

М.Л. Рябчиков, В.С. Пуць, В.Л. Мартинюк

Луцький національний технічний університет

**ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ІНЖЕНЕРНОЇ ЕТИКИ В ПРОЦЕСІ
КОНСТРУЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МАШИН**

У статті розглядається значення інженерної етики в процесі конструювання інноваційних машин у контексті стрімкого технологічного розвитку. Автор аналізує основні етичні принципи, закріплені в міжнародних кодексах (NSPE, IEEE, FEANI, WFEO), та їхнє практичне застосування у сфері машинобудування. Особлива увага приділяється моральним дилемам, етичним ризикам і викликам, що виникають під час проектування техніки з автономними елементами та використанням штучного інтелекту. Наведено приклади з реальної інженерної практики, які ілюструють роль етики у забезпеченні безпеки, соціальної відповідальності й довіри до нових технологій. Запропоновано підходи до інтеграції етичних норм у інженерну освіту та процес ухвалення рішень. Результати дослідження підкреслюють необхідність етичної свідомості як ключової компетенції сучасного інженера.

Ключові слова: інженерна етика, інноваційні машини, моральна відповідальність, автономні системи, сталий розвиток.

M. Riabchykov, V. Puts, V. Martyniuk

**APPLICATION OF ENGINEERING ETHICS PRINCIPLES IN THE DESIGN OF
INNOVATIVE MACHINES**

In today's rapidly evolving world, technological innovation has become an integral part of everyday life. The design and development of modern machinery—from industrial robots to autonomous vehicles—requires not only advanced technical knowledge but also a strong sense of ethical responsibility from engineers. This underscores the growing relevance of engineering ethics in technological design processes. The study explores the importance and methods of implementing ethical principles in the creation of innovative machines, aiming to ensure safety, efficiency, and social responsibility in engineering. Key issues include the ethical risks of machine design, such as user safety, privacy concerns, environmental impact, and potential misuse of technology. The analysis also highlights the role of international codes of ethics (NSPE, IEEE, FEANI, WFEO) and the concept of "value-sensitive design" in addressing these challenges. Practical cases—such as the development of self-driving cars and the choice of structural safety margins in vehicle frames—illustrate how ethical approaches influence engineering decisions. The study concludes that integrating ethical considerations from the earliest stages of design is essential for the creation of responsible, trustworthy, and sustainable technologies.

Keywords: engineering ethics, innovative machines, moral responsibility, autonomous systems, sustainable development.

Постановка проблеми в загальному вигляді

У сучасному світі, що стрімко розвивається, технологічні інновації стали невід'ємною частиною повсякденного життя. Конструювання новітніх машин – від промислових роботів до автономного транспорту – вимагає не лише високого рівня технічної компетенції, а й усвідомлення етичної відповідальності інженерів [1]. Це зумовлює зростаючу актуальність принципів інженерної етики в процесі проектування та розробки нових технологій [2].

По-перше, інноваційні машини можуть мати значний вплив на безпеку людей, довкілля та суспільство загалом. Неправильні рішення на етапі конструювання можуть призвести до серйозних наслідків – техногенних аварій, шкоди здоров'ю чи навіть загибелі людей. Тому дотримання етичних норм, таких як відповідальність, чесність, безпечність і дотримання законодавства, є критично важливим.

По-друге, інженерна етика дозволяє запобігти потенційним конфліктам інтересів, зловживанням у сфері інтелектуальної власності та порушенням прав користувачів. В умовах високої конкуренції й економічного тиску етичні принципи допомагають зберігати професіоналізм та об'єктивність інженерних рішень.

По-третє, впровадження етичних принципів у процес інженерного проектування сприяє формуванню довіри суспільства до нових технологій, що є ключовим чинником для їх широкого впровадження та успішної комерціалізації.

Таким чином, вивчення та застосування принципів інженерної етики в процесі створення інноваційних машин є надзвичайно важливим для забезпечення не лише технічної якості, а й соціальної відповідальності сучасної інженерної діяльності.

