоціації комп'ютерної лінгвістики у 2005 році Девід Дзян у своїй статті «A Hierarchical Phrase-Based Model for Statistical Machine Translation» («Модель статистичного машинного

перекладу на основі ієрархічної фрази») представив модель МП, засновану на ієрархічних фразах (реченнях з підрядними), вони рекомендуючи використовувати ієрархічні представлення, які включали як слова, так і словосполучення, так звані «підфрази» [28, 2005].

У 2015 році на публічному конкурсі машинного перекладу відбувся дебют системи нейронного машинного перекладу (НМП) – на основі штучного інтелекту, що може передбачати ймовірну послідовність слів і таким чином видавати більш точний результат – яка швидко стала новим стандартом у сфері МП використовується у таких перекладачах, як Google Translate, DeeepL, Reverso та інші.

Отже, машинний переклад пройшов шлях становлення і розвитку, піднесення і розчарувань, і зараз займає вагомим місце як у сфері власне перекладу, так і сфері інформаційних технологій, комп'ютерної лінгвістики та інших, на стику попередньо згаданих, постійно оновлюючись та покращуючись.

1.2. Визначення поняття «машинний переклад» у науковому дискурсі

Явище машинного перекладу з'явилося порівняно нещодавно із явищем власне перекладу, коли більшість лінгвістичних термінів були майже узгоджені та наділені взаємно визнаними тлумаченнями (хоча й не варто випускати з уваги той факт, що щодо багатьох визначень досі точаться наукові суперечки, але все ж і у таких випадках існує одне чи два консенсусних тлумачення, які використовують більшість науковців), тож, на перший погляд, у науковому дискурсі не ведеться активна полеміка щодо визначення поняття «машинний переклад». Натомість, вивчаючи публікації за цією темою, можна помітити, що багато із них трактують визначення терміну «машинний переклад» як імпліцитне знання (Добжанська-Найт Н., Яковина В., Гудманян А., Мацак Ж., Скоробогатова Т., Чернікова Л., Моїсеєва Н., Poibeau T., Nirenburg S., Wilks Y., Freitag M., Madsen M. W., Denkowski M.), що дещо ускладнює пошук та аналіз кореневого значення, яким послуговуються усі вищезгадані автори.

Нечисленні українські та іноземні автори у своїх роботах використовують таке визначення: «Машинний переклад – це переклад з однієї природної мови на іншу за допомогою комп'ютерних технологій» [7; 14; 20; 21; 41; 42; 44; 48]. Однак таке визначення хоч і не є помилковим, але все ж зашироким, і може бути використане також до таких термінів, як автоматизований переклад чи автоматизований машинний переклад.

Найвідповіднішим вважаємо визначення, яке вжили Льов Цюнь та Джан Сяодзюнь у своїй статті «Machine translation: general» («Машинний переклад: загальні положення»): «Машинний переклад (МП) — це підгалузь комп'ютерної лінгвістики або обробки природної мови, яка досліджує використання програмного забезпечення для перекладу тексту чи усного мовлення з однієї природної мови на іншу. Основою самого МП є автоматизація повного процесу перекладу, яка відрізняється від пов'язаних

термінів, таких як автоматизований людський переклад (англ. machine-aided human translation (МАНТ)), автоматизований машинний переклад (англ. human-aided machine translation (НАМТ)) і автоматизований переклад (англ. computer-aided translation (САТ))» [43, с. 105].

Задля уникнення подальшого сплутування наведених вище термінів вважаємо за належне навести також і їхні визначення. Так, у Лінн Бовкер знаходимо таке визначення САТ: «Автоматизований переклад (САТ) — це використання комп'ютерного програмного забезпечення для допомоги перекладачеві в процесі перекладу. Цей термін застосовується до перекладу, який залишається в першу чергу відповідальністю особи, але включає використання програмного забезпечення, яке може полегшувати певні його аспекти» [26, с. 70], яке і будемо використовувати надалі. Часто аббревіатуру вживають у словосполученні «САТ tool(s)», що означає «система(и) автоматизованого перекладу» (серед найбільш відомих таких систем SDL Trados Studio, memoQ, XTM Cloud, Wordfast, Déjà Vu та інші).

Схоже на САТ визначення має і МАНТ: «Автоматизований людський переклад – це один із найпоширеніших підходів у наш час, який можна зустріти в багатьох перекладацьких проєктах. МАНТ забезпечує високу точність перекладу за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення для підвищення ефективності» [53]. Так, у нього є такі функції як: машинний переклад, пропозиціями якого перекладач може скористатися на власний розсуд; власний керований глосарій перекладача, пам'ять перекладів тощо.

Таким способом, можна дійти висновку, що поняття САТ вужче за МАНТ, оскільки говорячи про перше, зазвичай мають на увазі конкретні системи, такі як згадано вище, а от друге стосується більше явища як такого.

Дещо відмінним від двох попередніх є поняття НАМТ: «Автоматизований машинний переклад – це машинний переклад із подальшим постредагуванням та/або попереднім редагуванням» [52]. Тобто спершу всі завдання перекладу виконує система машинного перекладу, а потім відбувається редагування людиною або у зворотному порядку. У такий

спосіб великий обсяг МП усуває більшу частину дорогої роботи людини-перекладача та може успішно використовуватися в проєктах перекладу з повторюваним змістом.

Отже, машинний переклад – це переклад тексту або усного мовлення з однієї природної мови іншою, виконаний виключно відповідним програмним забезпеченням; автоматизований машинний переклад – машинний переклад, відредагований людиною; автоматизований людський переклад – це переклад, виконаний людиною із використанням автоматизації допоміжних процесів (створення глосаріїв, пошук відповідного терміна в пам'яті перекладів тощо); автоматизований переклад – це переклад із використанням комп'ютерних технологій.

1.3. Особливості машинного перекладу науково-технічних текстів

Науково-технічний переклад, як і скажімо художній, має свої особливості, незважаючи на те, що основна ідея залишається такою ж, як і в будь-якого іншого конкретного виду перекладу, оскільки притаманна перекладу як явищу загалом, а саме: «передати зміст оригіналу максимально точно, використовуючи питомі засоби мови перекладу». Щодо власне перекладу науково-технічних текстів, який і називають скорочено науково-технічним перекладом, то повністю вимога сформульована так: «адекватний науково-технічний переклад повинен точно передавати зміст оригіналу, мати загальноприйняту в мові перекладу термінологію і відповідати нормам науково-технічної літератури, з якої здійснюється переклад» [12, с. 73].

Оскільки особливості науково-технічного перекладу безпосередньо зумовлені характерними рисами науково-технічних текстів, варто детально окреслити останні. До стилістичних ознак науково-технічного тексту відносяться:

- 1) когнітивність, інформаційна насиченість тексту;
- 2) термінологічна лексика;
- 3) нейтральний статус лексики, яку вживають;
- 4) переважання в тексті нейтральних слів і відсутність будь-яких емотивів [13, с. 281–285].

До граматичних особливостей науково-технічного тексту відносимо:

- 1) відсутність монологічного і діалогічного мовлення;
- 2) майже повна відсутність запитальної та окличної модальности;
- 3) суттєве переважання розповідних безособових або неозначено-особових речень (інколи може вестися виклад від третьої особи);
- 4) у англійськомовних текстах підметом часто є герундій або інфінітив;
- 5) у англійськомовних текстах переважає пасивний стан (не властивий у такій кількості українськомовним текстам);

6) логічність викладу інформації забезпечує їх зв'язність, а також взаємомотивованість;

7) загальна номінативність досягається за допомогою великої кількості іменників, іменникових і числівникових словосполучень [13, с. 285–286].

У такий спосіб виклад у науково-технічних текстах є абстрагованим і демонструє незаангажованість та академічну доброчесність науковців.

Процес перекладу наукових текстів є двоетапним: спершу перекладач аналізує і осмислює текст оригіналу, «згортаючи» його, а потім створює тест перекладу, заснований «на розгортанні смислу виявлених і осмислених наукових понять» [9, с. 56]. Еквівалентний науковий переклад можливий за умови якісної інтерпретації та розуміння перекладачем концептуалізації наукових знань у тексті оригіналу, щоб відбудувати з них вихідну модель знань засобами мови перекладу із використанням прототипної та/або адаптивної локальної стратегії.

Прототипна перекладацька стратегія полягає у «виокремленні з тексту та мисленнєвій трансляції в мові перекладу того, що є найбільш упізнаваним у тексті, а саме: типових логіко-семантичних структур речень; відомих перекладачеві термінів та супутніх слів загальноживаної та спеціальної лексики, знання яких ситуативно обумовлено і складає частину структури ментального лексикону перекладача; типових граматичних конструкцій, переклад яких відбувається із залученням граматичної іншомовної компетенції та ін.» [9, с. 57]. Адаптивна ж перекладацька стратегія зумовлюється «специфікою наукових текстів, зміст яких нерідко створюють певні перекладацькі труднощі, коли необхідно відтворити в мові перекладу складні термінологічні групи, експлікувати логічні зв'язки і відношення, заховані в нетипових синтаксичних конструкціях тощо. У цьому сенсі адаптація наукових текстів може відбуватися або в плані їхнього «спрощення» (об'єктом перекладу стає власне «відновлений» перекладачем текст), або в плані «пристосування» (наприклад, описовий переклад надскладних термінологічних сполук)» [9, с. 57].

Продуктом застосування перекладачем різних стратегій, обраних, опираючись на вищеописані характерні особливості текстів науково-технічного спрямування, є власне науково-технічний переклад, для оцінки якості та еквівалентності якого, висувають такі вимоги:

- 1) точність – перекладають зміст оригіналу, слова набувають своїх значень в контексті, який і передає оригінальний зміст;
- 2) ясність і чіткість – стиль перекладу точно відповідає стилю мови науково-технічної літератури і позбавлений будь-якої двозначності;
- 3) стислість – веде до прозорості і зрозумілості;
- 4) літературна грамотність – відповідність нормам мови перекладу, відсутність форм і зворотів, притаманних мові оригіналу [18, с. 7].

Вимоги до якості звичайного перекладу, виконаного людиною, однаково і без різничань визнають як замовники перекладу, так і його виконавці, але щодо вимог до якості машинного перекладу може існувати кілька поглядів, тобто ідеї тих, хто створює такі системи, звичайних користувачів та власне професійних перекладачів.

Перекладачі у наукових статтях, які аналізують якість чи загальні принципи використання МП та інтегрування його у свою професійну діяльність, висловлюють нейтральну позицію, хоча і доволі детально описують проблеми, які виникають під час його використання та помилки у результатах роботи таких систем, наголошуючи, що на даному етапі розвитку технологій використання МП неможливе без втручання перекладача для попереднього та/або постредагування тексту (цит. за: [19, с. 1]). На даний момент наближеними до ідеалу системами є системи автоматизованого перекладу, або так звані CAT tools. Вони значно полегшують і пришвидшують роботу перекладача, не конкуруючи при цьому із ним/нею на ринку праці.

Люди, які стикаються із іноземними мовами на побутовому рівні, хоча і були б раді мати машинний переклад ідентичний до людського, але задовольняються вже існуючими версіями систем (як наприклад Google

Translate чи DeepL) допоки вони забезпечують базове розуміння того, про що йдеться. Також варто відмітити, що «використання МП у різних відомствах і організаціях виявилось досить ефективним через високу стандартизованість і достатньо низькі вимоги до якості перекладу» [23, с. 234].

Науковці, які працюють над розробленням систем МП у минулому і зараз намагаються досягти того ідеального рівня перекладу, який неможливо було б відрізнити від перекладу, виконаного професійно навченим спеціалістом, без жодних помилок у трактуванні контексту і відповідно підбору лексики, яка передавала б його ясно, чітко, точно і з урахуванням усіх особливостей мови-реципієнта. Наявні поки що технології не задовольняють цей запит розробників, хоча вже порівняно із початковими версіями показують кращі результати, які потребують менше постредагувань та виправлень, хоча і тут існують винятки, так як відповідно до інформації, викладеної у розділі 1.1., більшість досліджень, які проводилися у сфері МП, були перш за все американо- та європоцентричними або ж для незрівнянно меншої частини мов Азії (Китайської, Японської, Корейської). Саме тому системи МП зараз набагато більш пристосовані до перекладу мовних пар, одним зі складників яких є англійська мова, однак часто зазнають труднощів із перекладом слов'янських мов, наприклад у таких мовних парах як українсько-німецька, українсько-чеська, українсько-польська, китайсько-українська тощо (ще однією з причин такого дисбалансу стало постійне орієнтування на росію у часи срср і після його розпаду, коли всі ресурси йшли саме на розвиток мови країни-окупанта і відтягувалися із ресурсів для розвитку подібних технологій у інших республіках із їхніми національними мовами). Арабські науковці також відзначають, що аналогічних типів досліджень для арабської мови майже не існує, а «останні дослідження на основі статистичного машинного перекладу розробили нейронний машинний переклад, продуктивність якого порівнянна з продуктивністю СМП, яка більше не є задовільною через величезну кількість помилок, виявлених у перекладених текстах» [45, с. 4].

На сьогодні найпопулярнішими системами машинного перекладу є Google Translate, DeepL, Microsoft Translator, SYSTRAN Translate PRO, Amazon Translate, ModernMT. Системами, які ми використали у дослідженні, були Google Translate та DeepL.

Google Translate – це багатомовний інструмент нейронного машинного перекладу, розроблений Google, який дозволяє користувачам перекладати тексти, документи та веб-сторінки. Він має інтерфейс веб-сайту, мобільний додаток для Android та iOS, а також API для розробників для створення розширень браузера та програмних застосунків [40, с. 26]. Станом на грудень 2023 року Google Translate підтримує сто тридцять чотири (134) мови на різних рівнях (див. Табл. 1.1).

Табл. 1.1

**Список мов, доступних для перекладу у Google Translate
станом на грудень 2023**

азербайджанська	іврит	малагасійська	суахілі
аймарська	ігбо (ібо)	малайська	сунданська
албанська	ідиш	малаялам	таджицька
амхарська	ілоканська	мальтійська	тайська
англійська	індонезійська	маорі	тамільська
арабська	ірландська	маратхі	татарська
ассамська	ісландська	мейтейлон (маніпурі)	телугу
африкаанс	іспанська	мізо	тигринська
бамбара	італійська	монгольська	тсонга
баскська	йоруба	непальська	турецька
бенгальська	казахська	нідерландська	туркменська
білоруська	камбоджійська	німецька	угорська
бірманська	каннада	норвезька	узбецька
болгарська	каталанська	одія (орія)	уйгурська

боснійська	кечуа	оромо	українська
бходжпурі	киргизька	пенджабська	урду
в'єтнамська	китайська (спрощена)	перська	філіппінська
валлійська	китайська (традиційна)	польська	фінська
вірменська	конкані	португальська	французька
гавайська	корейська	пушту	фризська
гаїтянська креольська	корсиканська	російська	хауса
гінді	кріо	руандійська	хмонг
грецька	курдська (курманджі)	румунська	хорватська
грузинська	курдська (сорані)	самоанська	чві
гуарані	кхоса	санскрит	чеська
галісійська	лаоська	себуано	чичева
гуджаратська	латинська	середі	шведська
данська	латиська	сербська	шона
дівері	литовська	сесото	щотландська (гельська)
догрі	лінгала	сингальська	яванська
єве	луганда	сіндхі	японська
есперанто	люксембурзька	словацька	
естонська	майтхілі	словенська	
зулу	македонська	сомалі	

DeepL Translator — це багатомовна служба нейронного машинного перекладу, розроблена DeepL SE та знаходиться у її власності, яка дозволяє користувачам перекладати текст, веб-сайти та документи (формати

документів, такі як .pdf, .docx і .pptx). Однак DeepL Translator має також інтерфейс веб-сайту та API для розробників для створення програм [40, с. 29]. DeepL Translator може перекладати лише двадцять дев'ять (29) мов, що становить 22% від того, що може перекладати Google Translate (див Табл. 1.2).

Табл. 1.2

**Список мов, доступних для перекладу у DeepL Translator
станом на грудень 2023**

англійська	китайська	португальська	фінська
болгарська	корейська	російська	французька
грецька	латиська	румунська	чеська
данська	литовська	словацька	шведська
естонська	нідерландська	словенська	японська
індонезійська	німецька	турецька	
іспанська	норвезька	угорська	
італійська	польська	українська	

Отже, науково-технічний текст відзначається своєю когнітивністю, термінологічною насиченістю, відсутністю емотивності, тому до перекладу наукових текстів застосовують такі вимоги: точність, ясність, чіткість, стислість, літературна грамотність. До машинного перекладу таких вимог не висувають, оскільки він не досягає рівня професійних перекладів, хоча і непогано себе демонструє із документами з високо стандартизованою мовою. На сьогодні Google Translate має найбільшу кількість доступних мов, порівняно із іншими системами МП, у тому числі і DeepL Translator.

Висновки до першого розділу

У ХХ столітті із бурхливим розвитком науки пришвидшилися темпи життя людства і відповідно посилилася потреба у швидкісному перекладі. Оскільки люди фізично не могли її задовольнити, науковці із галузі інформаційних технологій розробили засіб, який мав у цьому допомогти – машинний переклад. Перші версії систем МП не залучали лінгвістів до роботи над розробленням систем чи їхнього тестування, тому результати, продемонстровані таким програмним забезпеченням, були вкрай низької якості, із великою кількістю помилок, що призвело до сильного розчарування, і як результат майже повного припинення урядового фінансування в США та інших країнах, які орієнтувалися на Сполучені Штати. Але дослідження продовжувались і в системах МП того часу використовували три підходи: модель «прямого перекладу», модель «інтерлігви», модель «перенесення». Із 1989 року статистичний переклад став основним напрямком для багатьох дослідницьких груп і демонстрував значно кращі результати. Останнє на даний момент оновлення МП відбулося в 2015 році із розробкою системи нейронного машинного перекладу, яка зараз і лежить в основі найбільших систем МП.

Машинний переклад – це підгалузь комп'ютерної лінгвістики або обробки природної мови, яка досліджує повну автоматизацію перекладу тексту чи усного мовлення з однієї природної мови на іншу завдяки використанню програмного забезпечення.

Термін «автоматизований переклад», або САТ, застосовується до перекладу, який залишається відповідальністю особи, але включає використання програмного забезпечення, яке може полегшувати певні його аспекти, як попереднє, проміжне чи постредагування.

Автоматизований людський переклад – це один із найпоширеніших підходів у наш час, який забезпечує високу точність перекладу за допомогою

комп'ютерного програмного забезпечення з такими функціями як: пропозиції машинного перекладу, керований глосарій, пам'ять перекладів.

Автоматизований машинний переклад – це машинний переклад із подальшим постредагуванням та/або попереднім редагуванням, найуспішніше застосовується в проектах з повторюваним змістом.

Науково-технічні тексти вирізняються такими стилістичними та граматичними ознаками: когнітивність, інформаційна насиченість тексту; термінологічна лексика; нейтральний статус лексики; переважання нейтральних слів, відсутність емотивів; відсутність монологічного і діалогічного мовлення; відсутність запитальної та окличної модальности; переважання розповідних безособових або неозначено-особових речень (інколи виклад від третьої особи); у англійськомовних текстах підметом часто є герундій або інфінітив; у англійськомовних текстах переважає пасивний стан (не властивий у такій кількості українськомовним текстам); логічність викладу інформації забезпечує зв'язність і взаємомотивованість; загальна номінативність через велику кількість іменників, іменникових і числівникових словосполучень.

Переклад науково-технічних текстів передбачає два етапи – аналіз та синтез. Під час етапу синтезу може використовуватися прототипна або адаптивна стратегія. До результату процесу науково-технічного перекладу висуваються такі вимоги: точність, ясність і чіткість, стислість, літературна грамотність. Машинний переклад поки не відповідає всім цим вимогам, тому його найкраще використовувати із подальшим редагуванням професійного перекладача. На цей момент найпопулярнішими системами МП є Google Translate, DeepL та інші. При цьому станом на грудень 2023 року у Google Translate доступно в п'ять разів більше мов, ніж у DeepL.

РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ТЕКСТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ

2.1. BLEU

Метрика оцінювання якості машинного перекладу BLEU (англ. Bilingual Evaluation Understudy) – це статистичний показник для порівняння створеного машиною речення з еталонним реченням. У 2002 році її вперше запропонували Кішоре Папінені, Салім Рукос, Тодд Ворд і ВейДзін Джу у своїй статті «BLEU: метод автоматичної оцінки машинного перекладу» («BLEU: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation»).

