

УДК 37:004.588; 004.85

Н. Х. САЙТГАРЕЄВ, доц., Н. Н. ШАПОВАЛОВА,
О. Г. РИБАЛЬЧЕНКО, І. О. ДОЦЕНКО, старші викладачі, С. В. БЛАШЕНКО, асист.
Криворізький національний університет

МОДЕЛЬ ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗНАНЬ У СИСТЕМАХ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ

Мета роботи – розробити і теоретично обґрунтувати ефективність застосування системи контролю знань на основі технології адаптивного тестування, яка поєднує в собі специфіку професійно-педагогічної діяльності та моніторингу якості навчання і можливість самоконтролю студентів, розробити комплекс тестових завдань з дисципліни «Системи штучного інтелекту».

Методи дослідження. У роботі використано наступні методи дослідження: аналіз джерел з досліджуваної теми, методи визначення психологічного типу людини, методи теорії штучного інтелекту для індивідуалізації контролю знань, моделювання процесу навчання алгоритмів класифікації, формалізація побудованих моделей, методи проектування програмного забезпечення для розробки програмної моделі, емпіричні методи обґрунтування оптимальних параметрів навчання моделі, методи об'єктно-орієнтованого проектування та програмування.

Наукова новизна полягає в тому, що розроблена модель дозволяє на початковому етапі оцінювання якості знань студентів враховувати психотип особистості, підбирати форму подання інформації і завдань згідно особливостей сприйняття і рівню засвоєного матеріалу. Модель адаптивного контролю має достатньо високу здатність до узагальнення і може використовуватись для проведення тестування з різних галузей знань при наявності бази питань та завдань у відповідній формі. На основі розробленої моделі створено програмний модуль, який дає змогу проаналізувати ступінь засвоєності навчального матеріалу у студентів з різним рівнем підготовки і знань.

Практична значимість виконаної роботи полягає в тому, що розроблено комплекс різних за рівнем складності тестів з дисципліни «Системи штучного інтелекту» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення». Комплекс тестових завдань може бути використаний для визначення якості знань із різних дисциплін циклу професійної підготовки, що передбачають опанування технологій штучного інтелекту; розроблене програмне забезпечення можливо використовувати як засіб інформаційно-комунікаційних технологій в процесі навчання будь-яких дисциплін.

Результати. Запропоновано особистісно-орієнтований підхід до розробки тестових завдань, розроблено універсальну систему адаптивного контролю якості знань, а також складено комплекс предметно-орієнтованих тестових завдань різного рівня складності для поточного та модульного контролю з дисципліни «Системи штучного інтелекту» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення».

Ключові слова: Адаптивне тестування, машинне навчання, психологічні типи особистості.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-51-52-57

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. У сучасному освітньому просторі функціонує багато форм, способів та методів контролю знань, вмінь і навичок студентів. Від правильної організації контролю знань залежить ефективність як системи навчально-виховного процесу, так і якість підготовки фахівця.

Адаптивне тестування – це технологія визначення рівня знань студентів, в якій кожне наступне питання підбирається автоматично, виходячи з отриманих відповідей на попередні питання і визначеного заздалегідь рівня складності. Головною відмінністю адаптивного тестування від класичних тестів є динамічне (в реальному часі), а не статичне визначення переліку питань. При цьому вибір чергового питання визначається персональними особливостями кожного окремого студента.

Застосування системи адаптивного контролю знань дає можливість вирішувати низку актуальних завдань таких, як створення предметних комплексів тестових завдань; створення засобів індивідуалізованої діагностики рівня знань і ступеню засвоєності матеріалу; формування наочного представлення і інтерпретація результатів тестування.

Особливістю застосування адаптивних технологій в освіті є те, що контроль якості знань відбувається постійно в процесі навчання дисципліни, а не лише під час модульного або сесійного контролю. Цей факт дає можливість викладачу мати оперативну і об'єктивну інформацію про якість засвоєння матеріалу, правильне його розуміння, про самостійну роботу студентів тощо. Таким чином, адаптивні системи навчання, зокрема адаптивне тестування, дають можливість оптимізувати процес навчання.

Мета дослідження полягає у тому, щоб теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити систему адаптивного тестування з дисципліни «Системи штучного інтелекту» у фаховій підготовці здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення».