Дослідження стану питання

Тема інженерної етики в умовах сучасного технологічного розвитку дедалі частіше стає предметом наукових досліджень у сфері інженерії, філософії техніки та прикладної етики. У фокусі науковців – взаємозв'язок між моральною відповідальністю інженера та практичними наслідками технічних рішень, особливо в контексті інноваційних проєктів.

© М.Л. Рябчиков, В.С. Пуць, В.Л. Мартинюк

У працях таких авторів, як Майк Мартін та Роланд Шустерман [3], розглядаються фундаментальні принципи інженерної етики: безпека, компетентність, чесність, повага до законодавства та суспільних інтересів. Ці принципи закріплені також у кодексах провідних професійних організацій, зокрема NSPE (National Society of Professional Engineers) та IEEE Code of Ethics.

За даними дослідження [4], інновації часто пов'язані з невизначеністю та ризиками, що вимагає від інженера особливої моральної обачності. Автори наголошують, що етичне проектування – це не лише уникнення шкоди, а й активне прагнення до суспільного блага.

Окрему увагу приділяють викликам, що виникають при розробці машин з елементами автономності. У працях [5] та [6] йдеться про моральну відповідальність за дії автономних систем, важливість прозорості алгоритмів та запобігання технологічним зловживанням.

Дослідження [7] акцентує увагу на тому, що етична відповідальність має бути інтегрована у процес інженерної освіти та системи прийняття рішень. У своїх роботах вони пропонують концепцію "value-sensitive design", яка передбачає врахування людських цінностей з перших етапів проектування.

У публікаціях IEEE та Engineering Ethics Cases від NSPE [8] наведено численні кейси, де порушення або дотримання етичних норм суттєво вплинуло на результат інженерних проєктів. Наприклад, кейс про аварію космічного шатлу Challenger [9] часто аналізується як приклад ігнорування етичних попереджень інженерів заради комерційного чи політичного тиску.

Аналіз літературних джерел свідчить про зростаюче визнання ролі етики в інженерній діяльності, особливо в умовах впровадження складних та потенційно ризикованих технологій. Використання етичних принципів у процесі конструювання інноваційних машин стає не лише моральною вимогою, а й стратегічним фактором забезпечення сталого розвитку, безпеки та суспільної довіри до нових технологій.

Мета даного дослідження – дослідити значення та способи впровадження принципів інженерної етики у процесі конструювання інноваційних машин з метою забезпечення безпеки, ефективності та соціальної відповідальності інженерної діяльності.

Для досягнення цієї мети треба розв'язати такі задачі:

1. Проаналізувати основні принципи інженерної етики та їх нормативно-правове регулювання.
2. Дослідити вплив етичних підходів на процес прийняття інженерних рішень під час створення інноваційної техніки.
3. Визначити етичні ризики та виклики, які можуть виникати при конструюванні нових машин.
4. Розглянути практичні приклади застосування інженерної етики в інноваційних проєктах.
5. Сформулювати рекомендації щодо інтеграції етичних норм у процеси проектування і розробки технічних інновацій.

Основні принципи інженерної етики обґрунтовані в багатьох міжнародних документах.

Один із найвідоміших етичних кодексів у світі – це кодекс NSPE (National Society of Professional Engineers – США). Він прийнятий у США, але активно використовується в міжнародній практиці. Він визначає першочергову відповідальність у термінах безпеки, здоров'я та добробуту суспільства. Інженери повинні діяти відповідально, чесно, справедливо і в межах своєї компетенції. Проголошується професійна чесність, незалежність і неупередженість. Рекомендовано уникати конфлікту інтересів, забезпечувати захист конфіденційної інформації.

Європейський етичний кодекс інженера FEANI (Fédération Européenne d'Associations Nationales d'ingénieurs – Європа) використовується на рівні ЄС та підтримується багатьма інженерними асоціаціями. основні принципи, що проголошуються в документі - дотримання законів і стандартів ЄС, повага до навколишнього середовища, сталий розвиток, відповідальність перед замовниками, суспільством і колегами, постійне професійне вдосконалення, прозорість у професійній діяльності.