Спрощено, якість результатів МП можна звести до кількості подібностей між перекладом, виконаним машиною, і перекладом, виконаним людиною, і таким чином «чим ближче машинний переклад до професійного людського перекладу, тим він кращий» [46, с. 311].

BLEU працює шляхом підрахунку кількості n-грам у запропонованому перекладі, які збігаються з n-грамами в еталонному тексті. N-грами – це «безперервні послідовності з n елементів у заданому зразку тексту чи усного мовлення. Елементами можуть бути фонемі, склади, літери, слова або пари основ відповідно до програми» [51]. Метрика BLEU як n-граму використовує слово, підраховуючи збіги на рівні уніграм, біграм, триграм і чотири грам, тобто «коли $n=1$, це називається уніграмою, і це, по суті, окремі слова в реченні... коли $n=2$, це називають біграмами, а коли $n=3$ – триграмами. Коли $n>3$, це зазвичай називають чотирма грамами або п'ятьма грамами і так далі» [32]. Порядок слів не враховується під час зіставлення, також не враховуються вільність мовлення і граматична правильність. Метрика підходить для порівняння текстів будь-якою мовою, що робить BLEU «поточним стандартом для автоматичної оцінки машинного перекладу» [22, с. 103]. Серед переваг цієї метрики також те, що може використовуватись два і більше еталонних текстів перекладу. Варто зазначити, що BLEU доцільно

використовувати для повноцінних текстів, оскільки «значення BLEU для одного речення вважаються ненадійними» [22, с. 104]. Підрахувавши збіги, програма виставляє бали від 0 до 1 (онлайн версія – від 0 до 100), де 0 – це повна розбіжність між МП та еталонним перекладом, а 1 – це повний збіг. Втім навіть у двох професійних перекладачів переклади не будуть збігатися на 100%, тому «оцінка 0,6 або 0,7 вважається найкращою, якої можна досягти... з цієї причини оцінка, ближча до 1, є нереальною на практиці та повинна сигналізувати, що модель є перенавченою» [30]. Приблизним орієнтиром щодо розшифрування значень розрахунків BLEU для визначення якості МП можуть слугувати дані, наведені в Табл. 2.1, виражені у відсотках, а не у формі десяткових дробів [25].

Табл. 2.1

Результати розрахунку BLEU та їх значення

Результати BLEU	Інтерпретація
< 10	Майже непридатний переклад
10 – 19	Важко зрозуміти суть перекладу
20 – 29	Суть перекладу зрозуміла, але містить значні граматичні помилки
30 – 40	Від зрозумілого до хорошого перекладу
40 – 50	Висока якість перекладу
50 – 60	Дуже якісний, адекватний та природний переклад
> 60	Якість перекладу часто краща за людську

Стандартом серед метрик автоматичного оцінювання МП BLEU стала завдяки таким своїм перевагам: розраховувати швидко і недорого; легко зрозуміти результати; не має обмежень щодо мови; високо корелює з людською оцінкою; є широко запозиченою [27].

Варто однак враховувати, що BLEU все ж не є ідеальним. Одним із його недоліків за Анною Дюпон є переклад з гендерно-нейтральних на гендерно-специфічні мови [31], так як значення деяких слів неможливо дізнатися з контексту. І хоча в науково-технічних текстах слова, які можуть створювати такі проблеми, використовують нечасто, це зауваження не можна відкидати.

Метрика BLEU відіграла велику роль у розвитку автоматизації оцінки машинного перекладу, саме тому маємо детально розглянути її обмеження, щоб знати, на що звертати увагу під час її використання:

- 1) Відсутність семантичної оцінки: BLEU не враховує значення чи семантику перекладеного тексту. Цілком можливо, що переклад матиме високу оцінку BLEU, але все одно буде семантично неправильним чи безглуздим.
- 2) Залежність від якості довідкового матеріалу: ефективність BLEU значною мірою залежить від якості та різноманітності перекладу довідкового матеріалу. Якщо еталон не охоплює діапазон можливих правильних перекладів, оцінка BLEU може не точно відобразити якість перекладу.
- 3) Неповноцінність результатів для коротких речень: BLEU менш надійний для оцінки якості перекладу дуже коротких текстів через обмежений контекст і меншу кількість n-грам.
- 4) Невідповідні домени: якщо навчальні дані для системи машинного перекладу походять із домену, відмінного від тестових даних, оцінка BLEU може неточно відобразити продуктивність системи в реальних завданнях.
- 5) Чутливість до розміру корпусу: на оцінку BLEU може непропорційно впливати розмір корпусу оцінювання, при цьому менші корпуси призводять до більш мінливих балів.
- 6) Дослівність вище від ідіоматичної правильності: BLEU може надавати перевагу перекладам, які є більш дослівними, оскільки

вони покладаються на точні збіги послідовностей n-грам, потенційно «штрафуючи» більш ідіоматичні або культурно відповідні переклади.

- 7) Вільність і читабельність: BLEU безпосередньо не вимірює, наскільки плавним чи читабельним є переклад, що є важливими аспектами якості перекладу з людської точки зору [39].

Спираючись на вищевикладену інформацію та використовуючи онлайн калькулятор оцінки BLEU, розміщений на електронному ресурсі Tilde [50], було проведено аналіз машинних перекладів систем Google Translate і DeepL одинадцяти анотацій до наукових статей електроенергетичної галузі, на основі порівняння отриманих результатів із поданими авторами статей перекладами англійською.

Онлайн калькулятор оцінки BLEU працює у чотири прості кроки, як показано на Рис. 2.1., а саме: крок 0 (необов'язковий) – вибір файлу із текстом оригіналу; крок 1 – вибір файлу із еталонним перекладом; крок 2 – вибір файлу з машинним перекладом; крок 3 (необов'язковий) – вибір файлу із додатковим машинним перекладом. Файли мусять мати розширення .txt, щоб система змогла їх прочитати.

Interactive BLEU score evaluator

Perform comparative quality evaluations of files translated with one or more MT systems. This allows you to compare MT output with human translations and compare the BLEU scores of various MT systems. [Click here to learn more.](#)

Step 0: Pick source file (Optional) Файл не вибрано .txt

Step 1: Pick human translated file Файл не вибрано .txt

Step 2: Pick machine translated file Файл не вибрано .txt

Step 3: Pick second machine translated file (Optional) Файл не вибрано .txt

Calculate BLEU Display

Lowercase Tokenized Difference highlighting

Рис. 2.1. Початковий інтерфейс онлайн калькулятора оцінки BLEU

На Рис. 2.2. наведено вигляд калькулятора із обраними файлами для оцінки, де 1OG – це перший текст оригінальною українською мовою (від

англ. original); 1OGtr – це перший тест з еталонним перекладом англійською мовою (від англ. original translation); 1TRdpl – це перший текст, перекладений системою машинного перекладу DeepL (від англ. translation DeepL); 1TRgl – це перший текст, перекладений системою машинного перекладу Google Translate (від англ. translation Google). Надалі для всіх текстів, проаналізованих в рамках дослідження, будуть використані ті ж самі скорочені назви зі зміною початкового числа від 1 до 11.

Interactive BLEU score evaluator

Perform comparative quality evaluations of files translated with one or more MT systems. This allows you to compare MT output with human translations and compare the BLEU scores of various MT systems. [Click here to learn more.](#)

The interface consists of four steps for file selection:

- Step 0: Pick source file (Optional) - File: 1 OG.txt
- Step 1: Pick human translated file - File: 1 OGtr.txt
- Step 2: Pick machine translated file - File: 1 TRdpl.txt
- Step 3: Pick second machine translated file (Optional) - File: 1 TRgl.txt

Options for evaluation:

- Calculate BLEU:
- Display:
- Lowercase:
- Tokenized:
- Difference highlighting:

A red button labeled "Score" is located at the bottom center.

Рис. 2.2. Інтерфейс з обраними файлами на переклад

Однак серед багатьох переваг сайту, таких як простота процесу, швидкість оцінювання, зрозумілість результатів, які будуть продемонстровані пізніше, є і недолік, а саме, як показано на Рис. 2.3., не розпізнання системою кирилиці, що унеможливорює одночасне співставлення машинних перекладів із еталонним перекладом та текстом оригіналу, що могло б дати точнішу оцінку якості машинного перекладу і краще розуміння того, як працюють системи МП та які еквіваленти слів та словосполучень підбирають для генерації тексту перекладу. Тому надалі для аналізу будуть використані лише тексти із еталонним перекладом і двома машинними.

розбиття на рядки і, по-друге, кількість рядків однакова поміж текстами, які будуть проаналізовані разом, оскільки інакше система видасть помилку, що файли пусті, або відріже залишок, якщо один із текстів довший за інший відповідно. На діаграмах показано рівень збігів між еталонним перекладом і його машинними відповідниками для кожного речення, кольорами позначено перший і другий машинний переклад: для цього дослідження – DeepL і Google Translate відповідно. Під діаграмами розміщена інтерактивна таблиця де можна на власні очі побачити, де система схибала, а де – обрала правильний варіант, який збігається з еталоном. Кольори позначають таке: сірий – збігається скрізь; червоний – у жодному машинному перекладі немає збігу з еталонним; блакитний – збігається лише у машинному перекладі із кроку 2 (система МП DeepL); зелений – збігається лише у машинному перекладі із кроку 3 (система МП Google Translate).



Рис. 2.5. Детальний розбір збігів і відмінностей першого еталонного і машинних перекладів

На Рис. 2.4. видно, що оцінка BLEU машинного перекладу DeepL вище за оцінку BLEU машинного перекладу Google Translate, що означає вищу

якість першого перекладу. Відповідно до Таблиці 2.1. переклад від DeepL можна класифікувати, як переклад високої якості, а від Google Translate – як хороший переклад.

Втім, оцінка не досягає 100%, що означає, що між еталонним перекладом та обома машинними існують розбіжності. Перша полягає в різних структурах речень: перше речення оригіналу є безособовим «В роботі виконано аналіз...» (тут і надалі див. Додаток А); еталонний переклад передає цю безособовість шляхом використання пасивного стану із дієсловом в кінці речення «*The analysis of ... is performed.*»; на відміну від нього DeepL і Google Translate використовують активний стан «*The paper analyzes...*». Також у першому рядку як відмінність підкреслене вживання обома системами МП артикля «the» перед додатками, коли він відсутній в еталонному перекладі. Зміна пасивного стану на активний і відповідно порядку слів у машинному перекладі спричинило зсув, тому надалі більшість розбіжностей буде пов'язано саме з цим, хоча не варто відкидати і різний підбір синонімів або форм слів у МП. Так, термін-словосполучення «теплонасосно-адсорбційної системи консервування енергетичного обладнання» автор переклав словосполученням, у якому родовий відмінок оригіналу переданий за допомогою прийменника «of» (вказує на належність) – «*heat pump-adsorption system of conservation of power equipment*», тоді як обидві системи МП «for» (вказує на призначення предмета) – «*heat pump-adsorption system for preserving power equipment*» (DeepL), «*heat pump-adsorption system for the preservation of power equipment*» (Google Translate). Щодо перекладу слова «консервування», то системи МП використали більш відповідні варіанти: герундій «*preserving*» та іменник «*preservation*», оскільки «*conservation*», вжите в еталонному перекладі, має сильні конотації із захистом природи, а не обладнання. Також у другому рядку автор, на відміну від МП, за правилами не вживає кому у складнопідрядному реченні, яке розміщене всередині головного. Розходження у використанні артиклів «the», «a/an» та розділових знаків, таких як коми, траплятимуться і надалі, тож у

подальшому аналізі вони не наголошуватимуться. Розбіжності через синонімію спостерігаємо і у перекладі словосполучення «*реальних процесів*», яке і автор і Google Translate перекладають однаково «*real processes*», тоді як DeepL використовує синонім «*actual processes*», що не є помилкою із перекладацької точки зору, але є невідповідністю, яку система порахувала як таку. Обидва машинні перекладачі припустилися стилістичної помилки, вживши словосполучення «*air drying*» на позначення терміна «осушення [повітря]», коли у науковому тексті більш відповідно було б вжити «*dehumidification*», як це зробив автор в еталонному перекладі. Ще однією відмінністю, яку не описано раніше, є переклад термінологічного словосполучення «електричним нагрівачем регенераційного повітря». У еталонному перекладі використано прийменник «*of*», який є типовим способом передачі значень подібних словосполучень англійською мовою, «*electric heater of regenerative air*», система МП DeepL використала вже описаний вище спосіб перекладу із використанням прийменника «*for*» – «*electric heater for regenerated air*», на відміну від Google Translate, яка обрала більш унікальний, але тому і більш властивий англійській мові безприйменниковий спосіб вживання атрибутивних термінів-словосполучень «*electric regeneration air heater*». Наступне речення починається такими словами «В результаті аналізу *показано*, що...», які Google Translate перекладає дослівно «*As a result of the analysis, it is shown that*», а еталонний переклад та переклад DeepL перефразовують як «*The analysis shows that...*», що є однією з причин вищої оцінки BLEU для перекладу, виконаного DeepL. Наступною вагомою помилкою, не спричиненою зсувом, є переклад терміну «неізоентальпійних [робочих процесів]», який автор переклав як «*non-isoenthalpy*», DeepL вжив зовсім інший термін «*non-isentropic*», а найближчим варіантом є термін, підібраний Google Translate, хоча і з іншою формою слова «*non-isoenthalpic*». Також DeepL використав Present Perfect Passive «*It has also been shown that...*», щоб перекласти таку фразу оригіналу «*Показано також, що...*», на відміну від еталонного перекладу і перекладу Google Translate, які

вживають Present Simple Passive «*It is also shown that...*». У рядку 9 перекладач Google Translate знову припускається стилістичної помилки, перекладаючи слово «вході» іменником «entrance», коли правильним перекладом є «inlet», як написано в еталонному перекладі та перекладі DeepL. У 10-му рядку DeepL використовує додавання займенника для підсилення значення приналежності «...energy efficiency of the heat pump-adsorption system reaches *its* maximum values», коли він опущений в оригіналі «енергетична ефективність теплонасосно-адсорбційної системи досягає максимальних значень» та двох інших перекладах «...energy efficiency of the heat pump-adsorption system reaches maximum values». У тому ж рядку DeepL продовжує перекладати безособове речення оригіналу за допомогою Present Perfect Passive, на противагу еталону та перекладу Google Translate, які для передачі особливостей структури речення використовують Present Simple Passive. У наступних рядках 11–12 розбіжність знову виникає через синонімію: оригінал «змінюються в [вузькому діапазоні]» і автор, і Google Translate переклали однаково «change in», а перекладач DeepL використав конструкцію-синонім «vary within». В останньому, 14-му рядку, наведена остання унікальна для цього тексту розбіжність – перетворення додатка еталонного «...increase for heat pump-adsorption system *with decreasing* ambient temperature» та DeepL перекладу «...increase for *a* heat pump-adsorption system *with a decrease in* ambient *air* temperature» на підрядне речення часу в перекладі Google Translate «...increase for *a* heat pump-adsorption system *when the ambient air temperature decreases*», що є більш дослівним перекладом оригіналу «...збільшуються для теплонасосно-адсорбційної системи *при зменшенні* температури навколишнього *повітря*».

Таким чином, до поширених помилок машинного перекладу відносимо використання розділових знаків не за правилами мови перекладу, перенасичення тексту артиклями «the», «a/an», використання слів загальної лексики замість їхніх термінологічних відповідників, використання термінів, які не є перекладом термінів оригіналу, непослідовний переклад безособових

речень оригіналу то активним, то пасивним станом, використання іншого граматичного часу. Загалом, обидва машинні переклади, хоч і не є ідентичними до еталонного, виконують свою інформаційну функцію і навіть без редагування не спотворюють інформацію, викладену в оригіналі, а отже є перекладами хорошої якості.

На Рис. 2.6. продемонстровано результати оцінки BLEU машинних перекладів другого тексту системами МП DeepL (на рисунку синього кольору) і Google Translate (на рисунку зеленого кольору). Оцінки машинних перекладів цього тексту є одними з найнижчих серед усіх оцінок текстів, взятих на оцінювання у нашому дослідженні.

BLEU:	17.07	15.70
Precision x brevity:	18.16 x 94.03	15.70 x 100.00
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	38.92 20.32 13.74 10.00	37.47 16.16 11.39 8.82
Cumulative	36.59 26.44 20.83 17.07	37.47 24.61 19.04 15.70
Export data	CSV	

Рис. 2.6. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів другого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Перші п'ять рядків є доволі близькими до оригіналу, що відображено у отриманих ними оцінках на рівні 40 балів і вище (див. Додаток Б). Однак у наступних рядках і до кінця тексту обсяг зсувів, змін будови речень, використання синонімів та різних прийменників і артиклів опускає оцінки кожного конкретного рядка до нижче 10, що в результаті призводить до низьких загальних балів. Через це машинні переклади другого тексту, отримані від програм DeepL та Google Translate, віднесені нами до категорії перекладів, суть яких зрозуміла, але використання без фахового постредагування не рекомендовано.

На Рис. 2.7. наведено результати оцінювання двох машинних перекладів третього тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate) за метрикою BLEU. Як видно із чисел на рисунку, обидва машинні переклади

знаходяться на приблизно однаковому рівні середньої, ближче до низької оцінки, серед яких переклад Google Translate є на 2,75 бала кращим.

BLEU:	22.77	25.52
Precision x brevity:	23.44 x 97.14	25.60 x 99.69
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	40.32 23.59 19.38 16.38	42.45 26.37 21.43 17.92
Cumulative	39.17 29.96 25.66 22.77	42.32 33.35 28.75 25.52
Export data	CSV	

Рис. 2.7. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів третього тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Перші 9 рядків обох проаналізованих машинних перекладів отримують вже звичні бали на рівні 30 і вище, але із 10 рядка рівень різко падає до позначок, які ледь досягають 10 балів (див. Додаток В). Такі низькі результати були спричинені великим зсувом у 10 рядку, у якому закінчується останнє речення першого абзацу еталонного перекладу, а в машинних перекладах вже починається другий абзац. І хоча останні рядки обох машинних перекладів містять майже повністю ту ж саму інформацію, що і еталонний, але не вирівняні між собою рядки посередині згубно впливають на загальні оцінки обох систем машинного перекладу.

Отже, згідно із таблицею 2.1., ми відносимо переклади, виконані DeepL та Google Translate до таких, що є зрозумілими за суттю, але потребують обов'язкового редагування, та перекладів ознайомчої якості відповідно.

На Рис. 2.8. представлено оцінки за метрикою BLEU двох машинних перекладів четвертого тексту, де число зліва синього кольору – це оцінка машинного перекладу, виконаного системою МП DeepL, а число справа зеленого кольору – оцінка Google Translate. Як видно із цих чисел, оцінка перекладу DeepL (44,56) в півтора рази перевищує оцінку перекладу Google Translate (28,23), є однією із найвищих оцінок, отриманих системою МП, серед усіх проаналізованих текстів і, відповідно до таблиці 2.1., відносить

машинні переклади до категорії текстів високої та задовільної якості відповідно.

BLEU:	44.56	28.23
Precision x brevity:	44.56 x 100.00	28.23 x 100.00
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	65.29 47.56 39.13 32.45	47.78 31.06 23.94 17.87
Cumulative	65.29 55.72 49.53 44.56	47.78 38.52 32.87 28.23
Export data	CSV	

Рис. 2.8. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів четвертого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

За обсягом четвертий текст є найбільший із усіх, дібраних для нашого дослідження, який складається із 24 речень (54 рядків). Переклад, виконаний програмою DeepL послідовно, в межах даного тексту, отримує вищі бали, ніж переклад Google Translate, тому, на основі проведених аналізів інших текстів, можемо припустити, що саме переклад виконаний DeepL був взятий за основу і відредагований до задовільного для автора рівня, оскільки з двох саме система МП DeepL використовує оригінальні підходи до перекладу, що робить отримані переклади менш дослівними, ніж переклади, виконані системою МП Google Translate. Між рядками 13 та 20 спостерігаємо значне падіння балів від середньостатистичного рівня 30 і вище до вкрай низького 15 і нижче із поодинокими винятками (див. Додаток Д). Таке просідання є нетиповим і може свідчити про те, що саме тут автор вніс найбільше змін, які стосуються використання прийменникових конструкцій та синонімів, не враховуючи зниження балів, зумовлених зсувами. Усі відмінності між еталонним перекладом та двома машинними так чи так розподіляються на вищеописані категорії: вживання синонімів загальної, наукової, внутрішньогалузевої лексики; розбіжності у використанні артиклів та прийменників; зміни у структурі речень, які включають попередні категорії та можуть включати зміну стану та/або часу дієслів.