Аналіз досліджень і публікацій. Система контролю навчальних досягнень студентів, яка є важливим компонентом будь-якої форми навчання, наразі потребує оновлення та розвитку таких засобів контролю знань, що забезпечують виконання вимог об'єктивності, зіставності, прогностичності результатів оцінювання та мають чіткі критерії процедур оцінювання.

Організація навчального процесу нині характеризується широким застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій, насамперед, впровадженням тестування з використанням комп'ютерної техніки. З питань комп'ютерного тестування для визначення рівня знань студентів проведено багато досліджень, створені програмні засоби для генерації та перевірки тестів. Безумовно, системи автоматизованого тестування забезпечують підвищення ефективності навчального процесу і є економічно вигідними, але відсутність індивідуального підходу до студентів із урахуванням їх особистісних характеристик суттєво знижують об'єктивність, зіставність та прогностичність результатів оцінювання [1].

Як зазначає М. Мазорчук, традиційні системи автоматизованого тестування мають суттєвий недолік: кожне наступне завдання тесту генерується випадковим вибором з усієї множини завдань конкретної теми [2]. При такому алгоритмі нерідкі ситуації, коли студенту з низьким рівнем знань пропонуються складні завдання, результатом цього стане майже повна відсутність відповідей. Полярною ситуацією стане така, коли студенту з високим рівнем знань будуть запропоновані легкі тести. Тобто, для забезпечення об'єктивності та зіставності результатів середня складність тестового завдання має відповідати прогнозованому рівню підготовки студента. Такий підбір завдань можна здійснити за допомогою адаптивного тестування.

За визначенням О. Малигіна, адаптивне тестування – це науково обґрунтований метод контролю рівня знань студентів, який реалізується за допомогою автоматизованих процесів генерації, пред'явлення та оцінювання результатів виконання адаптивних тестів. Кожне наступне питання тесту підбирається автоматично, виходячи з отриманих відповідей на попередні питання і визначеного заздалегідь рівня складності [3]. Адаптивне тестування робить процедури контролю знань ефективнішими за рахунок індивідуального підходу та пропонування студентіві завдань, що відповідають його рівню підготовки.

Науковою базою адаптивного тестування є сучасна теорія тестів – Items Response Theory (IRT). Головна ідея IRT – це обґрунтування можливості ефективного прогнозування результатів тестування на завданнях різного рівня складності, що є необхідною вимогою для систем адаптивного тестового контролю [4]. Прогноз ґрунтується на наступних твердженнях: існують латентні параметри особистості, які недосяжні для безпосереднього спостереження. У тестуванні це рівень підготовки випробуваної особи та рівень складності завдання; існують індикаторні змінні, що пов'язані з латентними параметрами, доступні для безпосереднього спостереження.

Постановка завдання. Проектування системи адаптивного контролю знань має складатися з реалізації трьох модулів, що відповідають цілям розроблювальної системи і постійно взаємодіють в процесі використання системи: збір даних; підбір контенту; персоналізація.

Модуль збору даних складатиметься з первинного (вхідного) тестування і збереження результатів тестування з дисципліни. На цьому етапі відбувається формування образу студента на основі його психотипу, типу каналу сприйняття інформації (візуал, аудіал, кінестет, дигітал), а також накопичення відомостей про знання студента, про ступінь засвоєння тих чи інших понять.

В залежності від паттернів поведінки студента в системі, його особливостей, реакції на зміни в рівнях складності підібраних завдань, інформація про образ користувача узагальнюється і формується контент за певними типами. Так, це можуть бути схеми, графіки, частини програмного коду, об'єкти доповненої реальності тощо [5]. В основі реалізації модуля підбору контенту лежить завдання визначення оптимальних параметрів відповідності типу представлення інформації образу студента за допомогою реалізації алгоритму машинного навчання, який моделює процес типової задачі навчання за прецедентами.

Модуль персоналізації включатиме в себе диференціацію завдань за рівнем складності, відображення прогресу успішності кожного студента, прогнозу тестування виходячи з кількості спроб пройти тест і середнього результату, досягнутого за час всіх спроб.

Викладення матеріалу та результати. Для реалізації алгоритму адаптивного тестування в даній роботі використовується однопараметрична модель IRT Дж. Раша. Модель відображає вірогідність успіху випробуваного як функцію одного параметра – різниці рівня підготовки випробуваного і рівня складності завдання.