Переклад, забезпечений системою Google Translate, прямо не суперечить змісту оригіналу і не містить грубих граматичних помилок, однак сильно відрізняється від еталонного перекладу, тому класифікований нами як переклад задовільної якості, що потребує певного обсягу постредагування (докладніше у розділі 2.2.). Переклад, виконаний системою DeepL, не спотворює зміст оригіналу, не містить граматичних помилок, найбільше відповідає еталонному перекладу, тому віднесений нами до перекладів високої якості.

На Рис. 2.9. наведено результати оцінки BLEU для машинних перекладів п'ятого тексту, де зліва – оцінка DeepL, а справа – Google Translate. Оцінка перекладу, виконаного Google Translate є на 1,18 бала вищою за оцінку перекладу DeepL, що означає те, що між двома машинними перекладами майже немає відмінностей. На нашу думку, це досягається завдяки тому, що текст оригіналу складається із простих речень, порівняно із попередніми, які є нескладними для перекладу та не передбачають значних перефразувань, тож особливу увагу під час аналізу було звернено на переклад термінологічних одиниць. Те, що оцінка BLEU для обох перекладів перевищує 40 балів відносить ці переклади до категорії хороших перекладів.

BLEU:	40.52	41.70
Precision x brevity:	40.52 x 100.00	41.70 x 100.00
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	64.00 46.58 35.37 25.56	61.58 47.24 36.91 28.15
Cumulative	64.00 54.60 47.25 40.52	61.58 53.94 47.53 41.70
Export data	CSV	

Рис. 2.9. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів п'ятого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Скориставшись попередньо проведеними аналізами, основні розбіжності між еталонним перекладом та двома машинними були розподілені на п'ять категорій. До випадків синонімії, яка не спотворює зміст оригіналу відносяться такі приклади: оригінальне «мереж» в еталонному

перекладі стало «networks», а в обох машинних перекладах – «grids» (тут і далі див. Додаток Е); оригінальне «не є задовільними» в еталонному перекладі передано одним словом «are *unsatisfactory*», а в обох машинних – двома «are *not* satisfactory»; оригінальне «енергетичної системи» в еталонному перекладі стало «*power system*», а в обох машинних перекладах – «*energy system*»; оригінальне «електричною енергією» в еталонному перекладі і перекладі DeepL передано одним словом «electricity», а в перекладі Google Translate – двома «electrical energy» (як бачимо, Google Translate знову вдався до буквалізму); оригінальне «а також» в еталонному перекладі і перекладі DeepL передано конструкцією «as well as», а в перекладі Google Translate – двома словами «and also»; оригінальне «Крім того», передане в еталонному перекладі словом «Moreover», DeepL переклав як «Furthermore», а Google Translate – як «In addition»; оригінальне «обробляється» в еталонному перекладі стало «addressed», а в обох машинних перекладах – «handled»; оригінальне «застосовні» в еталонному перекладі стало «useful», а в обох машинних перекладах – «applicable»; оригінальне «класичної [системи електромереж]» в еталонному перекладі і перекладі DeepL передано як «classic [power grid system]», а в перекладі Google Translate – словом «traditional [power grid system]». До випадків синонімії, яка впливає на сприйняття тексту належать такі приклади (переважно до них входять випадки термінологічної синонімії): оригінальне «класичні» в еталонному перекладі та перекладі Google Translate передане словом «classic», а в перекладі DeepL – словом «classical», що не є еквівалентним, оскільки несе в собі сильні конотації з речами, пов'язаними з давньогрецькою чи римською цивілізаціями; у 3-му рядку оригінальне словосполучення «керованість і контрольованість» автор і DeepL переклали однаково «controllability and manageability», однак перекладач Google Translate вжив одне і те ж слово двічі «controllability and controllability», на що треба звертати увагу, користуючись цим перекладачем і вживаючи в реченні два синоніми разом; оригінальне «облік» в еталонному перекладі стало

«accounting», а в обох машинних перекладах – «metering», що не є відповідником, оскільки пов'язане з вимірюванням за допомогою метра, а не позначає облік загалом. До випадків вживання різних прийменників (що може впливати на форму пов'язаних слів) належать такі приклади: оригінальне словосполучення «[Інфраструктура національних мереж] багатьох країн» передано автором і перекладачем Google Translate за допомогою прийменника «of» «*of many countries*», тоді як DeepL використав прийменник «in» «*in many countries*»; оригінальна фраза «інструменти для моніторингу та контролю» була перекладена автором як «*tools to monitor and control*», а машинними перекладачами як «*tools for monitoring and controlling*». До випадків зміни структури речення, які можуть включати також обидва випадки синонімії та/або вживання прийменників, належать такі приклади: оригінальна фраза «класичні технології виробництва, передачі та розподілу електроенергії» була перекладена автором з використанням прийменників «of» «*classic technologies of production, transmission and distribution of electricity*», Google Translate використав прийменник «for» та додатковий артикль «the» «*classic technologies for the production, transmission and distribution of electricity*», DeepL запропонував унікальний варіант із використанням прийменника «for» та утворення атрибутивного словосполучення «*classical technologies for electricity generation, transmission and distribution*»; до цієї категорії належать також перестановки, так, конструкція «З іншого боку, технології розумних мереж Smart Grid...» на початку речення в оригіналі, еталонному та машинному перекладі Google Translate «*On the other hand, Smart Grid technologies...*» стає в середину речення у перекладі DeepL «*Smart Grid technologies, on the other hand,...*»; все речення оригіналу «Щоб можна було заздалегідь виявити вразливості та вжити необхідних заходів.», яке перекладено автором у такий спосіб, що є частиною попереднього речення «...so that vulnerabilities can be identified in advance and the necessary measures taken.», повністю змінює свою структуру у перекладі Google Translate на «*So that it is possible to detect vulnerabilities in*

advance and *take the necessary measures.*», хоча переклад DeepL залишається ближчим до еталонного «So that vulnerabilities *can be identified* in advance and necessary measures *can be taken.*»; у останньому реченні фраза «пропозиції з метою перетворення їх класичної системи електромереж», яка в еталонному перекладі має такий вигляд «*suggestions for transforming their classic power grid system*», у перекладі DeepL набуває такого вигляду із використанням розширеної форми інфінітиву мети «in order to» «*suggestions in order to transform their classic power grid system*», і майже такого ж вигляду у перекладі Google Translate із інфінітивом мети «*suggestions to transform their traditional power grid system*». Окрім усього вище переліченого системи МП також вдаються до вилучення слів задля уникнення повторів, так, у останніх рядках 13–14 оригінальну фразу «систему інтелектуальних мереж Smart Grid» автор перекладає таким чином «a Smart Grid grid system», а системи МП DeepL і Google Translate скорочують до «a Smart Grid system».

Обидва проаналізовані машинні переклади забезпечують ясність і чіткість, притаманні оригіналу та еталонному перекладу та не містять випадків спотворення чи перекручення інформації, викладеної в оригіналі, а отже є перекладами високої якості.

На Рис. 2.10. подано оцінки якості машинного перекладу за метрикою BLEU двох перекладів, виконаних програмами DeepL (колір оцінки – синій) та Google Translate (колір оцінки – зелений). Відповідно до даних, наведених у Таблиці 2.1., обидва машинні переклади можна класифікувати як якісні та еквівалентні, із яких переклад системи МП DeepL є більш наближеним до еталонного, а отже є кращим за переклад системи МП Google Translate.

BLEU:	58.89	51.44
Precision x brevity:	58.89 x 100.00	51.44 x 100.00
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	73.88 62.72 54.63 47.50	65.03 54.67 47.50 41.46
Cumulative	73.88 68.07 63.26 58.89	65.03 59.63 55.27 51.44
Export data	CSV	

Рис. 2.10. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів шостого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Як і у попередніх текстах, відмінності між еталонним перекладом та машинними розподіляються на п'ять виділених нами категорій. Однак, враховуючи обсяг тексту, а також те, що переважна більшість виділених змін не є унікальною, у аналізі шостого тексту ми наведемо лише перші приклади до кожної із категорій, а також приклади змін, які не підпадають під жодну категорію, якщо такі трапляться. До випадків синонімії, яка не спотворює зміст оригіналу відносяться такі приклади: оригінальне «У роботі розглядається...» в еталонному перекладі стало «*The article considers...*», в перекладі DeepL – «*This paper considers...*», а в перекладі Google Translate – «*The paper considers...*» (тут і далі див. Додаток Ж). До випадків синонімії, яка впливає на сприйняття тексту належать такі приклади (переважно до них входять випадки термінологічної синонімії): оригінальне «бікомплексне обчислення» в еталонному перекладі та перекладі Google Translate передане як «*bicomplex calculation*», а в перекладі DeepL – «*bicomplex computation*». До випадків хибного вживання термінів належать такі приклади: там, де автор в оригіналі використовує аббревіатуру «ВДЕ (відновлювані джерела енергії)», в еталонному перекладі і перекладі програми DeepL вжито повне словосполучення «*renewable energy sources*», в перекладі програми Google Translate на цьому місці стоїть транслітерована українська аббревіатура «*VDE*», що є помилкою, оскільки не відповідає існуючій аббревіатурі цього терміну. До випадків вживання різних прийменників (що може впливати на форму пов'язаних слів) належать такі приклади: оригінальна фраза «...для розрахунку інваріантних систем електропостачання» була перекладена автором як «...*for calculating the invariant power supply systems*», а машинними перекладачами як «...*for the calculation of invariant power supply systems*». До випадків зміни структури речення, які можуть включати також обидва випадки синонімії та/або вживання прийменників, належать такі

приклад: речення оригіналу «Сучасні системи електропостачання на основі ВДЕ є нелінійними системами, в яких мають місце складні перехідні процеси та можливе виникнення критичних та хаотичних режимів.», автор переклав у такий спосіб «*Modern energy supply systems based on renewable energy sources have non-linear systems with complex transients and possible critical and chaotic regimes.*», тоді як програма DeepL обрала відмінний шлях «*Modern power supply systems based on renewable energy sources are nonlinear systems with complex transients and the possibility of critical and chaotic modes.*», відрізняється і переклад, зроблений програмою Google Translate «*Modern power supply systems based on VDE are non-linear systems in which complex transient processes take place and the emergence of critical and chaotic modes is possible.*». Оскільки автор в оригіналі використовував аббревіатуру «ВДЕ» на позначення терміну «відновлювані джерела енергії», а перекладі вживав термін без скорочення, то у 2 рядку спостерігаємо ситуацію, коли в еталонному перекладі текст закінчується словом «...sources.», а в машинних перекладах, які переклали всі слова оригіналу, присутня також перекладена аббревіатура «...sources (RES).».

Отже, більшість виділених онлайн калькулятором розбіжностей була спричинена зсувами, які виникали внаслідок використання різних прийомів перекладу, як наприклад вживання прийменників «of», «for», «with» чи заміна конструкції на атрибутивне словосполучення або герундій, змін у структурі речень, іноді вилучень або додавань тощо. Таким чином переклад, виконаний Google Translate, ми відносимо у категорію перекладів хорошої якості, а переклад, виконаний DeepL – високої якості.

На Рис. 2.11 відображено результати оцінювання якості машинних перекладів сьомого тексту, виконаних програмами DeepL (синє число) і Google Translate (зелене число) за метрикою BLEU. Оцінка BLEU перекладу, виконаного Google Translate, є трохи вищою за оцінку BLEU машинного перекладу, виконаного DeepL, але не настільки суттєво її перевищує, щоб віднести цей переклад до іншої категорії.

BLEU:	15.77	16.98
Precision x brevity:	18.00 x 87.62	17.46 x 97.27
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	37.63 19.48 13.81 10.38	35.38 18.18 13.38 10.79
Cumulative	32.97 23.72 18.95 15.77	34.42 24.67 19.94 16.98
Export data	CSV	

Рис. 2.11. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів сьомого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Ситуація із машинними перекладами сьомого тексту така ж як і у машинних перекладів другого та третього текстів, тобто перші декілька рядків (у даному тексті – перші сім рядків) є доволі близькими до еталонного перекладу (див. Додаток И), однак в наступних рядках автор використовує нетипові для машинних перекладачів, які, як вже зазначалось, сильно схиляються до послівного перекладу, рідко вдаючись до трансформацій поза заміною слова на синонім чи додавання або вилучення артикля, прийоми, тим самим ставлячи серйозний виклик перед сучасними нейронними системами машинного перекладу, із яким вони поки не в змозі впоратися. Це відносить машинні переклади сьомого тексту, зроблені програмами DeepL і Google Translate, до категорії перекладів зі зрозумілою суттю, але не видавничою якістю.

На Рис. 2.12. наведено результати оцінювання машинних перекладів восьмого тексту відповідно до критеріїв метрики BLEU. Обидва результати, отримані для машинних перекладів, виконаних системами машинного перекладу DeepL (зліва) і Google Translate (справа), є найнижчими для кожної системи відповідно з-поміж усіх результатів проведеного оцінювання.

BLEU:	5.02	13.87
Precision x brevity:	6.96 x 72.07	17.75 x 78.12
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	25.86 5.74 4.30 3.68	31.17 16.52 14.93 12.92
Cumulative	18.64 8.78 6.21 5.02	24.35 17.73 15.42 13.87
Export data	CSV	

Рис. 2.12. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів восьмого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Спираючись на Таблицю 2.1., ми мали б віднести машинні переклади восьмого тексту до категорії майже непридатних або важко зрозумілих перекладів. Утім під час детального аналізу того, що спричинило такі результати і в чому полягають настільки різні відмінності між еталонним авторським перекладом і обома машинними (див. Додаток К), ми дійшли висновку, що причиною цьому є високий рівень буквальності машинного перекладу, виконаного обома системами в дослідженні, що потягло за собою подовження речень, використання відмінних від еталону конструкцій зворотів, порядку слів у реченні тощо. Не було знайдено грубих помилок, які б спотворювали зміст оригіналу і робили переклад непридатним до прочитання, але рівень еталонного перекладу беззаперечно вищий, тому ми відносимо машинні переклади восьмого тексту, виконані програмами DeepL і Google Translate, до категорії зрозумілого змісту, але ознайомчої, а не видавничої якості.

На Рис. 2.13. зображено результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів дев'ятого тексту, де синім кольором написана оцінка перекладу, отриманого від системи машинного перекладу DeepL, а зеленим – Google Translate. Відповідно до ранжування оцінок у Таблиці 2.1. обидва результати відносяться до категорії, яка включає в себе переклади від просто зрозумілих до таких, що мають хорошу якість, де переклад, виконаний DeepL, є ближчим до просто зрозумілих перекладів, а виконаний Google Translate – до перекладів задовільної якості.

BLEU:	28.49	37.21
Precision x brevity:	29.69 x 95.94	38.79 x 95.94
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	52.28 33.33 24.14 18.48	58.51 43.24 34.48 25.95
Cumulative	50.16 40.05 33.36 28.49	56.13 48.25 42.55 37.21
Export data	CSV	

Рис. 2.13. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів дев'ятого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Відмінності між еталонним та машинними перекладами були погруповані у визначені категорії. До випадків синонімії, яка не спотворює зміст оригіналу відносяться такі приклади: оригінальне «Робота», передане в еталонному перекладі «*This work*», DeepL переклав як «*This paper*», а Google Translate – як «*The work*» (тут і далі див. Додаток Л). До випадків синонімії, яка впливає на сприйняття тексту належать такі приклади (переважно до них входять випадки термінологічної синонімії): оригінальне «обґрунтування» в еталонному перекладі та перекладі Google Translate передане словом «*substantiating*», а в перекладі DeepL – більш буквальним відповідником «*justifying*». До випадків вживання різних прийменників (що може впливати на форму пов'язаних слів) належать такі приклади: оригінальна фраза «оптимальної величини потужності трансформаторів» і автором у еталонному перекладі та перекладі Google Translate «*optimal power value of transformers*», і перекладачем DeepL «*optimal value of transformer power*» перекладена з використанням прийменника «*of*», але його позиції всередині фрази відрізняються. До випадків зміни структури речення, які можуть включати також обидва випадки синонімії та/або вживання прийменників, належать такі приклади: оригінальна фраза «*Підбираючи трансформатор...*» була перекладена автором з використанням прийменника «*of*» «*During the selection of the transformer...*», тоді як обидва машинних переклади були виконані із вживанням герундію «*When selecting a transformer...*». Подальші розбіжності викликані зсувами, змінами будови речень із використанням синонімів до вжитих автором слів, де найбільше перефразувань оригінального тексту знаходимо у перекладі від системи МП DeepL, також присутні поодинокі випадки додавання або вилучення порівняно із еталоном (тобто дослівного перекладу оригіналу, де автор вирішив додати або вилучити ті чи ті слова й фрази зі свого перекладу). Випадки термінологічної

синонімії включають як внутрішньогалузеву, так і загальнонаукову синонімії. Випадків хибного вживання термінів, як продемонстровано у першому тексті, не знайдено.

Отже, оцінки якості машинного перекладу дев'ятого тесту знову доводять, що системи машинного перекладу часто вдаються до буквального, майже послівного, перекладу, і хоча фактичних грубих помилок у них не спостерігається, вони відходять від еталонного перекладу, виконаного людиною на основі правил та власного авторського бачення, що сильно знижує підсумковий бал і відносить відповідні машинні переклади до категорії перекладів зрозумілих, але нижчої якості.

На Рис. 2.14. зображено результати оцінювання машинних перекладів десятого тексту від систем DeepL і Google Translate за допомогою метрики BLEU. Відповідно до Таблиці 2.1, отримані числа свідчать про високу якість обох перекладів, де переклад, виконаний Google Translate, оцінений вище, тобто є ближчим до еталонного перекладу.

BLEU:	56.85	64.64
Precision x brevity:	56.85 x 100.00	64.64 x 100.00
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	77.12 61.11 50.00 44.32	74.38 68.47 62.38 54.95
Cumulative	77.12 68.65 61.77 56.85	74.38 71.36 68.23 64.64
Export data	CSV	

Рис. 2.14. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів десятого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Розбіжності машинних перекладів з оригіналом підпадають під уже визначені категорії. До випадків синонімії, яка впливає на сприйняття тексту належать такі приклади (переважно до них входять випадки термінологічної синонімії): оригінальне словосполучення «електричної енергії» в еталонному перекладі передано одним словом «energy», так само, як і синонім в перекладі DeepL «electricity», а в перекладі Google Translate – двома «electrical energy» (тут і далі див. Додаток М); оригінальне «задач» в

еталонному перекладі та перекладі Google Translate перекладене словом «problems», а в перекладі DeepL – словом «tasks». До випадків вживання різних прийменників (що може впливати на форму пов'язаних слів) належать такі приклади: оригінальна фраза «зменшилась в тричі» була перекладена автором і програмою Google Translate із використанням прийменника «by» «decreased *by* three times», а програмою DeepL – без прийменника «decreased three times». До випадків зміни структури речення, які можуть включати також обидва випадки синонімії та/або вживання прийменників, належать такі приклади: оригінальне речення є безособовим і вживає дієслово на -но «В дослідженні *запропоновано...*», яке автор вирішив передати минулим часом активного стану у своєму перекладі «*This study proposed...*», тоді як обидва машинні перекладачі вжили теперішній час пасивного стану і означений артикль замість вказівного займенника «*The study proposes...*»; оригінальне словосполучення «для розрахунку та прогнозування» передано автором і перекладачем Google Translate за допомогою прийменника «for» «*for calculating and forecasting*», тоді як DeepL використав інфінітив мети «to» «*to calculate and predict*»; оригінальна фраза «було розроблено» в еталонному перекладі та перекладі Google Translate передана за допомогою Past Simple Passive «*were developed*», а в перекладі DeepL – Present Perfect Passive «*have been developed*»; те, що в оригіналі звучало як «...розрахунку втрат за коефіцієнтами літнього та зимового максимуму навантаження.», було перекладено автором і Google Translate як «...calculating losses *based on* summer and winter *peak load coefficients*.», а DeepL як «...calculating losses *by the coefficients of* summer and winter *maximum load*.».

Отже, у машинних перекладах десятого тексту основні зміни стосувались більше структури речення та використання граматичних часів, ніж вживання синонімів, що забезпечило високу оцінку та подальше віднесення обох перекладів, виконаних системами МП до категорії перекладів високої якості.

На Рис. 2.15. результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів одинадцятого тексту, де зеленим позначено оцінку машинного перекладу Google Translate, а синім – DeepL, є найбільш незвичними з усієї вибірки. Оскільки повна розбіжність тексту машинного перекладу із еталонним людським перекладом, як у попередніх текстах, не викликає здивування і є майже очікуваною для якісного фахового перекладу на основі правил, то зворотна ситуація із майже стовідсотковим збігом еталону та машинного перекладу є доволі унікальним явищем. Спираючись на досвід отриманий під час аналізу попередніх текстів та теоретичний матеріал, викладений у першому розділі, можна дійти висновку, що переклад, представлений у статті автором, є машинним перекладом, виконаним Google Translate, із мінімальними редагуваннями, а так як системи DeepL і Google Translate використовують різні підходи до перекладу, то оцінка BLEU для перекладу першої системи МП є хоч і високою, але не ідентичною оцінці BLEU для перекладу другої системи.

BLEU:	58.19	90.50
Precision x brevity:	60.75 x 95.79	90.50 x 100.00
Type	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram	1-gram 2-gram 3-gram 4-gram
Individual	80.11 64.91 55.13 47.52	94.92 91.21 89.22 86.84
Cumulative	76.74 69.07 63.16 58.19	94.92 93.05 91.75 90.50
Export data	CSV	

Рис. 2.15. Результати оцінки BLEU для двох машинних перекладів одинадцятого тексту (синій – DeepL, зелений – Google Translate)

Незважаючи на вище написане, відмінності між еталонним перекладом та обома машинними існують. До випадків синонімії, яка не спотворює зміст оригіналу відносяться такі приклади: оригінальне «закарстованих [породних блоках]» в еталонному перекладі і перекладі Google Translate передано як «karst», а в перекладі DeepL – його менш вживаним синонімом «karstic» (тут і далі див. Додаток Н); оригінальне «масивів [гірських порід]» в еталонному перекладі і перекладі Google Translate передано як «[rock] massifs», а в

перекладі DeepL – його узагальненим синонімом «[rock] masses»; оригінальне «досліджень» в еталонному перекладі і перекладі Google Translate передано як «research», а в перекладі DeepL – його синонімом «studies». До випадків синонімії, яка впливає на сприйняття тексту належать такі приклади (переважно до них входять випадки термінологічної синонімії): оригінальне «бурового станка» в еталонному перекладі і перекладі Google Translate передано як «drilling machine», а в перекладі DeepL – його звуженим синонімом «drilling rig»; оригінальне «процесу їх буріння» в еталонному перекладі і перекладі Google Translate передано із використанням прийменника «their» «of their drilling process», а в перекладі DeepL – артикля «the» «of the drilling process». До випадків вживання різних прийменників (що може впливати на форму пов'язаних слів) належать такі приклади: оригінальну фразу «в процесі буріння» автор і програма Google Translate перекладають як «during the drilling», а DeepL використовує формулювання із прийменником «in» «in the process of drilling»; оригінальне словосполучення «потужності обертача бурового станка» передано автором і перекладачем Google Translate за допомогою прийменника «of» «rotary power of the drilling machine», тоді як DeepL використав атрибутивне словосполучення, а також синоніми деяких термінів «drill rig rotator power»; оригінальне словосполучення «визначення геологічних структур [колонок свердловин]» передано автором і перекладачем Google Translate за допомогою прийменника «of» «determination of the geological structures...», тоді як DeepL використав герундій «determining the geological structures...». До випадків зміни структури речення, які можуть включати також обидва випадки синонімії та/або вживання прийменників, належать такі приклади: оригінальне речення «В статті для оцінки рівня енергоспоживання буровим станком запропоновано використання критерію енергоємності процесу буріння свердловин.» передано автором так «In the article, the use of the criterion of energy intensity of the well drilling process is proposed to assess the level of energy consumption by the drilling rig.», до чого дуже наближеним є

переклад Google Translate «*In the article, the use of the energy intensity criterion of the well drilling process is proposed to assess the level of energy consumption by the drilling rig.*», тоді як перекладач DeepL застосовує прийом перестановки та змінює Passive Voice еталонного перекладу на Active Voice «*The paper proposes to use the criterion of energy intensity of the well drilling process to assess the level of energy consumption by a drilling rig.*»; оригінальну фразу «встановлена [залежність потужності обертача бурового станка] від продуктивності буріння свердловин» передано автором і перекладачем Google Translate за допомогою прийменника «of» «*on the productivity of drilling wells was established*», тоді як DeepL використав атрибутивне словосполучення та синонімію «*on the well drilling performance was established*»; оригінальна фраза «[Результати ... досліджень] дозволяють розробляти конструкції свердловинних зарядів для ефективного та безпечного руйнування...» у еталонному перекладі має такий вигляд «*allow the development of designs of well charges for effective and safe destruction...*», натомість переклад від Google Translate має такий вигляд «*make it possible to develop the designs of well charges for the effective and safe destruction...*», а від DeepL – такий «*allow us to develop the design of downhole charges for the efficient and safe destruction...*».

Отже, враховуючи все вищевикладене, важко зробити неупереджений висновок про якість машинного перекладу цього тексту, втім, використовуючи висновки, зроблені до попередніх текстів та здобутий професійний досвід, виносимо рішення, що обидва машинних переклади належать до категорії перекладів високої якості, оскільки автор вирішив включити один із них до своєї публікації майже без змін.

Загальна середня оцінка BLEU для всіх проаналізованих перекладів DeepL була обчислена шляхом додавання оцінок кожного перекладу та ділення суми на 11 (їхнє загальне число), і складає 35,63, а для Google Translate – 38,33. Оцінка якості машинного перекладу BLEU для перекладів, виконаних системою МП Google Translate, є вищою за оцінку BLEU для

перекладів DeepL, що може свідчити про два факти: по-перше, система машинного перекладу Google Translate забезпечує більш точні і відповідно більш якісні переклади, ніж DeepL, по-друге, науковці, перекладаючи свої роботи, частіше використовують Google Translate, враховуючи його багаторічну високу репутацію (а також ексклюзивність, оскільки довгий час лише цей машинний перекладач був доступний безкоштовно, з великою кількістю мов та постійними оновленнями на краще), порівняно із більш новим і (відносно) менш відомим, хоча загалом і не гіршим, а таким, що знаходиться на рівні Google Translate і лише має менше мов, машинним перекладачем DeepL. Незвичайним результатом проведеного дослідження є те, що переклади менших за обсягом текстів отримали вищі оцінки, порівняно із тими, які були більшими, тобто були визначені як більш якісні, хоча з перекладацької точки зору між структурами та класичними прийомами, використаними у машинних перекладах, настільки суттєвої різниці не було, оскільки системи МП були послідовними у використанні тих чи тих технік перекладу. Цей феномен є досить цікавим і може слугувати джерелом подальших досліджень.

Отже, відповідно до отриманих оцінок, обидві системи машинного перекладу, використані в дослідженні, на даному етапі свого розвитку забезпечують переклади задовільної якості, які виконують покладену на них інформаційну функцію, однак багато в чому є буквальними (зокрема переклади, виконані Google Translate), із використанням невластивої мові перекладу граматики, а також деякими помилками у використанні вузькоспеціалізованої термінології (у нашій роботі – електроенергетичної галузі). Так, тексти, отримані в результаті роботи систем МП, рекомендовано використовувати для ознайомлення, а для публікації додатково залучати фахового перекладача або редактора, які усунуть всі помилки, неточності та адаптують текст до адекватного сприйняття цільовою аудиторією.

2.2. TER

Метрика TER (англ. Translation Edit Rate) – це показник, який використовують експерти з машинного перекладу для оцінювання обсягу постредагування, необхідного для нормалізації звучання машинного перекладу. TER підраховує кількість кроків, необхідних для зміни перекладеного речення відповідно до одного з еталонних перекладів. За даними Метью Сновера, метрика обчислює кількість модифікацій (додавань, вилучень, перестановок/зсувів і замінів), необхідних для перетворення тесту, створеного МП, на еталонний. Цей показник демонструє, скільки людині доведеться змінити в результатах машинного перекладу, щоб зробити його ідентичним до конкретного еталонного перекладу [49, с. 3].

На відміну від описаного вище BLEU, TER не може одночасно використовувати декілька еталонних текстів для проведення оцінювання. Якщо ж до одного тексту подано два і більше еталонних переклади, то отриманий машинний переклад алгоритм порівнює із кожним еталонним перекладом окремо. TER обчислюють за такою формулою [49, с. 3]:

$$TER = \frac{\# \text{ редагувань}}{\text{середня } \# \text{ еталонних слів}} * 100,$$

де # позначає кількість. Тобто вся кількість редагувань має бути поділена на середню кількість слів в еталонному перекладі, а отримане після ділення число – помножене на 100, у такий спосіб отримані результати коливаються від 0 до нескінченности. Чим вищу оцінку отримано, тим далі переклад знаходиться від оригіналу і тим більше потребує постредагування. Так само як і BLEU, TER може застосовуватися для будь-якої мови.

Українські науковці В. Яковина та В. Масюкевич із Національного університету “Львівська політехніка” наводять таку розширену формулу [22, с. 105]:

$$TER = \frac{SUB + INS + DEL + SHIFT}{N},$$

де SUB – кількість заміни, INS – кількість вставок, DEL – кількість видалень, SHIFT – кількість зсувів, N – середня кількість слів у еталонному перекладі. Як бачимо, вона відрізняється від попередньої тим, що розкрито, які зміни враховуються під час обчислення, також включені зсуви, які забезпечують більш точний розрахунок, але відсутня дія множення на сто, яка полегшує прочитання результатів.

Оскільки жодна зі статей не конкретизує, як обчислювати середню кількість слів еталонного перекладу, якщо він лише один, то у нашому дослідженні знаменником буде повна кількість слів у еталонному перекладі, а чисельником – повна кількість необхідних змін (порахована за допомогою виділення змін в калькуляторі оцінки BLEU із попереднього підрозділу) разом зі змінами, спричиненими зсувами; також буде виконане множення на 100, для підвищення наочності та зрозумілості отриманих результатів. Варто зазначити, що до повної кількості необхідних змін ми відносимо не лише слова, але й розділові знаки: крапки, коми, двокрапки, крапку з комою, дефіс, тире, лапки, дужки.

Порахувавши у такий спосіб усі відмінності, які онлайн калькулятор оцінки BLEU виділив червоним (одне виділене слово чи розділовий знак = 1), між перекладом, виконаним системою машинного перекладу DeepL, та еталонним людським перекладом, отримали число 45 – це та кількість змін, яку за формулою необхідно поділити на кількість слів еталонного перекладу, а результат помножити на 100. До змін, які враховувалися для отримання числа в чисельнику, входили додавання артиклів, перефразування, синоніми, заміна термінів, зайві розділові знаки, розбіжності внаслідок зсувів. Розрахунки оцінки TER для перекладу DeepL першого тексту виглядають так:

$$TER_{dpl} = \frac{45}{161} * 100$$

$$TER_{dpl} = 27,95$$

Оскільки за метрикою TER, чим менше оцінка, тим менше кроків потрібно, щоб довести результат машинного перекладу до взятого за ідеал еталонного перекладу, то отримані результати свідчать про високу якість машинного перекладу від системи МП DeepL.

Усі типи названих вище змін були порашовані і в перекладі, виконаному системою машинного перекладу Google Translate, їхня кількість виявилась вищою і склала 68, тому розрахунки виглядають так:

$$TER_{gl} = \frac{68}{161} * 100$$

$$TER_{gl} = 42,24$$

Як можна побачити із наведеного вище, оцінка TER для перекладу Google Translate першого тексту є вищою за оцінку, отриману DeepL, що означає необхідність внесення більшої кількості змін і відповідно нижчу якість перекладу, виконаного Google Translate. Основною причиною цього є, окрім зсувів, більший обсяг буквально перекладених уривків, які в перекладі системою DeepL та в еталонному перекладі часто перефразувалися задля максимальної ефективності донесення змісту повідомлення та його при цьому скорочення.

Загалом, оцінки TER, отримані обома машинними перекладами є середньо-низькими, що свідчить на користь якості перекладів, виконаних цими двома машинними перекладачами, і відносить ці конкретні переклади до категорії перекладів хорошої якості.

Для машинного перекладу другого тексту, виконаного програмою DeepL розрахована нижче оцінка TER є однією із найгірших отриманих оцінок:

$$TER_{dpl} = \frac{238}{382} * 100$$

$$TER_{dpl} = 62,3$$

Оцінка TER для машинного перекладу другого тексту системою машинного перекладу Google Translate є найгіршою з-поміж усіх оцінок для

перекладів, виконаних цією системою в рамках проведеного дослідження, що продемонстровано розрахунками внизу. Це корелює із оцінкою BLEU цього перекладу, яка також є нижчою, за відповідну оцінку перекладу програми DeepL:

$$TER_{gl} = \frac{262}{382} * 100$$

$$TER_{gl} = 68,59$$

Кількість необхідних змін у більше ніж дві третіх від загального обсягу слів в еталонному перекладі означає, що ледь не кожне друге-третє слово необхідно змінити: або перемістивши на рівні тексту, або використавши іншу конструкцію з відмінними правилами узгодження та керування, або взагалі його замінивши синонімом, – що може зайняти стільки ж часу, як і написання перекладу з нуля. Хоча обидва машинні переклади не допускають грубих помилок у передачі змісту оригіналу, але і не є тими чернетками, які могли б якісно пришвидшити процес перекладу. Саме тому обидва машинні переклади другого тексту були класифіковані як тексти ознайомчої якості.

Переклади третього тексту, виконані системами машинного перекладу DeepL та Google Translate, містять багато розбіжностей із еталонним перекладом, які складають майже одну третю від загальної кількості слів еталонного перекладу, як показано в обчисленнях нижче:

$$TER_{dpl} = \frac{181}{286} * 100$$

$$TER_{dpl} = 63,29$$

Переклад, отриманий від програми Google Translate, є на 0,7 бала краще, ніж переклад, отриманий від програми DeepL, однак це суттєво не впливає на загальний рівень його якості:

$$TER_{gl} = \frac{179}{286} * 100$$

$$TER_{gl} = 62,59$$

Результати обчислень для машинних перекладів третього тексту є одними із найнижчих серед усіх текстів, які було проаналізовано під час нашого дослідження. Це зумовлено великою кількістю необхідних змін, які в цих перекладах зводяться до перестановок, додавань, вилучень або заміни слів на їхні синоніми.

Оцінка TER машинних перекладів, яка перевищує 35–45 балів, означає, що перекладачу або редактору знадобиться більше часу для доведення цього перекладу до рівня еталонного, що у випадку отримання балів, які перевищують позначку у 75 є занадто обтяжливо і не вигідно. Отже, переклади третього тексту, виконані DeepL і Google Translate відносяться до перекладів ознайомчої якості.

Переклад четвертого тексту, виконаний програмою DeepL є близьким до еталонного і не потребує великого обсягу постредагувань, як видно із результатів обчислення його оцінки TER, наведених нижче:

$$TER_{dpl} = \frac{233}{661} * 100$$

$$TER_{dpl} = 35,25$$

Натомість переклад четвертого тексту, виконаний програмою Google Translate, потребує в 1,5 рази більше роботи, що демонструють розрахунки внизу:

$$TER_{gl} = \frac{361}{661} * 100$$

$$TER_{gl} = 54,61$$

Таким чином, відповідно до теоретичної інформації, викладеної вище, можна дійти висновку, що із завданнями, які ставив четвертий текст до перекладу, краще впоралася програма DeepL, тоді як тест, отриманий від Google Translate, потребує більше часу на редагування, щоб досягти рівня еталонного перекладу. Отже, переклад від DeepL є перекладом високої якості, а переклад від Google Translate – задовільної.

Підраховувавши усі зміни у перекладах п'ятого тексту, виконаних системами МП DeepL і Google Translate, включаючи ті, які спричинені описками автора, та усі інші вищезгадані (зсуви, розділові знаки, артиклі, прийменники, форми слів і зміни в структурі речень) необхідні редагування, ми отримали числа 61 та 63 для перекладів, виконаних кожною відповідною системою. Цікавим є те, що оцінка BLEU для перекладу Google Translate була вищою за оцінку DeepL, що означало кращу якість першого перекладу і його більшу відповідність еталонному перекладу, однак саме цей переклад потребував більше редагувань, що призвело до гіршої оцінки TER, як показано на розрахунках нижче:

$$TER_{dpl} = \frac{61}{160} * 100$$

$$TER_{dpl} = 38,125$$

$$TER_{gl} = \frac{63}{160} * 100$$

$$TER_{gl} = 39,375$$

Отримані оцінки є середніми, але ближчими до низьких, що свідчить про те, що машинні переклади є якісними та потребують небагато часу на редагування до досягнення вигляду еталонного перекладу, що є вагомим полегшенням роботи перекладача, на відміну від тестів, які доведеться переписувати мало не з нуля.

Як видно із наведених нижче підрахунків, обсяг необхідних редагувань машинних перекладів шостого тексту складає приблизно одну третю від загальної кількості слів еталонного перекладу:

$$TER_{dpl} = \frac{98}{340} * 100$$

$$TER_{dpl} = 28,82$$

$$TER_{gl} = \frac{120}{340} * 100$$

$$TER_{gl} = 35,29$$

Це є високим показником, одним із найвищих і, відповідно, найкращих серед усіх проаналізованих текстів. Як відображено у чисельному еквіваленті, переклад, зроблений системою МП DeepL, потребує менше постредагувань, ніж переклад, зроблений системою Google Translate, що свідчить про його вищу якість і повністю узгоджується із оцінкою BLEU цього ж перекладу у розділі 2.1.

Таким чином, обидва машинні переклади шостого тексту мають високу якість, але DeepL виконав поставлені завдання краще.

Нижче представлені розрахунки оцінки TER для машинних перекладів сьомого тексту системами DeepL та Google Translate:

$$TER_{dpl} = \frac{173}{303} * 100$$

$$TER_{dpl} = 57,1$$

$$TER_{gl} = \frac{196}{303} * 100$$

$$TER_{gl} = 64,69$$

Обидва числа, отримані в результаті обчислень, є високими, що свідчить про великий обсяг необхідних редагувань і відповідно нижчу якість проаналізованих перекладів. Отже через це, навіть за відсутності фактичних помилок у текстах обох машинних перекладів, їх не можна віднести до перекладів задовільної якості, а лише до перекладів ознайомчої якості.

Оцінка TER для машинного перекладу восьмого тексту системою машинного перекладу DeepL є найгіршою з-поміж усіх оцінок для перекладів, виконаних цією системою в рамках проведеного дослідження, що продемонстровано розрахунками внизу:

$$TER_{dpl} = \frac{174}{272} * 100$$

$$TER_{dpl} = 63,97$$

Втім, і для машинного перекладу Google Translate це є однією із найгірших отриманих оцінок:

$$TER_{gl} = \frac{161}{272} * 100$$

$$TER_{gl} = 59,19$$

Загальна кількість необхідних змін для кожного машинного перекладу перевищує дві третини від загального обсягу слів еталонного перекладу із яким проводилось порівняння. Це означає, що, окрім збігів у окремих прийменниках, сполучниках, артиклях і вкрай рідко словах чи словосполученнях, весь отриманий після роботи системи МП текст необхідно було б переписати повністю, оскільки така повна розбіжність у текстах спричинена великою кількістю перестановок і синонімії. І хоча переклади Google Translate та DeepL прямо не суперечать оригіналу, але не забезпечують якісного перекладу восьмого тексту, тому відносяться до категорії перекладів, суть яких зрозуміла, але вони далекі від «видавничої» якості.

Більшість розбіжностей між машинними перекладами та еталонним перекладом дев'ятого тексту були спричинені високою буквальністю перших, що призвело до великої кількості перебудов у структурах речень та частотного вживання синонімів і становило майже половину від загальної кількості слів авторського перекладу, як чітко видно з розрахунків нижче:

$$TER_{dpl} = \frac{103}{231} * 100$$

$$TER_{dpl} = 44,59$$

$$TER_{gl} = \frac{87}{231} * 100$$

$$TER_{gl} = 37,66$$

Загалом машинні переклади не містили фактичних чи грубих помилок, тому їх відповідні оцінки є середніми і засвідчують їх задовільну якість.