У своїх дослідженнях В. Аванесов відзначив, що тестові питання, крім того, що повинні відрізнятися за рівнем складності, мають відповідати наступним вимогам: стислість; технологічність; правильність форми; правильність змісту; логічна форма висловлювання; однаковість правил оцінки відповідей [6], і можуть бути представлені у різних типах: закриті (багатоальтернативні і одноальтернативні), відкриті, на встановлення відповідності між елементами, на встановлення правильної послідовності, ситуаційні тестові завдання [7].

Формально модель оцінювання результатів адаптивного тестування можна представити у вигляді диференційного рівняння [4]. Респонденту необхідно виконати N тестових завдань рівня складності $d_i = [1, D]$, при чому результат виконання тесту T залежить від результатів виконання попередніх завдань і тому неперервно змінюється. Для оцінки знань використовується неперервна шкала оцінювання в діапазоні $[0, 1]$, а оцінка за виконання кожного завдання тесту вимірюється коефіцієнтом $t_i \in [0, 1]$. При цьому доцільно ввести коефіцієнт B перерахунку результатів тестування у довільну систему балів. Так, найнижча оцінка дорівнюватиме 1, а найвища – B балів. Оскільки будь-яка система оцінювання знань, яка базується на виконанні тестів, дає можливість вгадати вірний варіант відповіді, необхідно ввести коефіцієнт вірогідності вгадування $g_i \in [0, 1]$. З урахуванням усіх параметрів, модель оцінювання результатів адаптивного тестування можна подати у вигляді (1).

$$f(N, d_i, t_i, g_i, B)=1. \quad (1)$$

Для кожного з типів тестових завдань коефіцієнт t_i розраховується по-різному. В роботі авторами було запропоновано використовувати закриті одноальтернативні і багатоальтернативні тестові завдання з урахуванням можливості вгадуванням правильною відповіді.

Алгоритм відбору завдань будується за принципом зворотного зв'язку: при правильній відповіді студента чергове завдання вибирається вищого рівня складності, а при невірній відповіді – нижчого рівня, ніж те, на яке студентом була дана невірна відповідь. При першому тестуванні рівень респондента встановлюється $R_0=0$, і перше питання тесту автоматично буде запропоновано з високого рівня складності. В залежності від правильності відповідей на запропоновані питання, рівень підготовленості перераховується.

Так, після виконання чергового тестового завдання наступне підбирається такого рівня складності, який розраховується виходячи з попередньої відповіді.

Не дивлячись на усі переваги, в концепції адаптивного тестування недостатньо реалізовано оцінювання особистісних параметрів випробуваного. Врахування в системі адаптивного навчання рис особи, яку навчають, дозволяє найефективніше досягнути поставленої мети навчання.

В ході дослідження Ю. Кольцов і Н. Добровольська дійшли висновку, що до ядра моделі особи, що навчається, доцільно включити наступні якості і характеристики особистості: тип мислення; форма представлення знань, що найкраще сприймається особою; впевненість при відповіді; рівень засвоєння знань [8].

Індивідуальні особливості – це стабільна характеристика особи, яка не змінюється взагалі або змінюється протягом тривалого періоду часу. Вони визначаються за допомогою спеціально розроблених психологічних тестів. Особи, які навчаються, можуть мати інтуїтивне або теоретико-методологічне мислення, різний рівень тривоги під час відповіді, мотивацію до навчання й особливості процесів запам'ятовування та забування.

Відповідно, для різних категорій осіб можна запропонувати завдання з різними формами представлення знань: аналітичною (аналітичні вирази, математичні моделі, формалізовані описи), образною (схеми, малюнки, відеофрагменти), евристичною (практичні методи, евристичні описи).

У процесі навчання все частіше впроваджуються інноваційні технології, однією з таких є особистісно-орієнтований підхід, котрий полягає в основі багатьох стилів або моделей навчання. Найпопулярнішою моделлю навчання стала ВАК-модель, яка базується на психофізіологічних особливостях сприйняття інформації [9]. Спираючись на цей факт, вирізняють чотири психотипи: аудіали, візуали, кінестети та дигітали (діскрети). ВАК-модель враховує фізіологічні

властивості при виборі найбільш прийняттого способу сприймати інформацію в залежності від психотипів.

З метою обрання методики визначення психотипу студента за сприйняттям інформації було розглянуто низку психологічних тестів: тест на визначення психотипу та схильності до роботи в групах або індивідуально [10]; діагностика домінуючої перцептивної модальності С. Єфремцева [11]; тест на визначення певного інтегрального показника загальних здібностей В. Бузіна, Е. Вандерліка; методика «Реєстр стилю інформаційного засвоєння» А. Грегоса (виявлення пріоритетних способів збору інформації) [12].