Усі зміни в десятому тексті стосувалися переважно структури речення, тому їх число було найменшим, порівняно із іншими текстами, за винятком одинадцятого. Як і у випадку п'ятого тексту оцінка BLEU для перекладу

Google Translate була вищою за оцінку DeepL, що означало кращу якість першого перекладу і його більшу відповідність еталонному перекладу, однак саме цей переклад потребував більше редагувань, що призвело до гіршої оцінки TER, як показано на розрахунках нижче:

$$TER_{dpl} = \frac{24}{109} * 100$$

$$TER_{dpl} = 22,02$$

$$TER_{gl} = \frac{30}{109} * 100$$

$$TER_{gl} = 27,52$$

Отримані внаслідок розрахунків оцінки якості машинних перекладів за допомогою метрики автоматизованого оцінювання машинних перекладів TER належать до категорії таких, що означають високу якість перекладів, відповідно, переклади десятого тексту, виконані DeepL і Google Translate, є перекладами високої якості.

Машинні переклади одинадцятого тексту були майже ідентичними до еталонного перекладу із більшою кількістю відмінностей у перекладі, виконаному програмою DeepL, що видно із розрахунків нижче:

$$TER_{dpl} = \frac{34}{185} * 100$$

$$TER_{dpl} = 18,38$$

Переклад, виконаний програмою Google Translate, містив найменше відмінностей із усіх проаналізованих машинних перекладів обох систем, як видно із нижченаведених розрахунків:

$$TER_{gl} = \frac{9}{185} * 100$$

$$TER_{gl} = 4,86$$

Отримані оцінки є рекордно низькими, що із великою вірогідністю свідчить про те, що автор скористався машинним перекладом від системи МП Google Translate, внівши мінімальні редагування. Однак це також є

показником того, що текст машинного перекладу був достатньо точним, щоб задовольнити авторські вимоги і бути включеним до наукової статті.

Для оцінок TER машинних перекладів, виконаних DeepL і Google Translate також було розраховано загальні середні бали шляхом додавання усіх оцінок до перекладів кожної конкретної системи МП і ділення на повну кількість проаналізованих текстів, тобто 11. Так, загальний середній бал TER для перекладів DeepL склав 47,86; а для перекладів Google Translate – 45,15. Такі оцінки, які знаходяться в середньому діапазоні, є свідченням загалом задовільної навіть хорошої якості перекладів, забезпечених системами машинного перекладу DeepL і Google Translate, де переклади, виконані програмою DeepL, потребують трохи більше редагувань, але використовують унікальніші конструкції та перефразування, у той час як переклади, виконані програмою Google Translate, є більш буквальними, але в підсумку потребують менше постредагувань.

Отже, згідно з результатами проведеного дослідження, переклади, виконані програмами машинного перекладу DeepL і Google Translate хоч і не досягають, за рідкісним винятком, рівня еталонних людських перекладів, тому не можуть бути використані самостійно без людського втручання, можуть значно полегшити роботу перекладача, забезпечивши якісну базу для постредагування.

Висновки до другого розділу

Метрика оцінювання якості машинного перекладу BLEU (англ. Bilingual Evaluation Understudy) – це статистичний показник для порівняння створеного машиною речення з еталонним реченням.

BLEU працює шляхом підрахунку кількості слів у запропонованому перекладі, які збігаються зі словами в еталонному тексті, однак синоніми не враховуються. На основі порівняння виводиться оцінка від 0 до 1 (або 0 до 100 у відсотковому співвідношенні), де 0 – це повністю відсутні збіги, а 1 – це тексти, які повністю збігаються. Середньою хорошою оцінкою вважається 0,4, а найвищою 0,7.

Перевагою метрики BLEU є те, що вона може працювати одночасно із декількома еталонними перекладами.

Метрика TER (англ. Translation Edit Rate) – це показник, який використовують експерти з машинного перекладу для оцінювання обсягу пострєдагування, необхідного для нормалізації звучання машинного перекладу.

TER підраховує кількість кроків, необхідних для зміни перекладеного речення відповідно до одного з еталонних перекладів. Відповідно, її оцінка має діапазон від нуля до нескінченості, де, на відміну від BLEU, чим оцінка вище, тим більше знадобиться пострєдагування, тобто тим більше машинний переклад відрізняється від еталонного.

Отримані оцінки BLEU для системи машинного перекладу Google Translate коливаються від найменшої 13,87 до найбільшої 90,50 із найбільшою кількістю перекладів (шість), які отримали оцінку вище 30, що відносить їх до категорії перекладів хорошої якості. Отримані оцінки BLEU для системи машинного перекладу DeepL коливаються від найменшої 5,02 до найбільшої 58,89 із найбільшою кількістю перекладів (шість), які отримали оцінку вище 30, що відносить їх до категорії перекладів задовільної якості.

Отримані оцінки TER для системи машинного перекладу Google Translate коливаються від найменшої 4,86 до найбільшої 68,59 із найменшою кількістю перекладів (два), які отримали оцінку нижче 30, що відносить їх до категорії перекладів задовільної якості. Отримані оцінки TER для системи машинного перекладу DeepL коливаються від найменшої 18,38 до найбільшої 63,97 із найменшою кількістю перекладів (чотири), які отримали оцінку нижче 30, що відносить їх до категорії перекладів хорошої якості.

Отже, машинний переклад наукових-технічних текстів електроенергетичної галузі відповідає вимогам точності та ясності, але не задовольняє вимоги стислості, чіткості та почасти літературної грамотності.

ВИСНОВКИ

Машинний переклад є відносно новою розробкою людства, але вже зараз займає велику нішу миттєвих перекладів, яка виникла під час глобалізації суспільства та суттєвого підвищення швидкості рівня життя.

Системи машинного перекладу мають багато застосувань і існують як самостійні додатки, так і розширення в браузерях, сайтах та робочих станціях перекладача, пропонуючи швидкий і недорогий переклад вмісту, який можна використовувати для загального ознайомлення, так і як чернетку для подальшого редагування, скоротивши у такий спосіб час, витрачений на процес самостійного перекладу.

У роботі було описано часові особливості розвитку машинного перекладу від перших ідей наприкінці ХХ століття до сьогодення. Так, протягом першого десятиліття (1950-ті–1960-ті роки) виникнення і розробки систем МП до них застосовувалися такі три підходи: модель «прямого перекладу», за якого в системах одному слову мови оригіналу єдиний еквівалент у мові перекладу; модель «інтерлінгви», за якої переклад відбувався в два етапи: з мови оригіналу на інтерлінгву та з інтерлінгви на мову перекладу; модель «перенесення», за якої переклад складався з трьох етапів: аналізу абстрактних репрезентацій текстів мови оригіналу, передачі їх змісту на еквівалентні абстрактні репрезентації текстів мови перекладу та синтезу готового тексту перекладу. Модель «інтерлінгви» продовжила набирати популярності у другій половині 1980-х років. З 1989 року статистичний машинний переклад (СМП) посів чільне місце у багатьох дослідженнях. На початку 1990-х років науковці дійшли згоди у тому, що задля досягнення якісного перекладу наступні моделі мають бути «гібридами», в яких поєднали одразу кілька методів: на основі правил, статистики та прикладів. У 2015 році відбувся останній на даний момент перехід до нового методу, покладеного в основу систем машинного

перекладу, – нейронного машинного перекладу, на основі штучного інтелекту, який відтоді є стандартом усіх найбільших систем МП.

На основі робіт вітчизняних та зарубіжних науковців нами було визначено поняття «машинний переклад» – це підгалузь комп'ютерної лінгвістики або обробки природної мови, яка досліджує повну автоматизацію перекладу тексту чи усного мовлення з однієї природної мови на іншу завдяки використанню програмного забезпечення. Також розкрито значення понять, які виникли на основі попереднього, а саме: «автоматизований машинний переклад», «автоматизований людський переклад», «автоматизований переклад». Так, автоматизований машинний переклад – це машинний переклад із подальшим постредагуванням та/або попереднім редагуванням; автоматизований людський переклад – це один із найпоширеніших підходів у наш час, який забезпечує високу точність перекладу за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення з такими функціями як: пропозиції машинного перекладу, керований глосарій, пам'ять перекладів; автоматизований переклад – це переклад, який залишається відповідальністю особи, але включає використання програмного забезпечення, яке може полегшувати певні його аспекти, як попереднє, проміжне чи постредагування.

Відмінність між термінами «автоматизований людський переклад» і «автоматизований переклад» полягає у тому, що перший описує явище загалом, водночас другий містить у собі більш конкретну конотацію із системами автоматизованого перекладу та робочими станціями перекладача, як наприклад: SDL Trados Studio, memoQ, XTM Cloud, Wordfast, Déjà Vu тощо.

Науково-технічні тексти є окремим стилем літератури, який визначають такі характерні риси: когнітивність, інформаційна насиченість тексту; термінологічна лексика; нейтральна лексика; повна відсутність емотивів; відсутність монологічного і діалогічного мовлення; відсутність запитальної та окличної модальности; переважання розповідних безособових

або неозначено-особових речень (інколи виклад від третьої особи); у англійськомовних текстах підметом часто є герундій або інфінітив; у англійськомовних текстах переважає пасивний стан; логічність викладу інформації забезпечує зв'язність і взаємомотивованість; загальна номінативність досягається за допомогою великої кількості іменників, іменникових і числівникових словосполучень.

Як і будь-який процес перекладу науково-технічний переклад складається з двох етапів: аналізу та синтезу. Під час синтезу для продукування готового тексту можуть використовуватися дві стратегії: прототипна та адаптивна.

Особливості наукового стилю визначають вимоги, які висувають до науково-технічних перекладів: точність (переклад змісту оригіналу, де слова набувають значень в контексті); ясність, чіткість (стиль перекладу відповідає науково-технічному стилю мови перекладу, позбавлений двозначности); стислість (забезпечує прозорість, зрозумілість); літературна грамотність (відповідає нормам мови перекладу).

Технології, на які спирається машинний переклад сьогодні, не володіють достатніми здібностями для забезпечення результатів, ідентичних до професійних людських перекладів, тому не можуть задовольнити вище описані вимоги до науково-технічного перекладу. Найбільш наближеними до бажаних результатів є переклади на основі мовних пар із англійською, оскільки саме для них проводили найбільше досліджень. Найпопулярнішими системами МП в наш час є Google Translate із підтримкою 134 мов та DeepL із підтримкою 29 мов.

Одразу після появи систем машинного перекладу на ринку постало питання про якість результатів їхньої роботи, а оскільки фахівці були не в силах задовольнити цю масивну потребу, їм на допомогу були розроблені метрики автоматичного оцінювання машинного перекладу, серед яких BLEU і TER, використані нами у цьому дослідженні.

Науково-технічні тексти є одними з найкращих для перевірки якості перекладу, особливо за допомогою метрик автоматизованої перевірки, завдяки таким своїм особливостям як проста структура речень, низька метафоричність і висока термінологізованість. Основну проблему для еквівалентного перекладу можуть становити одиниці термінологічної лексики, завдяки чому можна із високою точністю визначити якість перекладу, виконаного тією чи тією системою машинного перекладу.

Під час проведення дослідження було проаналізовано і оцінено машинний переклад 102 речень в 11 науково-технічних текстах електроенергетичної галузі.

За результатами дослідження встановлено, що результати оцінки якості перекладу Google Translate за метрикою автоматизованого оцінювання BLUE коливаються від 13,87 до 90,50, а загальна середня оцінка усіх текстів становить 38,33, що є середньо-високим результатом. За результатами дослідження встановлено, що результати оцінки якості перекладу DeepL за метрикою автоматизованого оцінювання BLUE коливаються від 5,02 до 58,89, а загальна середня оцінка усіх текстів становить 35,63, що є середнім, ближче до високого, результатом. Те, що оцінка BLUE для Google Translate є вищою за оцінку BLUE для DeepL, означає більшу наближеність машинних перекладів Google Translate до еталонних авторських перекладів і, відповідно, вищу їхню якість.

Результати оцінки якості перекладу Google Translate за метрикою автоматизованого оцінювання TER коливаються від 68,59 до 4,86, а загальна середня оцінка усіх текстів становить 45,15, що є середньо-високим результатом. За результатами дослідження встановлено, що результати оцінки якості перекладу DeepL за метрикою автоматизованого оцінювання TER коливаються від 63,97 до 18,38, а загальна середня оцінка усіх текстів становить 47,86, що є середнім, ближче до високого, результатом. Те, що оцінка TER для Google Translate є нижчою за оцінку TER для DeepL, означає,

що переклади, виконані системою машинного перекладу Google Translate, потребують меншого обсягу постредагування.

Результати автоматичного оцінювання машинного перекладу за допомогою метрики BLEU розміщено в додатках у формі таблиць, результати автоматичного оцінювання машинного перекладу за допомогою метрики TER розміщені в тексті у вигляді розрахунків за формулою.

Можна зробити висновок, що на даному етапі свого розвитку системи МП забезпечують задовільний результат на рівні українсько-англійської мовної пари і можуть успішно використовуватись для ознайомлення зі змістом тексту. Однак вони ще не можуть досягти рівня професійного перекладу, виконаного людиною, тому не рекомендовано їх самостійне використання, а лише використання як чернетки, яка має підлягати постредагуванню фахівцем для досягнення якісного, а саме еквівалентного і точного перекладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безродний М. К., Майстренко О. О. Енергоефективність теплонасосно адсорбційної системи консервування енергетичного обладнання з урахуванням реальних робочих процесів в адсорбційному роторі. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2020. № 4. С. 7–19.
2. Беленок Н. В., Спінул Л. Ю., Чибеліс В. І. Біокомплексний аналіз інваріантних систем електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 2. С. 57–63.
3. Блінов І. В., Мірошник В. О., Шиманюк П. В. Визначення втрат електричної енергії на основі прогнозів вузлового електричного навантаження. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 3. С. 38–43.
4. Бойченко С. Ю., Вос Павел, Матвійв І. В., Тарасюк О. В., Целіщев О. Б., Шкільнюк І. О., Яворські Артур. Сучасні технології генерування та акумуляції водню. Аналітичний огляд теоретичного та практичного досвіду. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 1. С. 7–17.
5. Бурик М. П., Ілліна О. О., Лободзинський В. Ю., Петрученко О. В. Вплив системи Smart Grid на національну енергетичну мережу. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 1. С. 57–64.
6. Веремійчук Ю. А., Замулко А. І., Находов В. Ф., Степаненко В. А. Оцінка ризиків при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 2. С. 64–74.
7. Гречуха Л. О., Кузєбна В. В. Системи машинного перекладу: оглядовий аналіз. *Молодий вчений*. 2017. № 2. С. 372–375.
8. Жукова Н. І., Зайченко С. В., Крючков А. І., Смоляр В. Г. Оцінка енергоспоживання бурового інструменту при бурінні свердловин на

закарстованих породних блоках. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 3. С. 53–59.

9. Іваницька Н. Сучасні стратегії перекладу наукового тексту. *Наукові записки. Серія: Філологічні науки*. 2016. № 144. С. 54–57.

10. Калінчик В. В., Калінчик В. П., Мейта О. В., Чуняк Ю. М. Адаптивні моделі прогнозування електричного навантаження виробничих споживачів. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 1. С. 46–56.

11. Калінчик В. В., Калінчик В. П., Мельник Д. О., Побігайло В. А. Формування складу впливаючих шкідливих і небезпечних факторів виробничої системи. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2020. № 4. С. 99–107.

12. Кияк, Т. Р. Перекладознавство (німецько-український напрям) : підручник / Т. Р. Кияк, А. М. Науменко, О. Д. Огуй. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 543 с.

13. Корунець І. В. Вступ до перекладознавства : підручник. Вінниця : Нова Книга, 2008. 512 с.

14. Костюченко А. О. Специфіка машинного перекладу явища полісемії з китайської на українську мову : курсова робота. Київ : Київський національний лінгвістичний університет, 2023. 42 с.

15. Кудрявцева Н. С. «Ідеальна мова» як лінгво-філософський феномен. *Actual Problems of Mind*. 2017. №10. С. 206–218.

16. Микита Є. О., Находов В. Ф., Шовкалюк М. М. Аналіз підходів до визначення кількості теплової енергії на потреби гарячого водопостачання під час енергосертифікації будівель. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 3. С. 13–21.

17. Моссаковський В. І., Яндульський О. С. Критерії оцінювання встановленої трансформаторної потужності на розподільчих підстанціях електричних мереж. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 3. С. 22–30.

18. Рибалко І. В., Ткач Л. М. Особливості перекладу наукових текстів: навч. посіб. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2013. 52 с.
19. Смірнова Т. В. Машинний переклад у сучасному суспільстві. *Наукові роботи НПП, докторантів та аспірантів кафедри англійської філології і перекладу*. 2011. С. 1–2.
20. Сопилюк Н. М., Царенко І. О. Компаративний аналіз систем машинного перекладу економічного дискурсу (на прикладі французько-українських мовних пар). *Вісник Університету імені Альфреда Нобеля. Серія «Філологічні науки»*. 2019. № 2(18). С. 289–296. URL: <https://ir.duan.edu.ua/handle/123456789/2344> (дата звернення: 15.11.23)
21. Усата В. Полісемія як причина виникнення помилок при машинному перекладі на основі твору Джека Лондона «Біле ікло» : дипломна робота. Київ : Національний авіаційний університет, 2021. 95 с.
22. Яковина В., Масюкевич В. Огляд та аналіз метрик оцінювання якості машинного перекладу. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні науки та інформаційні технології*. 2013. № 771. С. 101–107.
23. Янковець А. В. Особливості використання машинного перекладу в умовах професійної підготовки майбутніх перекладачів. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Педагогіка, соціальна робота»*. 2012. № 25. С. 233–236.
24. ALPAC. 1966. *Language and machines: computers in translation and linguistics. A report by the Automatic Language Processing Advisory Committee...* Washington, DC: National Academy of Sciences.
25. AutoML Translation. Evaluating models : веб-документ. URL: <https://cloud.google.com/translate/automl/docs/evaluate> (дата звернення: 28.11.2023).
26. Bowker L., Fisher D. Computer-aided translation. *Handbook of Translation Studies Online*. 2010. Volume 1, pp. 60–65. URL: <https://benjamins.com/online/hts/articles/comp2> (дата звернення: 26.11.2023).

27. Brownlee J. A Gentle Introduction to Calculating the BLEU Score for Text in Python : веб-сайт. URL: <https://machinelearningmastery.com/calculate-bleu-score-for-text-python/> (дата звернення: 28.11.2023).
28. Chiang D. A Hierarchical Phrase-Based Model for Statistical Machine Translation. *Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2005. pp. 263–270.
29. DeepL Translator : веб-сайт. URL: <https://www.deepl.com/translator> (дата звернення: 20.11.2023).
30. Doshi K. Foundations of NLP Explained — Bleu Score and WER Metrics : веб-сайт. URL: <https://towardsdatascience.com/foundations-of-nlp-explained-bleu-score-and-wer-metrics-1a5ba06d812b> (дата звернення: 28.11.2023).
31. Dupont A. MT for Beginners: What is BLEU and what is wrong with it? : веб-сайт. URL: <https://www.lengoo.com/blog/mt-for-beginners-what-is-bleu-and-what-is-wrong-with-it/> (дата звернення: 28.11.2023).
32. Ganesan K. What are N-Grams? : веб-сайт. URL: <https://kavita-ganesan.com/what-are-n-grams/> (дата звернення: 29.11.2023).
33. Gaspari F. Online MT services and real users' needs: an empirical usability evaluation. *AMTA*. 2004. pp. 74–85.
34. Google Translate : веб-сайт. URL : <https://translate.google.com/about/?hl=uk> (дата звернення: 28.11.2023).
35. Hutchins W. J. Machine translation: A brief history. *Concise history of the language sciences: from the Sumerians to the cognitivists*. Edited by E. F. K. Koerner and R. E. Asher. Oxford: Pergamon Press, 1995. pp. 431–445.
36. Hutchins W. J. (2007). Machine translation: A concise history. *Computer aided translation: Theory and practice*. № 13(11). pp. 29–70.
37. Hutchins W. J. Machine translation: half a century of research and use. *UNED summer school*. Ávila, July 2003. P. 24.

38. Hutchins W. J. Machine Translation over fifty years. *Histoire Épistémologie Langage. Le traitement automatique des langues*. Tome 23(1), 2001. pp. 7–31.
39. Jorgecardete. Beyond BLEU Score: Machine Translation’s Favorite Metric : веб-сайт. URL : <https://medium.com/@jorgecardete/beyond-bleu-score-unraveling-the-myths-of-machine-translations-favorite-metric-afac33f56de8> (дата звернення: 28.11.2023).
40. Kadlec L. Machine Translation Technology : Bakalářská práce. Česká republika : Brno University of Technology, 2022. P. 50.
41. Leusch G. Evaluation Measures in Machine Translation : Diplomarbeit im Fach Informatik. Deutschland : Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 2005. P. 106.
42. Linares J. Á. G. Empirical Machine Translation and its Evaluation : Tesi Doctoral per a optar al grau de Doctor en Informàtica / Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2008. P. 224
43. Liu Qun, Zhang Xiaojun. Machine translation: general. *The Routledge Encyclopedia of Translation Technology*. Edited by Chan Sin-wai. Oxon : Routledge, 2015. pp. 105–119.
44. Maučec M. S., Donaj G. Machine Translation and the Evaluation of Its Quality. *Recent Trends in Computational Intelligence*. Edited by Ali Sadollah and Tilendra Shishir Sinha. London : IntechOpen, 2020. pp. 1–20.
45. Nabeel T. A., Neama A. D., Fadl M. B.-A. Machine-Translation History and Evolution: Survey for Arabic-English Translations. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 2017. № 23(4). pp. 1–19.
46. Papineni K., Roukos S., Ward T., Zhu W. Bleu: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation. *ACL*. 2002. pp. 311–318.
47. Sadler V. Working with analogical semantics: disambiguation techniques in DLT. Dordrecht: Foris, 1989. P. 256.
48. Skadchenko Y. Machine Translation and Machine Interpreting : Diplomová práce. Česká republika : Univerzita Karlova, 2019. P. 95.

49. Snover M., Dorr B., Schwartz R., Micciulla L., Makhoul J. A Study of Translation Edit Rate with Targeted Human Annotation. *Proceedings of the 7th Conference of the Association for Machine Translation in the Americas: Technical Papers*. 2006. pp. 223–231. URL: https://www.cs.umd.edu/~snover/pub/amta06/ter_amta.pdf (дата звернення: 02.12.2023).
50. Tilde MT. Interactive BLEU score evaluator : веб-сайт. URL : <https://www.letsmt.eu/Bleu.aspx> (дата звернення: 04.12.2023).
51. What are N-Grams? : веб-сайт. URL : <https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/n-gram> (дата звернення: 29.11.2023).
52. What is HAMT | Localazy Dictionary : веб-сайт. URL : <https://localazy.com/dictionary/hamt> (дата звернення: 25.11.2023).
53. What is MAHT | Localazy Dictionary : веб-сайт. URL : <https://localazy.com/dictionary/maht> (дата звернення: 25.11.2023).

ДОДАТКИ

Додаток А

**Аналіз машинного перекладу анотації статті «Енергоефективність
теплонасосно адсорбційної системи консервування енергетичного
обладнання з урахуванням реальних робочих процесів в адсорбційному
роторі» метрикою BLEU**

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	the analysis of energy efficiency of heat pump - adsorption system of	the paper analyzes the energy efficiency of the heat pump - adsorption	the paper analyzes the energy efficiency of the heat pump - adsorption	31.702331	31.702331
2	conservation of power equipment taking into account real processes of	system for preserving power equipment , taking into account the actual processes of	system for the preservation of power equipment , taking into account the real	16.900622	20.098340
3	dehumidification and humidification of air in adsorption rotor in comparison with	air drying and humidification in the adsorption rotor , in comparison with the	processes of air drying and humidification in the adsorption rotor in comparison	17.996531	29.502344
4	energy efficiency of standard system with electric heater of regenerative air is	energy efficiency of a standard system with an electric heater for regenerated air .	with the energy efficiency of a standard system with an electric regeneration air	20.803758	20.780604
5	performed . the analysis shows that the heat pump - adsorption system is many	the analysis shows that the heat pump - adsorption system is many times more	heater . as a result of the analysis , it is shown that the heat pump - adsorption	83.857668	35.870004

			system		
6	times more energy - efficient under the condition of not only theoretical but also real	energy efficient , provided not only theoretical but also real (non - isentropic)	is many times more energy efficient under the conditions of not only theoretical ,	35.831292	30.591949
7	(non - isoenthalpy) working processes in the adsorption rotor . it is also shown that	working processes in the adsorption rotor . it has also been shown that there are	but also real (non - isoenthalpic) work processes in the adsorption rotor . it is also	46.629320	53.989957
8	there are optimal values of regeneration air temperature after the heat pump	optimal values of the temperature of the regeneration air after the heat pump	shown that there are optimal values of the temperature of the regeneration air after	32.002861	33.428661
9	condenser at the inlet to the rotor , at which the energy efficiency of the heat pump -	condenser at the rotor inlet , at which the energy efficiency of the heat pump -	the condenser of the heat pump at the entrance to the rotor , at which the energy	69.331543	57.535715
10	adsorption system reaches maximum values . it is established that the optimal	adsorption system reaches its maximum values . it has been established that the	efficiency of the heat pump - adsorption system reaches maximum values . it was	35.740464	44.710186
11	values of regeneration air temperature change in a narrow range (at the level of	optimal values of the regeneration air temperature vary within a narrow range (at	established that the optimal values of the temperature of the regeneration air	37.257423	8.579891
12	60 \diamond 65 0 \diamond) , and the maximum values of energy efficiency coefficient	the level of 60. .. 65 0 c) , and the maximum values of the energy efficiency	change in a narrow range (at the level of 60. .. 65 0 c) , and the maximum values of	39.345494	29.106249

13	significantly decrease for a standard system with electric heater and increase for	coefficient significantly decrease for a standard system with an electric heater and	the energy efficiency coefficient significantly decrease for a standard system with	63.404663	52.108337
14	heat pump - adsorption system with decreasing ambient temperature .	increase for a heat pump - adsorption system with a decrease in ambient air temperature .	an electric heater and increase for a heat pump - adsorption system when the ambient air temperature decreases .	34.899813	21.314569

**Аналіз машинного перекладу анотації статті «Формування складу
впливаючих шкідливих і небезпечних факторів виробничої системи»
метрикою BLEU**

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	the article analyzes the production system and the composition of the	the article analyzes the production system and forms the composition of	the article analyzes the production system and forms the composition of the	70.168794	73.488892
2	influencing harmful and dangerous factors . glass and glass products are analyzed	harmful and dangerous factors . the object of research is analyzed enterprises	influencing harmful and dangerous factors . enterprises producing glass and glass	33.180774	53.665520
3	as the object of research . the technology of glass and glass products production is	producing glass and glass products . the technology of glass and glass products	products are analyzed as an object of research . the technology of production of	47.960474	44.016241
4	presented . it is shown that the technology of glass production consists of two	production is presented . it is shown that the technology of glass production	glass and glass products is presented . it is shown that the technology of obtaining	76.321115	56.591193
5	production cycles : the cycle of glass technology and the cycle of glass products	consists of two production cycles : the cycle of glassmaking technology and the	glass consists of two production cycles : the cycle of the technology of preparing	46.053298	39.753602

6	technology . glassmaking is carried out in three stages : the first stage ◆ heating in	cycle of glass products production technology . glassmaking is carried out in three	glass mass and the cycle of the technology of obtaining glass products . glass	44.409532	3.239902
7	glass furnaces , when there is a chemical interaction and clarification of the viscous	stages : the first stage is cooking in glass furnaces , when chemical interaction and	making is carried out in three stages : the first stage is cooking in glass furnaces ,	25.336549	9.672650
8	mass , the second stage ◆ lighting , the removal of bubbles , as well as dissolving the	clarification of the viscous mass takes place ; the second stage is clarification , when	when chemical interaction and clarification of the viscous mass takes place , the	9.898734	5.288157
9	remaining undissolved grains of sand and the third stage ◆ cooling glass to	bubbles are removed and undissolved sand grains are dissolved . the third stage is	second stage is clarification , bubbles are removed , and undissolved grains of sand	13.065113	19.674980
10	temperature convenient for making products from it . in such technology it is	the cooling of the glass mass to the temperature most suitable for manufacturing	are dissolved . the third stage is the cooling of the glass mass to the temperature	3.673527	3.218583
11	possible to allocate the following characteristic production processes which are	products . this technology has specific production processes that are characterized	most convenient for the manufacture of products . in such a technology , it is	8.295194	2.627962
12	characterized by existence of dangerous and harmful to the person factors .	by the presence of hazardous and harmful factors . the transportation of raw	possible to distinguish characteristic production processes , which are characterized	10.049170	4.085507

13	transportation of raw materials is characterized by the influence of noise , the	materials is characterized by noise , exposure to aerosols , ergonomic factors , and	by the presence of dangerous and harmful factors for humans . the transportation	21.142142	7.768563
14	impact on the respiratory tract of aerosols , the influence of ergonomic factors ,	occupational injuries . burning and melting are characterized by exposure to	of raw materials is characterized by the impact of noise , the impact of aerosols on	1.426592	8.225965
15	occupational injuries . burning and melting is characterized by the influence of	combustion products , exposure to fumes and aerosols of raw materials , fires or	the respiratory tract , the impact of ergonomic factors , and industrial injuries . firing	3.377156	6.608974
16	combustion products , the influence of smoke and aerosols of raw materials by fires	explosions , exposure to infrared radiation of molten material , electrical injuries ,	and melting are characterized by the influence of combustion products , the	3.401543	26.835444
17	or explosions , the influence of infrared radiation of molten material , electrocution ,	and noise exposure . manual operations during production , processing , packaging	influence of fumes and aerosols of raw materials , fires or explosions , the influence	3.408992	29.256127
18	noise . manual operations in the process of production , processing , packaging and	and storage in the warehouse , restoration and reconstruction are characterized by	of infrared radiation of the molten material , electrotraumatism , and the influence of	6.817984	4.246549
19	storage in the warehouse and restoration work and reconstruction is characterized	various types of injuries . the above factors constitute the factor field of hazardous	noise . manual operations in the process of production , processing , packing and	2.839839	6.285596

20	by various injuries . these factors make up the factor field of dangerous human	impacts on humans , which includes four groups of factors : mechanical ❖ noise ,	storage , restoration work and reconstruction are characterized by various types of	3.125191	6.344849
21	influences , which contains four groups of factors : mechanical ❖ noise , ergonomic	ergonomic factors of production , occupational injuries ; temperature ❖ thermal	injuries . the above factors make up the factor field of dangerous influences for	4.266505	3.737438
22	factors of production , occupational injuries ; temperature ❖ thermal radiation ,	radiation , exposure to combustion products , fires and explosions , heat strokes and	humans , which includes four groups of factors : mechanical ❖ noise , ergonomic	6.285596	4.246549
23	exposure to combustion products , fires and explosions , heat stroke and burns ; the	burns ; exposure to aerosols on the human respiratory tract , exposure to auxiliary	factors of production , industrial injuries ; temperature ❖ thermal radiation , the	8.276381	3.745641
24	effect of aerosols on the human respiratory tract , the effect of auxiliary chemicals ;	chemicals ; electrical ❖ electrical injuries , exposure to electromagnetic fields , as	impact of combustion products , fires and explosions , thermal shocks and burns ; the	5.862245	3.716499
25	electric ❖ electrical unjury , the influence of electromagnetic fields , as well as the	well as the impact of the microclimate of industrial premises , which is determined	effect of aerosols on the human respiratory tract , the effect of auxiliary chemicals ;	11.704570	6.250382
26	influence of the microclimate of industrial premises , which is determined by the	by the combinations of temperature , humidity and air velocity , temperature of the	electrical ❖ electrotraumatism , the influence of electromagnetic fields , as well as	8.889176	7.347053

27	combinations of temperature , humidity and air velocity acting on the human body ,	surrounding surfaces acting on the human body . it is shown that the level of	the influence of the microclimate of industrial premises , which is determined by	25.748661	3.764426
28	the temperature of the surrounding surfaces . it is shown that the level of influence	exposure to hazardous and harmful factors can be established expertly using the	the combinations of temperature , humidity and speed of air movement acting on	2.637408	3.745641
29	of dangerous and harmful factors can be expertly established using the known	well - known method of rank correlation . the results obtained can be used for a	the human body , and the temperature of its surrounding surfaces . it is shown that	6.150343	3.218583
30	method of rank correlation . the obtained results can be used for preliminary expert	preliminary expert assessment of the impact of dangerous and harmful factors on	the level of influence of dangerous and harmful factors can be expertly determined	6.817984	6.803085
31	assessment of the impact of hazardous and harmful factors on the personnel of the	the personnel of a glass and	using the well - known method of rank correlation . the obtained results can be used for a preliminary expert assessment	8.558153	2.568332
32	enterprise for the production of glass and glass products .	glassware manufacturing enterprise .	of the impact of dangerous and harmful factors on the personnel of the enterprise for the production of glass and glass products .	4.238556	39.242592

Аналіз машинного перекладу анотації статті «Сучасні технології генерування та акумуляції водню. Аналітичний огляд теоретичного та практичного досвіду» метрикою BLEU

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	the article discusses the competitiveness of alternative fuels and	the article discusses the competitiveness of alternative fuels and	the article examines the competitiveness of alternative fuels and	100.000000	66.063286
2	technologies in the rapidly growing segment of passenger vehicles and aviation ,	technologies in the rapidly growing segment of passenger vehicles and aviation ,	technologies in the rapidly growing segment of passenger vehicles and aviation ,	100.000000	100.000000
3	which globally consumes more than 70 % of the fuel spent on passenger	which globally consumes more than 70 % of fuel used for passenger transportation	which globally consumes more than 70 % of the fuel used for passenger	59.146017	75.392212
4	transportation and about 45 % in total on transport . the emergence of new	and about 45 % in the transport sector as a whole . the emergence of new	transportation and about 45 % for transportation as a whole . the emergence of new	46.892439	49.202745
5	technologies in personal vehicles (electric vehicles , hydrogen cars with fuel cell ,	technologies in personal vehicles (electric cars , hydrogen fuel cell cars , biofuels ,	technologies in personal vehicles (electric cars , hydrogen cars with a fuel cell ,	41.882169	57.735027

6	biofuels , natural gas , etc .) makes us look at the prospects for the development of	natural gas , etc .) makes us take a fresh look at the prospects for the development of	biofuels , natural gas , etc .) forces a new look at the prospects for the development	73.317655	71.603505
7	this segment in a new way . on the basis of this approach , an assessment of the	this segment . based on this approach , we evaluated the methods of hydrogen	of this segment . based on this approach , an evaluation of hydrogen production	11.570123	19.087741
8	methods of hydrogen production was carried out . hydrogen production by steam	production . we compare hydrogen production by steam conversion of methane ,	methods was carried out . hydrogen production by methane steam conversion ,	24.384183	54.910049
9	conversion of methane , water electrolysis and biochemical production methods	water electrolysis , and biochemical production .	water electrolysis and biochemical production are compared .	20.958712	40.261910
10	were compared in this article .	hydrogen is not a source of energy , but a means of converting other energy	hydrogen is not a source of energy , it is a means of converting other sources	1.313981	1.222797
11	hydrogen is not a source of energy , but it is a mean of converting other	sources into chemical energy in the form of stored pure hydrogen , which can be	of energy into chemical energy in the form of accumulative pure hydrogen , which	3.476811	6.191083
12	energy sources into chemical energy in the form of accumulative pure hydrogen ,	used later when it is oxidized . in fact , a hydrogen tank or other hydrogen storage	can be used later during its oxidation . in fact , a tank or other storage of hydrogen	3.009804	3.037294

13	which can be used subsequently during its oxigenation . in fact , a tank or other	facility is technically similar to a rechargeable battery or gasoline tank , and	in the technical sense is similar to a battery or a gas tank , and therefore it is	3.468318	3.211547
14	hydrogen storage device is technically similar to a battery or gas tank , and	therefore it is necessary to compare not only the efficiency but also other	necessary to compare not only the efficiency factor , but also other parameters .	3.401543	3.377156
15	therefore it is necessary to compare not only the efficiency , but also other	parameters . hydrogen needs to be produced and converted to produce final energy ,	hydrogen must be produced and converted to produce final energy , both of which	3.377156	3.377156
16	parameters . hydrogen needs to be produced and converted to produce final energy ,	and both require energy .	require energy .	2.323860	1.154873
17	and both require energy .	the advantages of hydrogen as a universal energy carrier are determined by	the advantages of hydrogen as a universal energy carrier are determined by	3.386499	3.386499
18	the advantages of hydrogen as a universal energy carrier are determined by	its environmental friendliness , flexibility and efficiency of energy conversion	environmental cleanliness , flexibility and efficiency of energy conversion	4.085507	4.062583
19	environmental purity , flexibility and efficiency of energy conversion processes	processes involving it . the technologies for large - scale hydrogen production are	processes with its participation . technologies for large - scale production of	3.089055	4.027248

20	with its participation . technologies of large - scale hydrogen production are quite	well developed and have an almost unlimited raw material base .	hydrogen are quite well developed and have an almost unlimited raw material base .	3.124720	6.754313
21	well mastered and have an almost unlimited raw material base .	the importance of hydrogen production technologies is determined by the	the importance of hydrogen production technologies is determined by the	1.898401	1.898401
22	the importance of hydrogen production technologies is determined by the	high calorific value of hydrogen and the possibility of reducing greenhouse gas	high heat of combustion of hydrogen and the possibility of reducing the emission	7.495553	7.347053
23	high calority of hydrogen combustion and the possibility of reducing greenhouse	emissions , since the combustion product is ordinary water .	of greenhouse gases , since the product of combustion is ordinary water .	4.515184	4.619215
24	gas emissions , since ordinary water is the combustion product .	the article provides a comparative analysis of the methods of hydrogen	the article provides a comparative analysis of methods of storing hydrogen	3.747777	3.747777
25	the article provides a comparative analysis of methods of hydrogen storage	storage in liquid and gaseous states ,	in liquid and gaseous states ,	3.708659	1.763751
26	in liquid and gaseous states , carbon structures and hydride of metals	carbon structures and metal hydrides	carbon structures and metal hydrides	9.805567	9.805567

Аналіз машинного перекладу анотації статті «Адаптивні моделі прогнозування електричного навантаження виробничих споживачів» метрикою BLEU

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	the article investigates models and methods of electric load forecasting . it is	the article investigates models and methods for forecasting electrical load it	the article examines the models and methods of forecasting the electrical	42.604406	24.177037
2	shown that the following methods of power consumption control are currently	is shown that the following methods of controlling electrical consumption are	load . it is shown that the following methods of power consumption management	49.616830	55.936849
3	known : instantaneous norm ; at the ideal rate ; management on the forecast value ;	currently known : by instantaneous rate ; by ideal rate ; control by forecast value ;	are currently known : according to the instantaneous norm ; according to the ideal	18.393816	13.926007
4	control with the use of average power on a moving time interval (" moving	control using the average power over a moving time interval (the " moving	norm ; management by forecast value ; control using the averaged power on a	33.361182	11.183047
5	window " method) . it is shown that it is better to focus on those methods that are	window " method) . it is shown that it is preferable to focus on those methods that	moving time interval (" moving window " method) . it is shown that it is better to	79.406932	65.536096

6	based on the study of forecast estimates , which are the source information for	are based on the study of forecast estimates that constitute the initial information	focus on those methods that are based on the study of predictive estimates that	47.616637	28.917849
7	management decisions . the main requirements for real - time systems are : high	for making control decisions . the main requirements for real - time systems are :	make up the initial information for making management decisions . the main	77.601146	28.086919
8	accuracy of operational forecasting and simplicity of algorithms , which provides a	sufficiently high accuracy of operational forecasting and simplicity of algorithms ,	requirements for real - time systems are : sufficiently high accuracy of operational	71.776592	11.498760
9	minimum solution time ; work in conditions of uncertain and insufficient	which ensures minimum decision time ; work in conditions of uncertain and	forecasting and simplicity of algorithms , which ensures a minimum decision time ;	63.155524	7.768563
10	information , ensuring the stability of management . the analysis of works devoted	insufficient information , ensuring the stability of management . an analysis of the	work in conditions of uncertain and insufficient information , ensuring management	62.628450	13.215956
11	to the issues of forecasting the processes of power consumption management	works devoted to the issues of forecasting the processes of power consumption	stability . an analysis of the works devoted to the issues of forecasting the	80.705573	36.362270
12	systems of industrial enterprises is carried out . it is shown that automated control	control systems of industrial enterprises is carried out . it is shown that automated	processes of power consumption management systems of industrial enterprises was	93.651376	17.608704