Для даної роботи був обраний тест «Діагностика домінуючої перцептивної модальності С. Єфремцева», як такий, що максимально відповідає наступним критеріям: вік опитуємих, призначення, кількість питань. Інформація, зібрана на початковому етапі роботи системи акумулюється у модулі збору даних.

Розроблювальна система адаптивного контролю знань складається з трьох модулів, які постійно взаємодіють в процесі роботи системи: збір даних; підбір контенту; персоналізація.

Для реалізації модулів підбору контенту і персоналізації необхідно вирішити задачу класифікації образу кожного користувача, щоб обрати саме той рівень складності наступного тестового завдання, який відповідає рівню знань і типу сприйняття певного студента. Для вирішення цього завдання будемо використовувати методи машинного навчання (МН). МН – це достатньо великий підрозділ штучного інтелекту, що вивчає методи побудови алгоритмів, здатних навчатися.

Досліджувана задача відноситься до класу задач навчання за прецедентами (supervised learning). Процес розробки певної моделі МН складається з наступних етапів: процес підготовки (представлення) даних; процес конструювання алгоритму; процес тренування алгоритму на наявних даних; процес валідації алгоритму на тестових даних.

На етапі представлення визначаються правила кодування елементів і формування конструкцій даних [13]. В якості об'єктів навчання виступають вектори, які формуються з ознак, представлених у числовій формі. Будемо використовувати наступні ознаки: психотип випробуваної особи; форма представлення інформації; рівень прогресу випробуваної особи.

Ознака «психотип випробуваної особи» належить до номінального типу (ознаки з неупорядкованими станами) і може приймати значення одного з визначених психологічних типів особи: візуал, аудіал, кінестет, дигітал. Поставимо кожному типу ознаки у відповідність числове значення: 1 – візуал; 2 – аудіал; 3 – кінестет; 4 – дигітал.

Ознака «форма представлення інформації» також є номінальною, і в числовій формі приймає наступні значення: 1 – аналітична; 2 – образна; 3 – евристична; 4 – аудіальна.

Ознака «рівень прогресу» відображує динаміку показника якості знань на момент класифікації і розраховується як темп приросту коефіцієнта оцінки за кожне питання у тесті. Оскільки ознака «рівень прогресу» порядкового типу, необхідно дійсним значенням показника темпу приросту поставити у відповідність впорядковані цілі числа, які можна порівнювати один з одним, але відстань між ними не визначена. При від'ємному значенні темпу приросту ознака «рівень прогресу» приймається за 1, при нульовому – 2, при додатному – 3.

В якості класів виступає рівень складності наступного завдання. Зазначена ознака є ціловою, тобто саме її значення необхідно прогнозувати, за типом – порядкова, і приймає значення: 1 – легкий рівень; 2 – середній; 3 – складний.

Поставлена задача класифікації може бути розв'язана багатьма методами МН, зокрема Баєсівським класифікатором, деревом рішень, алгоритмічною композицією дерев рішень, штучною нейронною мережею тощо [14].

На сьогоднішній день найефективнішим класифікатором є метод машинного навчання – градієнтний бустінг, що належить до класу композиційних методів. Бустінг – це спосіб створення композицій з дерев рішень, в рамках якого базові алгоритми будуються послідовно, один за одним і кожен наступний алгоритм підбирається таким чином, щоб виправляти помилки вже побудованої композиції. На етапі конструювання алгоритму побудовано класифікатор за допомогою вільно розповсюджуваних бібліотеки машинного навчання мови програмування Python – scikit-learn.

Для розроблювального програмного забезпечення було обрано клієнт-серверну архітектуру, у якій клієнт і сервер взаємодіють через протокол HTTP. Програмне забезпечення адаптив-

ного тестування розроблене з урахуванням архітектурного стилю REST, який визначає обмеження на використання HTTP, і описує якісно розроблений веб-застосунок: надійний, правильно працюючий, масштабований, з простим елегантним дизайном, що може бути легко змінений [15].

В процесі розробки веб-застосунку авторами було використано концепцію відокремлення логічних розділів коду, що сприяє більш високій згуртованості як у первинній розробці, так і в постійній підтримці будь-якої системи. Чітке розмежування між клієнтськими та серверними рівнями робить легко керованими модульні розділи коду. Способом розробки програмного забезпечення було обрано схему відокремлення даних застосунку, інтерфейсу користувача і керуючої логіки – MVC (Model – View – Controller).