13	systems have specific requirements for mathematical forecasting methods due to	control systems impose specific requirements on mathematical forecasting	carried out . it is shown that automated control systems have specific requirements	12.862535	19.338531
14	little study of the nature of the forecast parameter , small amount of reporting	methods due to the poor knowledge of the nature of the predicted parameter , the	for mathematical methods of forecasting due to a lack of knowledge of the nature	28.295596	12.011055
15	statistics and insufficient reliability of source information and most accurately	small amount of reporting statistics and insufficient reliability of the initial	of the forecasted parameter , a small volume of reported statistics and insufficient	35.084397	12.356221
16	meets such requirements , adaptive approach to method design . the adaptive	information , and the adaptive approach to the design of methods most accurately	reliability of the source information , and the adaptive approach to the construction	15.133219	14.458925
17	approach allows to solve the problem of adequacy of the method of the object of	meets such requirements . the adaptive approach allows solving the problem of	of methods most accurately meets such requirements . the adaptive approach	12.920606	3.428694
18	forecasting and from the point of view of simplicity of realization and time of	adequacy of the method to the forecasting object and in terms of ease of	allows solving the problem of the adequacy of the method of the forecasting	4.444588	4.277213
19	calculations in the first place it is necessary to put adaptive methods of forecasting	implementation and calculation time , adaptive forecasting methods and , first of all ,	object , and from the point of view of ease of implementation and calculation time ,	4.246549	2.908318

20	and , first of all , the method of exponential smoothing . exponential smoothing ,	the exponential smoothing method should be put in the first place . exponential	adaptive forecasting methods and , first of all , the method of exponential smoothing	8.616198	70.550311
21	considered in this paper as a predictive model , allows to identify the inadequacy of	smoothing , considered in this paper as a forecasting model , allows to identify the	should be put in the first place . exponential smoothing , considered in this work as	64.754454	10.825978
22	the model to the real process and to bring the estimate of the determined basis of	inadequacy of the model to the real process and bring the estimate of the	a predictive model , allows you to reveal the inadequacy of the model to the real	61.886048	27.225894
23	the process closer to the real one , ie to reduce the prediction error . however , this	deterministic basis of the process closer to the actual one , i.e ., to reduce the	process and bring the estimate of the deterministic basis of the process closer to the	29.695425	21.081221
24	requires time , which increases with increasing changes in the coefficients of the	forecast error . however , this requires time , which increases with the growth of	real one , that is , reduce the forecast error . however , this requires time , which	34.791595	14.216646
25	model . in this regard , there is a problem of regulating the reaction rate of the	changes in the model coefficients . in this regard , the task of regulating the speed of	increases as the model coefficients change . in this connection , the task of	31.007120	10.903052
26	predicted model to changes in its coefficients . a number of methods of automatic	reaction of the predicted model to changes in its coefficients arises . a number of	regulating the speed of the predicted model ' s reaction to changes in its coefficients	58.282340	29.256127

27	adjustment of the smoothing parameter are considered and analyzed : the	methods of automatic adjustment of the smoothing parameter are considered and	arises . a number of methods of automatic adjustment of the smoothing parameter	67.865027	28.917849
28	evolutionary method of adaptation , methods using the tracking signal , methods of	analyzed : evolutionary adaptation method , methods using a tracking signal ,	are considered and analyzed : the evolutionary method of adaptation , methods using	21.586404	48.633832
29	adapting the parameter by , optimization using gradient smoothing . it is shown that	methods of parameter adaptation by path , optimization using gradient smoothing .	a tracking signal , methods of parameter adaptation by path , optimization using	37.951049	12.097786
30	the method of adaptation using the tracking signal is simple and especially	it is shown that the adaptation method using a tracking signal is simple and	gradient smoothing . it is shown that the method of adaptation using a tracking	30.793008	28.917849
31	valuable for modeling series with a short history . due to its simplicity , this method	especially valuable for modeling series with a short history . due to its simplicity ,	signal is simple and especially valuable for modeling series with a short history .	86.570991	51.634746
32	is especially convenient where predictions are made using computer technology .	this method is especially convenient where forecasts are made with the help of	because of its simplicity , this method is particularly useful where predictions are	22.997519	12.356221
33	studies of this model of forecasting on statistical data obtained at various	computer tools . studies of this forecasting model on statistical data obtained at	made using computing tools . research of this forecasting model based on	40.896015	8.516593

34	enterprises have shown that the model adapts to real data at step 4 - 6 of forecasting	various enterprises have shown that the model adapts to real data already at the 4 -	statistical data obtained at various enterprises showed that the model adapts to real	60.023150	30.962787
35	and then the forecast error does not exceed 2 %. analysis of adaptive forecasting	6 th forecasting step and then the forecast error does not exceed 2 %. the analysis of	data already at the 4 - 6 th step of forecasting , and then the forecast error does not	59.749709	32.825185
36	models based on the method of exponential smoothing showed their high	adaptive forecasting models based on the exponential smoothing method showed	exceed 2 %. analysis of adaptive forecasting models based on the exponential	30.374414	23.462350
37	efficiency and good adaptability to changes in the process of electricity	their high efficiency and good adaptability to changes in the electricity	smoothing method showed their high efficiency and good adaptability to changes	69.893076	46.173663
38	consumption . the greatest difficulty in forecasting are cases of abrupt changes in	consumption process . the greatest difficulty in forecasting is represented by cases	in the power consumption process . cases of sudden changes in the development of	41.249149	9.552041
39	the development of the process . abrupt changes in the process can lead to a	of abrupt changes in the development of the process . abrupt changes in the process	the process represent the greatest difficulty in forecasting . leap - like changes in the	70.120551	13.380161
40	violation of the previously existing qualitative relationships of the parameters of	can lead to a violation of the previously existing qualitative correlations of the	process can lead to a violation of the previously existing quality ratios of the	42.803206	30.576903

41	the projected system . if there is a jump , it is very important to assess whether the	parameters of the predicted system . in the presence of a jump , it is very important	parameters of the projected system . in the presence of a jump , it is very important	38.206424	47.822158
42	deviation is caused by an obstacle or whether it is due to a change in the predicted	to assess whether this deviation is caused by an obstacle or whether it occurred as a	to assess whether this deviation is caused by an obstacle or whether it occurred as a	50.666269	50.666269
43	process . if the changes are caused by an obstacle , it must be filtered out . if the	result of a change in the predicted process . if the changes are caused by an	result of a change in the predicted process . if the changes are caused by an	43.660022	43.660022
44	deviations are caused by a change in the model , then the current process data are of	interference , it is necessary to filter it out . if the deviation is caused by a change in	obstacle , it must be filtered . if the deviations are caused by a change in the model ,	20.614774	49.409112
45	the greatest value . from the point of view of fast working off of abrupt change the	the model , then the current process data is of the greatest value . from the point of	then the current data about the process represents the greatest value . from the point	41.121756	36.209781
46	model of exponential smoothing with high value of the smoothing parameter is	view of quickly working out a sudden change , an exponential smoothing model	of view of quickly working out the jump - like change , the exponential smoothing	7.347053	6.608974
47	rather effective . however , this model is highly susceptible to interference . to	with a high value of the smoothing parameter is quite effective . however , this	model with a high value of the smoothing parameter is quite effective . however ,	25.748661	18.207053

48	eliminate this circumstance , a modified procedure for correcting the parameters of	model is highly susceptible to interference . to eliminate this circumstance , a	this model is highly susceptible to interference . to eliminate this circumstance , a	28.917849	26.584836
49	the forecasting model is proposed . the procedure is based on the introduction of a	modified procedure for correcting the parameters of the forecasting model is	modified procedure for correcting the parameters of the forecasting model is	18.758831	18.758831
50	logical operator , which is based on the analysis of inconsistencies in the forecasts	proposed . the procedure is based on the introduction of a logical operator , which	proposed . the procedure is based on the introduction of a logical operator , which	34.791595	34.791595
51	and imposes additional restrictions on changes in the smoothing parameter and the	is based on the analysis of the inconsistency of forecasts and imposes additional	is based on the analysis of the inconsistency of forecasts and imposes additional	13.674407	13.674407
52	values of the original statistics .	restrictions on the change of the smoothing parameter and the values of the output	restrictions on the change of the smoothing parameter and on the values of the	10.571071	10.571071
53	experimental studies of the considered models are	statistics . experimental studies of the considered models	output statistics . experimental studies of the considered models have been carried	68.037493	41.722614
54	carried out .	have been carried out .	out .	39.763536	60.653066

Аналіз машинного перекладу анотації статті «Вплив системи Smart Grid на національну енергетичну мережу» метрикою BLEU

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	the infrastructure of the national networks of many countries is very old and	the infrastructure of national grids in many countries is very old and	the infrastructure of the national grids of many countries is very old and	50.165138	76.116060
2	includes classic technologies of production , transmission and distribution of	includes classical technologies for electricity generation , transmission and	includes classic technologies for the production , transmission and distribution of	18.044386	58.772837
3	electricity . in addition , the controllability and managebility of these systems are	distribution . in addition , the manageability and controllability of these systems are	electricity . in addition , the controllability and controllability of these systems are	50.934984	76.116060
4	also unsatisfactory . on the other hand , smart grid technologies include	also not satisfactory . smart grid technologies , on the other hand , include	also not satisfactory . on the other hand , smart grid technologies include	38.503229	75.392212

5	sophisticated tools to monitor and control the power system in both directions from	sophisticated tools for monitoring and controlling the energy system in both	sophisticated tools for monitoring and controlling the energy system in both	15.909385	15.909385
6	power plants to end users or vice versa so that vulnerabilities can be identified in	directions from power plants to end users or vice versa . so that vulnerabilities can	directions from power plants to end users or vice versa . so that it is possible to	64.754454	45.274719
7	advance and the necessary measures taken . in addition , the smart grid system	be identified in advance and necessary measures can be taken . in addition , the	detect vulnerabilities in advance and take the necessary measures . in addition , the	40.016016	39.073802
8	offers monitoring and management of electricity from production to the end user ,	smart grid system offers monitoring and management of electricity from	smart grid system offers monitoring and management of electrical energy from	47.334069	30.615876
9	as well as provides smart accounting , integration of renewable energy into the grid .	production to the end user , as well as provides smart metering , integration of	production to the end user , and also provides smart metering , integration of	33.887144	12.953236
10	morover , the efficient use of energy sources with minimal losses and minimal	renewable energy into the grid . furthermore , efficient use of energy sources with	renewable energy into the grid . in addition , efficient use of energy sources with	37.596635	34.791595

11	illegal use is also addressed in smart grid technology . this article highlights the	minimal losses and minimal illegal use is also handled in smart grid technology .	minimum wastage and minimum illegal use is also handled in smart grid	44.534504	25.954388
12	impact of smart grid technologies on national power grids and offers some useful	this article highlights the impact of smart grid technologies on national power	technology . this article highlights the impact of smart grid technologies on	56.419860	38.386658
13	suggestions for transforming their classic power grid system into a smart grid grid	grids and offers some applicable suggestions in order to transform their classic	national power grids and offers some applicable suggestions to transform their	6.896242	4.112363
14	system .	power grid system into a smart grid system .	traditional power grid system into a smart grid system .	9.535414	8.392230

Аналіз машинного перекладу анотації статті «Біокомплексний аналіз інваріантних систем електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії» метрикою BLEU

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	the article considers a bicomplex calculation for calculating the invariant	this paper considers a bicomplex computation for the calculation of	the paper considers the bicomplex calculation for the calculation of	18.575058	18.575058
2	power supply systems based on renewable energy sources . modern energy supply	invariant power supply systems based on renewable energy sources (res) . modern	invariant power supply systems based on renewable energy sources (res) . modern	56.220083	56.220083
3	systems based on renewable energy sources have non - linear systems with complex	power supply systems based on renewable energy sources are nonlinear systems	power supply systems based on vde are non - linear systems in which complex	40.009986	26.584836
4	transients and possible critical and chaotic regimes . the study of structures of	with complex transients and the possibility of critical and chaotic modes . the study	transient processes take place and the emergence of critical and chaotic modes is	20.803758	13.674407
5	hypernumerical systems , their features , methods of calculation and approximation	of the structures of hypernumerical systems , their features , methods of calculation	possible . the study of the structures of hypernumerical systems , their features ,	64.791215	36.362270

6	of the elementary functions of a hypercomplex variable allows to effectively apply	and approximation of elementary functions of a hypercomplex variable makes it	methods of calculation and approximation of elementary functions of a	43.817713	22.741221
7	such systems in mathematical modelling of invariant power supply systems based	possible to effectively use such systems in the mathematical modeling of invariant	hypercomplex variable makes it possible to effectively use such systems in	16.590387	13.950797
8	on renewable energy sources . in some cases , the use of hypernumerical systems	power supply systems based on res . in some cases , the use of hypernumerical	mathematical modeling of invariant power supply systems based on res . in some	57.955815	12.661968
9	makes it possible to replace the original problem with an equivalent one , that is to	systems makes it possible to replace the original problem with an equivalent one ,	cases , the use of hypernumerical systems makes it possible to replace the original	79.694054	38.758272
10	build a bicomplex solution model .	i.e . , to build a bicomplex solution model .	problem with an equivalent one , that is , to build a bicomplex solution model .	58.739491	30.130405
11	the system of complex numbers was considered as the initial system . with	the system of complex numbers was considered as the initial system . by	the system of complex numbers was considered as the initial system .	91.216791	92.004441
12	recurrent doubling of the system , hypernumerical systems of different dimensions	recurrently doubling the system , hypernumerical systems of different dimensions	during the recurrent doubling of the system , hypernumerical systems of different	70.807355	80.705573

13	with different properties were obtained , which made it possible to assign different	with different properties are obtained , which makes it possible to assign different	dimensions with different properties were obtained , which made it possible to	47.587331	83.135398
14	values to the products of imaginary units . it is proved that the introduction of	values to the products of imaginary units . it is proved that the introduction of	assign different values to the products of imaginary units . it is proved that the	100.000000	85.073313
15	additional conditions of commutativity and associativity , which apply to real	additional conditions of commutativity and associativity , which apply to real	introduction of additional conditions of commutativity and associativity , which	100.000000	68.752776
16	numbers and imaginary units , allows to specify the choice of a hypernumerical	numbers and imaginary units , makes it possible to specify the choice of a	apply to real numbers and imaginary units , makes it possible to specify the choice	61.626071	41.211838
17	system .	hypernumeric system .	of a hypernumber system .	63.894310	21.364350
18	in the analysis of nonstationary processes of invariant systems and the study	in the analysis of non - stationary processes of invariant systems and the study	when analyzing non - stationary processes of invariant systems and	61.626071	32.160943
19	of the possibilities of hypernumerical systems , the expediency of choosing a	of the possibilities of hypernumerical systems , the expediency of choosing a	researching the possibilities of hypernumerical systems , the feasibility of choosing	100.000000	57.667354
20	bicomplex calculation method in mathematical modelling of systems with multiple	bicomplex calculation method in the mathematical modeling of systems with	a bi - complex calculation method for mathematical modeling of systems with	39.281465	16.590387

21	modulation is substantiated . the method of bicomplex representation involves	multiple modulation is substantiated . the method of bicomplex representation	multiple modulation is substantiated . the method of bicomplex representation	88.011174	88.011174
22	direct and inverse bicomplex transformation , which allows obtaining an	involves a direct and inverse bicomplex transformation , which allows obtaining an	involves a direct and inverse bicomplex transformation , which allows obtaining an	80.705573	80.705573
23	analytically complete solution for the analysis of an invariant power supply system	analytically complete solution to the analysis of an invariant power supply system	analytically complete solution for the analysis of an invariant power supply system	73.488892	100.000000
24	based on renewable energy sources . examples of the use of bicomplex integral	based on renewable energy sources . examples of using the bicomplex integral	based on res . examples of the use of the bicomplex integral transformation for	63.169242	43.242271
25	transformation for the analysis of systems with multiple modulation are	transform to analyze systems with multiple modulation are considered , and the use	the analysis of systems with multiple modulation are considered , and the use of the	30.266437	47.587331
26	considered . the application of the hypercomplex calculus apparatus for the	of the hypercomplex calculus apparatus to transform systems of differential	hypercomplex calculation apparatus for the transformation of systems of	35.543339	16.146826
27	transformation of systems of differential equations is proposed to simplify or	equations in order to simplify or compress them into a single equation is proposed .	differential equations in order to simplify or compress them into one equation is	12.874331	15.133219

28	compress them into one equation . it is shown that the use of hypercomplex	it is shown that the use of hypercomplex calculus makes it possible to significantly	proposed . it is shown that the use of hypercomplex calculation allows to	51.424016	59.994144
29	calculus allows to significantly reduce the amount of processed information	reduce the amount of information processed without reducing the informativeness	significantly reduce the amount of processed information without reducing the	29.071537	63.894310
30	without reducing the informativeness of the mathematical model .	of the mathematical model .	informativeness of the mathematical model .	44.932896	60.653066
31	the proposed formulation of tasks in a hypercomplex view allowed to	the proposed formulation of the tasks in the hypercomplex representation	the proposed formulation of tasks in a hyper - complex presentation made it	29.377168	47.037096
32	compress the processing information and obtain a compact vortex for the output	made it possible to compress the processing information and obtain a compact	possible to compress the processing information and obtain a compact vortex for	61.322974	80.705573
33	signal .	expression for the output signal .	the output signal .	16.233396	31.947155

**Аналіз машинного перекладу анотації статті «Оцінка ризиків при
інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання»
метрикою BLEU**

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	the work is devoted to the development of a methodology that allows	the paper is devoted to the development of a methodology that allows	the work is devoted to the development of a methodology that allows	82.651682	100.000000
2	combining qualitative and quantitative assessments of different risk factors to	combining qualitative and quantitative assessments of various risk factors to make	combining qualitative and quantitative assessments of various risk factors to make	58.772837	58.772837
3	make an integrated decision when renewable energy sources connect to the	an integrated decision when connecting renewable energy sources to the power	an integrated decision when connecting renewable energy sources to the power	37.817904	37.817904
4	electricity supply system . the integration of quantitative information and	supply system . the integration of quantitative information and qualitatively	supply system . the integration of quantitative information and qualitatively	88.011174	88.011174
5	qualitatively presented knowledge through the creation of appropriate algorithms	presented knowledge by creating appropriate algorithms can significantly expand	presented knowledge through the creation of appropriate algorithms allows to	13.485112	75.983569

6	can significantly expand the possibilities of risk analysis of renewable energy	the possibilities of conducting risk analysis of renewable energy facilities , the	significantly expand the possibilities of conducting risk analysis of objects of	42.401254	46.924701
7	sources , established energy systems and justification of measures to manage them .	resulting energy systems and justifying measures to manage them .	renewable energy sources , formed energy systems and substantiating measures for	38.921254	15.307938
8	the key features of large - scale and complex systems are the diversity and	the study analyzes the methods and approaches that can be used to take into	their management .	3.737438	0.577436
9	interdependence of the elements included in them , the large number of decision -	account risks in complex systems . under conditions of high uncertainty and	in the course of the study , an analysis of methods and approaches that can be	3.408992	6.437165
10	makers in conditions of high uncertainty and the uniqueness of these objects .	complexity of large - scale systems , many solutions can be obtained through the use	used to take into account risks in complex systems was carried out . in the	3.125191	3.458592
11	therefore , the study describes the methods and approaches that can be used to	of qualitative assessments based on the knowledge and experience of experts .	conditions of high uncertainty and complexity of large - scale systems , many	3.408992	3.401543
12	analyze the risks of complex systems . in conditions of high uncertainty and	maintaining the reliability , stability , and efficiency of the electric system is	decisions can be obtained by using qualitative estimates based on the knowledge	4.065425	3.115729

13	complexity of large - scale systems , many solutions can be obtained by using	becoming a challenging issue for distribution networks with variable energy	and experience of experts .	1.406370	1.765752
14	qualitative assessments based on the knowledge and experience of experts .	resources . increasing the share of solar power plants (spps) in the generation of	maintaining the reliability , stability and efficiency of the electrical system	3.218583	4.932352
15	maintaining the reliability , stability and efficiency of the electrical system is	the power system poses a great challenge to the effective management of the	becomes a challenging issue for distribution networks with variable energy	7.347053	1.717744
16	becoming a difficult issue for distribution networks with variable energy resources .	distribution network and a serious threat to its normal functioning .	resources . increasing the share of solar power plants (spps) in the generation of	4.503734	4.891188
17	further movement in the direction of increasing the share of solar power plants	the article identifies the main factors that lead to problems in the integration	the power system poses a great challenge to the effective management of the	6.837203	4.368584
18	(spp) in the generation of the power system is a great challenge for effective	of spps into the power supply system . the probability of occurrence of risk factors	distribution network and a serious threat to its normal functioning .	6.182741	2.378850
19	management of the distribution network and a serious threat to its normal	and the level of possible consequences from the implementation of each of the	the article identifies the main factors that lead to the problems of ses	6.837203	4.065425
20	functioning .	identified risk factors is assessed using the method of expert assessments .	integration into the electricity supply system . the probability of occurrence of risk	3.386499	3.089055