Розроблено базу різнорівневих за складністю тестових питань з дисципліни «Системи штучного інтелекту», що викладається впродовж 7–8 семестрів бакалаврам зі спеціальності 121 – «Інженерія програмного забезпечення». Дисципліна складається з 5 змістових модулів і 19 тематичних тестів. Кожен тест містить від 5 до 8 питань двох типів: з однією вірною відповіддю (одноальтернативні питання) і декількома вірними відповідями (багатоальтернативні).

Розроблено веб-орієнтоване програмне забезпечення AdaptEd з адаптивним інтерфейсом, що дає змогу застосовувати тестування з дисципліни безпосередньо під час лекційних занять на мобільних пристроях студентів. Система AdaptEd надає можливість створювати інтерактивні курси дисциплін завдяки тому, що викладач може наповнювати систему лекційними матеріалами, додатковими матеріалами, завданнями на лабораторні або практичні роботи, тестовими завданнями тощо.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У процесі дослідження проблеми розробки веб-орієнтованого програмного забезпечення системи адаптивного тестування бакалаврів було проаналізовано сучасний стан використання методів комп'ютерного адаптивного тестування, обґрунтовано вибір методів реалізації системи контролю якості знань з урахуванням індивідуальних особливостей студента, розроблено універсальну систему адаптивного контролю якості знань, а також складено комплекс предметно-орієнтованих тестових завдань різного рівня складності для поточного та модульного контролю з дисципліни «Системи штучного інтелекту» для бакалаврів за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення».

Результати виконаного дослідження дають можливість зробити наступні висновки: адаптивне тестування, засноване на урахуванні індивідуальних показників випробуваного, є ефективним методом контролю знань студентів закладів вищої освіти; реалізація адаптивного тестування знань має виконуватися за умов систематичності контролю, індивідуалізації за типами особистості і рівнем знань; програмне забезпечення, що реалізує систему адаптивного тестування має бути у постійному доступі для випробуваного, тому реалізована модель взаємодії клієнт-сервер; база тестових завдань має налічувати достатню їх кількість за кожним рівнем складності і бути представлена у різній формі представлення інформації.

Результати експериментального використання розробленого програмного забезпечення для адаптивного контролю якості знань студентів з дисципліни «Системи штучного інтелекту» показали, що систему тестування доцільно доповнити завданнями з розгорнутою відповіддю. Крім того, бажано розширити базу тестів завданнями з образною та евристичною формами представлення знань. Зазначені зауваження визначають шляхи подальшого вдосконалення розробленої системи адаптивного контролю якості знань: вивчити методику і розробити механізм оцінювання розгорнутої відповіді за допомогою методів латентно-семантичного аналізу; реалізувати програмний модуль, що забезпечуватиме можливість демонстрації випробуваним завдань з мультимедійним контентом.

Список літератури

1. Аванесов В. С. Научные проблемы тестового контроля знаний: монография / В. С. Аванесов. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1994. – 135 с.
2. Мазорчук М. С. Оценка параметров теста на основе модели IRT / М. С. Мазорчук, В. С. Добряк, К. А. Гончарова // Системи обробки інформації. – Харків, 2010. – № 7(88). – С. 121-125.
3. Малыгин А. А. Адаптивное тестирование учебных достижений студентов в дистанционном обучении : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. пед. наук / Малыгин А. А., 2011.
4. Звонников В. И. Шкалирование и выравнивание результатов педагогических измерений / В. И. Звонников, Н. Н. Найденова, С. В. Никифоров, Челышкова М. Б. – М.: Логос, 2003. 96 с.