21	the article identifies the main factors that lead to the problems of integration	the study found that the main problems	factors and the level of possible consequences from the implementation of each of	7.008866	4.368584
22	of spp . also , the probability of occurrence and the level of possible consequences	in integrating spps into the power supply system	the identified risk factors were assessed using the method of expert assessments .	2.302078	3.745641
23	of the implementation of each of the identified risk factors were assessed by using	are the need to increase maneuvering capacity ,	according to the results of the study , it was found that the main problems in	2.608596	5.412989
24	the method of expert assessments .	deterioration in the quality of electricity ,	the integration of ses into the power supply system are the need to increase the	7.809850	3.125191
25	according to the results of the study , the main problems in integrating spp	the need to modernize lines ,	maneuvering power , the deterioration of the quality of electric energy , the need to	2.815791	8.225965
26	into the power supply system are increasing shunting power , deteriorating	increased debt under the green tariff ,	modernize lines , the growth of arrears under the " green " tariff ,	4.410364	3.377156
27	electricity quality , the need to modernize lines , increasing debt on the " green "	higher harmonics	the occurrence of higher harmonics	0.045594	1.183619

28	tariff , higher harmonics and reactive power flow .	and unregulated reactive power flow .	and unregulated flow of reactive power .	32.587980	12.411265
----	---	---------------------------------------	--	-----------	-----------

Аналіз машинного перекладу анотації статті «Аналіз підходів до визначення кількості теплової енергії на потреби гарячого водопостачання під час енергосертифікації будівель» метрикою BLEU

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	in ukraine , at the legislative level , as part of the implementation of eu	ukraine has introduced mandatory energy certification for certain types of	in ukraine , at the legislative level , mandatory energy certification has been	3.026618	47.960474
2	directives , mandatory energy certification has been introduced for certain types of	new buildings and buildings undergoing renovation . in addition , in order to receive	introduced for certain types of new buildings and buildings being reconstructed . in	2.839839	28.917849
3	new and reconstructed buildings . in addition , in order to receive financing from	funding for thermal modernization of buildings from various investment funds , it is	addition , in order to receive financing for the thermal modernization of buildings	3.764426	45.033035
4	various investment funds and the possibility of participating in state or local	necessary to perform an energy audit and justify energy saving measures , as well	from various investment funds , it is necessary to perform an energy audit and	2.839839	11.359355
5	thermomodernization programs , it is necessary to perform their energy audit and	as assess the energy efficiency class . ukraine has a set of regulations ,	justify energy - saving measures , to assess the energy efficiency class . in ukraine ,	3.377156	3.218583

6	justify energy - saving measures , assess the energy efficiency class . in ukraine ,	methodological documents , building codes and standards in the field of energy	there is a complex of regulatory acts , methodological documents , building codes	3.729858	3.149696
7	there is a complex of regulatory acts , methodical documents , construction norms	certification , which is constantly updated . the national methodology for	and standards in the field of energy certification , which is constantly updated . the	3.715939	3.458592
8	and standards in the field of energy certification , which is constantly updated . the	calculating the energy efficiency of buildings and bylaws have been changed	national methodology for calculating the energy efficiency indicators of buildings	3.684372	3.349504
9	national methodology for calculating energy efficiency indicators has been passed	several times , in particular in terms of taking into account the energy demand for	and by - laws were changed several times , in particular in the part of taking into	3.125191	1.143478
10	and the by - laws have changed several times , in particular , in the part of accounting	hot water supply , which in turn affects the energy efficiency class . the article	account the energy demand for hot water supply , which in turn affected the energy	3.042812	3.042812
11	for energy consumption for hot water supply , which in turn affected the energy	assesses the impact of different approaches to calculating and accounting for	efficiency class . the article evaluates the influence of different approaches to the	3.393027	2.860345
12	efficiency class . the article evaluates the influence of different approaches to the	additional revenues from hot water pipelines using the example of a multi - storey	calculation and consideration of additional revenues from hot water pipelines on	3.377156	3.124720

13	calculation and accounting of additional revenues from hot water pipelines on the	building . as part of the research ,	the example of a multi - story building . as part of the research ,	3.983253	3.125191
14	example of a residential multi - story building in kyiv . as part of the research , a	a detailed energy survey was carried out using	a detailed energy	1.582193	0.255987
15	detailed energy survey was carried out using instrumental and analytical methods ,	instrumental and analytical methods ,	survey was carried out using instrumental and analytical methods ,	24.659696	81.873075
16	the geometric , thermal and energy characteristics of the building were specified ,	a computational model was formed , and a	a calculation model was formed and a series of calculations was performed	3.515209	3.673527
17	and a set of measures to increase the level of energy efficiency was proposed . as	series of calculations were performed .	the impact on the specific energy demand ,	1.823109	2.415965
18	part of the research , a detailed energy survey was carried out using instrumental	the impact on the specific energy demand ,	total energy consumption and energy efficiency class of	3.433105	3.102161
19	and analytical methods , a calculation model was formed and a series of	total energy consumption ,	the existing building of changes	1.683603	2.156694
20	calculations was performed . the impact on the specific energy demand , total	and energy efficiency class of an existing building of	in the regulatory framework ,	3.056960	2.564756
21	energy consumption and energy efficiency class of the existing building of changes	changes in the regulatory framework ,	features of taking	3.550932	1.891500

22	in the regulatory framework , the features of taking into account utilized heat	peculiarities of accounting for utilized heat	into account utilized heat losses ,	5.594423	16.731227
23	losses , the number of consumers is shown .	losses , and the number of consumers is shown .	and the number of consumers is shown .	70.710678	74.208848

Додаток Л

Аналіз машинного перекладу анотації статті «Критерії оцінювання встановленої трансформаторної потужності на розподільчих підстанціях електричних мереж» метрикою BLEU

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	this work is devoted to approaches to determining and substantiating the	this paper is devoted to approaches to determining and justifying the	the work is devoted to approaches to determining and substantiating the	60.767958	89.315398
2	optimal power value of transformers that installed at distribution substations .	optimal value of transformer power at distribution substations . when selecting a	optimal power value of transformers at distribution substations . when selecting a	27.091989	53.107253
3	during the selection of the transformer under working the electrical load schedule	transformer for the electrical load schedule of consumers of a distribution	transformer for the electrical load schedule of consumers of a distribution	23.708988	23.708988

4	of consumers of distribution substation in the power grid , it is necessary to ensure	substation in the power grid , it is necessary to ensure the full utilization of each	substation in the electrical network , it is necessary to ensure full use of each unit of	66.689549	37.709298
5	in full using of every unit of installed transformer capacity . for example , there are	unit of installed transformer capacity . using the examples of three transformers	installed transformer capacity . on the examples of three transformers belonging to	32.124869	16.062435
6	three transformers that belongs to the 10 kv , 35 kv and 110 kv voltage levels . it is	belonging to the voltage classes 10 kv , 35 kv and 110 kv , the paper shows the	the voltage classes of 10 kv , 35 kv and 110 kv , the calculation of the optimal	41.189863	38.899515
7	shown the calculation of the optimal value of the transformer power and the	calculation of the optimal value of transformer capacity , and the selection of this	value of the transformer power is shown , the selection of this power is performed ,	40.525877	25.748661
8	selection of this power is performed , based on the nomenclature of transformers . it	capacity based on the available range of transformers of this voltage class . a	based on the available nomenclature of transformers of this voltage class . a	14.957108	19.402571
9	was carried out a technical and economic comparison of possible combinations in	technical and economic comparison of possible options in the number and capacity	technical and economic comparison of possible options in the number and power	43.361891	43.361891

10	number and capacity of transformers to set the optimal power level .	of transformers to achieve the optimal capacity is made .	of transformers to set the optimal power was carried out .	17.491651	53.877222
11	active energy losses , profit from the transporting of active energy and the	the installed transformer capacity is estimated based on the active energy	losses of active energy , profit from the transfer of active energy and the	7.431878	49.479955
12	total discounted costs function are the estimation of the installed transformer	losses , the profit from active energy transmission , and the total discounted cost	function of total discounted costs serve as an estimate of the installed transformer	6.754313	28.917849
13	capacity . the transformers chosen for installation at the substation of the power	function . the transformers selected for installation at the substation are tested for	capacity . the transformers selected for installation at the substation are checked	38.677063	48.861032
14	grid are estimated for the ability to work at the highest ambient temperature level	their ability to operate at the highest ambient temperature level of + 40 ° c , based on	for the ability to work at the highest ambient temperature level of + 40 ° c , based on	29.759282	61.021692
15	of + 40 ° c , based on the temperature of the hot - spot point on the surface of the	the temperature of the most heated point on the winding insulation surface .	the temperature of the hottest point on the surface of the winding insulation .	18.227302	37.201359

16	insulation of the windings .	the paper concludes with a comparison of the results of two approaches to	the work concludes by comparing the results of two approaches to	6.178111	4.456883
17	this work ends by conclusion in comparison of the results of two	assessing the operating time and remaining life of insulation - when the most	estimating the operating time and residual insulation resource when the most	3.673527	3.386499
18	approaches to estimating the lifetime and residual operation life when the hot -	heated point is considered stationary and when it moves with changes in the	heated point is considered stationary and when it moves when the electric load	3.764426	6.330984
19	spot point is in stationary and when it moves during electric load changes .	electrical load .	changes .	1.154873	0.247875

Аналіз машинного перекладу анотації статті «Визначення втрат електричної енергії на основі прогнозів вузлового електричного навантаження» метрикою BLEU

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	this study proposed the use of forecasting methods based on artificial neural	the study proposes the use of forecasting methods based on artificial neural	the study proposes the use of forecasting methods based on artificial neural	72.925717	72.925717
2	networks for calculating and forecasting energy losses . the calculation of energy	networks to calculate and predict electricity losses . the calculation of electricity	networks for calculating and forecasting electrical energy losses . the calculation of	34.484443	73.488892
3	losses was performed on the cigre test network . several approaches were	losses was performed on the cigre test network . several approaches have been	electrical energy losses was performed on the cigre test network . several	82.423675	80.705573
4	developed to determine energy losses : prediction of electrical energy losses using	developed to determine electricity losses : forecasting electricity losses using	approaches were developed to determine electrical energy losses : prediction of	18.796002	48.492271
5	artificial neural networks , and calculation of losses using nodal load prediction	artificial neural networks , and calculating losses using a nodal load forecast based	electrical energy losses using artificial neural networks , and calculation of losses	37.068664	65.299421

6	based on artificial neural networks , which were compared with the classical	on artificial neural networks , which were compared with the classical method of	using nodal load prediction based on artificial neural networks , which were	82.423675	61.322974
7	method of calculating losses based on summer and winter peak load coefficients .	calculating losses by the coefficients of summer and winter maximum load	compared with the classical method of calculating losses based on summer and	16.449450	56.419860
8	depending on forecasting problems , when using artificial neural networks , the	depending on the forecasting tasks , when using artificial neural networks , the	winter peak load coefficients . depending on forecasting problems , when using	62.628450	51.566269
9	amount of electrical energy losses in distribution networks decreased by three	amount of electricity losses in distribution networks decreased three times	artificial neural networks , the amount of electrical energy losses in distribution	42.268392	53.316754
10	times compared to the calculation of losses using coefficients .	compared to compared to the calculation of losses using coefficients .	networks decreased by three times compared to the calculation of losses using coefficients .	78.607530	67.677811

Аналіз машинного перекладу анотації статті «Оцінка енергоспоживання бурового інструменту при бурінні свердловин на закарстованих породних блоках» метрикою BLEU

Sentence Nr	Human translated sentence	First machine translated sentence (DeepL)	Second Machine translated sentence (Google)	First machine translated sentence bleu score (DeepL)	Second machine translated sentence bleu score (Google)
1	the article is devoted to the analysis of energy consumption in the process	the article is devoted to the analysis of energy consumption in the process	the article is devoted to the analysis of energy consumption in the process	100.000000	100.000000
2	of drilling wells in karst rock blocks . the paper presents the results of	of drilling wells in karstic rock blocks . the paper presents the results of	of drilling wells in karst rock blocks . the paper presents the results of	78.254229	100.000000
3	experimental and analytical studies of the drilling process and energy consumption	experimental and analytical studies of the drilling process and energy consumption	experimental and analytical studies of the drilling process and energy consumption	100.000000	100.000000
4	for the destruction of rock massifs with a complex structure characterized by the	for the destruction of rock masses with a complex structure characterized by the	for the destruction of rock massifs with a complex structure characterized by the	76.116060	100.000000

5	presence of karst cavities . the operation of the drilling machine during the drilling	presence of karst cavities . the operation of the drilling rig in the process of drilling	presence of karst cavities . the operation of the drilling machine during the drilling	61.000345	100.000000
6	of the karst rock block was monitored . in the article , the use of the criterion of	a karstic rock block was monitored . the paper proposes to use the criterion of	of the karst rock block was monitored . in the article , the use of the energy intensity	28.484949	87.818798
7	energy intensity of the well drilling process is proposed to assess the level of	energy intensity of the well drilling process to assess the level of energy	criterion of the well drilling process is proposed to assess the level of energy	70.480509	85.552619
8	energy consumption by the drilling rig . on the basis of the conducted research , the	consumption by a drilling rig . on the basis of the conducted studies , the	consumption by the drilling rig . on the basis of the conducted research , the	59.773574	93.550699
9	dependence of the rotary power of the drilling machine on the productivity of	dependence of the drill rig rotator power on the well drilling performance was	dependence of the rotary power of the drilling machine on the productivity of	15.727801	100.000000
10	drilling wells was established , and the dependence of the specific energy intensity	established and the dependence of the specific energy intensity of rock drilling on	drilling wells was established , and the dependence of the specific energy intensity	59.146017	100.000000

11	of rock drilling on the drilling productivity was determined .	the drilling performance was determined .	of rock drilling on the productivity of drilling was determined .	19.505632	49.616830
12	the results of the conducted analytical and experimental studies on the	the results of the analytical and experimental studies on determining the	the results of the conducted analytical and experimental studies on the	60.341490	100.000000
13	determination of the geological structures of well columns by the energy intensity	geological structures of well columns by the energy intensity of the drilling process	determination of the geological structures of well columns by the energy intensity	70.160359	100.000000
14	of their drilling process allow the development of designs of well charges for	allow us to develop the design of downhole charges for the efficient and safe	of their drilling process make it possible to develop the designs of well charges for	7.141816	42.311785
15	effective and safe destruction of complex rock massifs .	destruction of complex rock masses .	the effective and safe destruction of complex rock massifs .	32.587980	88.011174

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВМ – вихідна мова (мова оригіналу)

МП – машинний переклад

НМП – нейронний машинний переклад

ПК – персональний комп'ютер

СМП – статистичний машинний переклад

ЦМ – цільова мова (мова перекладу)

ШІ – штучний інтелект

BLEU – Bilingual Evaluation Understudy

CAT – автоматизований переклад

НАМТ – автоматизований машинний переклад

МАНТ – автоматизований людський переклад

TER – Translation Edit Rate

SUMMARY

Machine translation is a relatively new invention of mankind, but it already occupies a large niche of instant translations that has emerged with the society's globalization and the significant acceleration of the speed of life.

Machine translation systems have many applications and exist as standalone applications as well as extensions in browsers, websites, and translator workstations, offering fast and inexpensive translation of content that can be used for general reference or as a draft for further editing, thus reducing the time spent on the manual translation process.

The study describes the temporal peculiarities of machine translation development from the first ideas at the end of the twentieth century to the present day. Thus, during the first decade (1950s-1960s) of MT systems emergence and development, the following three approaches were applied to them: the “direct translation” model, in which systems assigned one word of the source language to a single equivalent in the target language; the “interlingua” model, in which translation took place in two stages: from the source language to the interlingua and from the interlingua to the target language; the “transfer” model, in which translation consisted of three stages: analysis of abstract representations of source language texts, transfer of their content to equivalent abstract representations of target language texts, and the finished translation synthesis. The interlingua model continued to gain popularity in the second half of the 1980s. Since 1989, statistical machine translation (SMT) has been a prominent theme in many studies. In the early 1990s, researchers agreed that in order to achieve high-quality translation, future models should be “hybrids” that combine several methods at once: rule-based, statistical, and example-based. In 2015, the last transition to a new method of the machine translation emerged – neural machine translation (NMT), based on AI, which has since become the standard for all major MT systems.

Based on the works of both Ukrainian and foreign researchers, we have defined the term “machine translation” as a sub-branch of computer linguistics or natural language processing that studies the full automation of text or speech translation from one natural language into another through the use of computer software. The meaning of the concepts that arose on the basis of the previous one is also revealed, namely: “human-aided machine translation”, “machine-aided human translation”, “computer-aided translation”. Thus, automated machine translation is a machine translation with subsequent post-editing and/or pre-editing; automated human translation is one of the most common approaches nowadays, which ensures high translation accuracy with the help of computer software with such functions as machine translation suggestions, managed glossary, translation memory; automated translation is a translation that remains the responsibility of a person, but includes the use of software that can facilitate certain aspects of it, such as pre-editing, intermediate or post-editing.

Technical texts are a separate literary style, which is defined by the following characteristic features: cognitivity, informational saturation of the text; terminological vocabulary; neutral vocabulary; complete absence of emotivism; absence of monologue and dialogic speech; absence of interrogative and exclamatory modality; predominance of narrative impersonal or indefinite personal sentences. In English-language texts, the subject is often a gerund or infinitive. Passive Voice prevails in English-language texts; logical presentation of information ensures coherence and intermotivation. General nominative is achieved by using a large number of nouns, noun and numeral phrases.

The peculiarities of the scientific style determine the requirements for scientific and technical translations: accuracy (translation of the original content, where words acquire meanings in the context); clarity, precision (the translation style corresponds to the scientific and technical style of the target language, devoid of ambiguity); brevity (ensures transparency, comprehensibility); literary literacy (meets the norms of the target language).

The technologies on which machine translation relies today do not have sufficient capabilities to provide results identical to professional human translations, so they cannot meet the above requirements for scientific and technical translation. The closest to the desired results are translations based on language pairs with English, as they have been the subject of the most research. The most popular MT systems today are Google Translate which supports 134 languages and DeepL which supports 29 languages.

As soon as machine translation systems appeared on the market, the question of the quality of their output arose. Since experts were unable to meet this massive demand, they developed automatic machine translation evaluation metrics, including BLEU and TER, which were used in this study.

Scientific and technical texts are among the best for checking translation quality, especially with the help of automated verification metrics, due to their simple sentence structure, low metaphoricity, and large volume of terminology units. The main problem for equivalent translation can be the units of terminological vocabulary, which makes it possible to determine the quality of a translation produced by a particular machine translation system with high accuracy.

The study analyzed and evaluated the machine translation of 102 sentences in 11 scientific texts of the electric power industry.

The study found that the results of the Google Translate translation quality assessment using the BLEU score ranged from 13.87 to 90.50, and the overall average score for all texts was 38.33, which is a medium-high result. The study found that the results of the BLEU translation quality assessment for DeepL range from 5.02 to 58.89, and the overall average score for all texts is 35.63, which is an average result, closer to a high one. The fact that the BLEU score for Google Translate is higher than the BLEU score for DeepL means that Google Translate's machine translations are closer to the reference human translations and, therefore, of higher quality.

The results of the Google Translate translation quality assessment based on the automated TER metric range from 68.59 to 4.86, and the overall average score of all texts is 45.15, which is a medium-high result. The study found that the results of the translation quality assessment of DeepL according to the automated evaluation metric TER range from 63.97 to 18.38, and the overall average score of all texts is 47.86, which is an average, closer to a high one, result. The fact that the TER score for Google Translate is lower than the TER score for DeepL means that translations produced by Google Translate's machine translation system require less post-editing.

It can be concluded that at this stage of their development, MT systems provide satisfactory results at the level of the Ukrainian-English language pair and can be successfully used to familiarize oneself with the text contents. However, they are not yet able to reach the level of professional human translation, so it is not recommended to use them independently, but only as a draft that should be post-edited by a specialist to achieve a high-quality, namely equivalent and accurate translation.

MACHINE TRANSLATION, QUALITY, STATISTICAL MACHINE TRANSLATION, NEURAL MACHINE TRANSLATION, CAT, HAMT, MAHT, BLEU, TER, GOOGLE TRANSLATE, DEEPL.