5. **Striuk, A.**: Проектирование учебных объектов дополненной реальности [Electronic resource] / **Андрей Стрюк** // Transactions. Georgian Technical University. Automated control systems. – 2018. – № 2(26). – С. 127-134. – Access mode : https://gtu.ge/Journals/mas/Referat/N26_conf_unesco_2018_2_26.pdf
6. **Аванесов В. С.** Основы теории педагогических измерений / **В. С. Аванесов** // Педагогические измерения. – 2004. – № 1. – С. 15-21.
7. **Бондаренко М. Ф.** Оценивание тестовых заданий разных типов и определение их уровня сложности / **М.Ф. Бондаренко, В. В. Семенец, Н. В. Белоус, И. В. Куцевич, И. А. Белоус** // Штучний інтелект. – 2009. – № 4. – С. 322-329. – Бібліогр.: 7 назв. – рос.2 . http://www.foibg.com/ibs_isc/ibs-12/ibs-12-p07.pdf
8. **Кольцов Ю. В.** Нейросетевые модели в адаптивном компьютерном обучении / **Кольцов Ю. В., Н. Ю. Добровольская** // Educational Technology & Society 5(2), 2002. – С. 213-216.
9. **Wulansari Y.** The Use of Visual Auditory Kinesthetic (VAK) Learning Model to Improve Students' Reading Comprehension: Graduating Paper // Yeni Wulansari. – Salatiga : State Institute for Islamic Studies, 2016. – 178 p.
10. **Фетискин Н. П.** Диагностика доминирующей перцептивной модальности (С. Ефремцева) / **Н. П. Фетискин, В. В. Козлов, Г. М. Мануйлов.** Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп. – М., 2002. – С.237–238. – Режим доступу до ресурсу: <https://psycabi.net/testy/289-test-audial-vizual-kinestetik-diaagnostika-dominiruyushchej-pertseptivnoy-modalnosti-s-efremtseva>
11. **Грегос А. Р.** Методика «Реестр стиля информационного усвоения» [Электронный ресурс] / **А. Р. Грегос.** – Режим доступу до ресурсу: <https://psytests.org/cognitive/gregos.html>
12. **Челомбійко В. Ф.** Використання ілюстративного матеріалу для створення книжкових та електронних мультимедійних видань / **В. Ф. Челомбійко, М. О. Мажуга** // Бионика интеллекта. – 2016. – №1 (86). – С. 112–115.
13. ГОСТ: Организация данных в системах обработки данных. Термины и определения. ГОСТ 20886-85.
14. **Шаповалова Н. Н.** Порівняльний аналіз методів оптимізації функціоналу якості моделей машинного навчання / **Н. Н. Шаповалова, О. Г. Рибальченко, Д. І. Куропятник** // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць / національний університет Криворізький ; М-во освіти і науки України, ДВНЗ «КНУ». – Кривий Ріг, 2018. – Вип. 46. – С. 104 – 112.
15. **Saternos C.** Client-Server Web Apps with JavaScript and Java / Casimir Saternos. – USA: O'Reilly Media, 2014. – 260 с.

Рукопис подано до редакції 05.10.2020

УДК 629.1.072.2

I.V. HIRIN, Senior Lecturer, V.Yu TYSHCHENKO, Research Associate,
Kryvyi Rih National University

COMPARATIVE ANALYSIS OF SAFETY DESIGN FOR ELECTRIC VEHICLE AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE CARS

Purpose. A comprehensive study of the current safety design of electric vehicles (EVs), identifying the problems to be addressed for the development of the national electric mobility market infrastructure and the competition with conventional internal combustion engine cars (ICE) in Ukraine.

Research methods. Synthesis and analysis of the published theoretical developments using world statistical indicators on electric vehicles, analytical calculations, and statistical analysis. The methodology of theoretical research is based on the logical and mathematical methods. A number of particular methods are as follows: axiomatic and hypothetical methods, analysis and synthesis, interpretation method. An integrated approach including synthesis and analysis of literature review and research on automobile transport.

Scientific novelty. The analytical assessment of the safety design of up-to-date electric vehicles and the identification of the key directions and technical capabilities to further enforce of active, passive, post-accident and environmental safety of electric vehicles.

Practical significance. The main design criteria result in reduced road traffic fatality rates thanks to a number of electric vehicles on the road. The high dependence of the whole EV safety design on individual parts and units of the EVs has a direct impact on improving road safety.

Results. A comparative analysis of the technological components of active, passive, post-accident and environmental safety of electric vehicles and conventional cars. Test results of EVs compared to ICE cars are summarized. An assessment of fire risks of vehicles equipped with electric batteries of different types. The constructive solutions of modern mass-produced electric vehicles, which pose the greatest threat to road safety, are noted. Further research priorities for improvement of electric vehicle safety design are identified.

Key words: electric vehicle, safety design, electric vehicle battery, crash tests of electric vehicles.

doi:10.31721/2306-5451-2020-1-51-57-62

Problem statement. Although the popularity of the electric cars are growing at an incredible rate in the modern world of high technology every year, their development has problems and controversial issues. It is obvious that an electric vehicle (EV) and a conventional internal combustion engine (ICE)