IEEE Code of Ethics (Institute of Electrical and Electronics Engineers – міжнародна спільнота інженерів). Застосовується у сфері електроніки, ІТ, телекомунікацій, штучного інтелекту та суміжних галузях. Його основні положення проголошують підвищення добробуту людства через технології, чесність, справедливість, повага до колег і суспільства, уникнення дискримінації, захист прав інтелектуальної власності, прозоре інформування про можливі ризики технічних рішень, сприяння освіті й передачі знань.

Кодекс WFEO (World Federation of Engineering Organizations) – це глобальний етичний документ, що охоплює всі галузі інженерії. Він має консультативну функцію для формування національних кодексів етики. Слід відзначити його особливості: визнання інженерії як чинника

розвитку людства, орієнтація на сталий розвиток, кліматичні виклики, баланс між інтересами бізнесу та суспільства.

Порівняння основних міжнародних етичних кодексів інженерів наведені в таблиці. Вона демонструє спільні риси та унікальні особливості кожного з них.

Таблиця

Порівняння етичних кодексів інженерів

Критерій	NSPE (США)	FEANI (Європа)	IEEE (Міжнародний)	WFEO (Глобальний)
Галузь застосування	Загальна інженерія	Європейська інженерна спільнота всіх напрямів	Електроніка, ІТ, телекомунікації, ШІ	Всі сфери інженерії у глобальному контексті
Пріоритетні цінності	Безпека, здоров'я, суспільне благо	Сталий розвиток, дотримання законодавства	Етичність у використанні технологій, інклюзивність	Розвиток людства, екологія, глобальна відповідальність
Ключові принципи	Безпека, чесність, компетентність, уникнення конфліктів	Законність, повага до природи, професійна гідність	Недискримінація, захист ІВ, чесність, етичне лідерство	Етика сталого розвитку, етична інженерна освіта
Ставлення до екології	Побічно згадується	Чітко прописано у принципах	Присутня в частині щодо впливу технологій	Один з центральних принципів
Конфіденційність та ІВ	Захист конфіденційної інформації	Визнання прав на розробки	Активний захист інтелектуальної власності	Підтримка прав ІВ на глобальному рівні
Контроль за дотриманням	Професійні комісії в США	Національні організацій-члени	Етичні комітети IEEE	Рекомендаційний характер, вплив через ООН/ЮНЕСКО
Особливості	Один із найстаріших кодексів (з 1940-х)	Врахування європейських директив та стандартів	Дуже конкретний, адаптований до нових технологічних викликів	Фокус на глобальну справедливість і виклики XXI століття

У процесі створення інноваційної техніки інженери стикаються не лише з технічними завданнями, а й із складними моральними дилемами. Етичні підходи відіграють ключову роль у формуванні відповідального, безпечного та соціально значущого інженерного продукту. Вони впливають на всі етапи прийняття рішень – від концептуального проєктування до впровадження готового виробу в експлуатацію.

По-перше, етика допомагає визначити пріоритети у виборі між кількома технічними рішеннями. Наприклад, інженер може обирати між дешевшим, але менш безпечним варіантом і дорожчим, який краще захищає користувача. Етичний підхід передбачає відмову від компромісів, що загрожують життю, здоров'ю або гідності людей, навіть якщо це економічно невигідно.

По-друге, етичні принципи вимагають прозорості та чесності в інженерній діяльності. Це означає недопущення фальсифікації даних, прикриття дефектів або невиправдане применшення ризиків. Інженер, який діє етично, відкрито повідомляє про потенційні небезпеки, навіть якщо це може викликати незручності або затримку в проєкті.

По-третє, етика впливає на ставлення до екології та сталого розвитку. Під час розробки нових машин етичний інженер враховує вплив на довкілля, шукає шляхи мінімізації шкоди та намагається використовувати ресурси раціонально.

Також важливим є аспект соціальної справедливості – інновації не повинні сприяти дискримінації, експлуатації чи обмеженню прав людини. Наприклад, при створенні алгоритмів

штучного інтелекту чи автономних систем інженер має враховувати потенційне упередження або несправедливе трактування даних.

Таким чином, етичні підходи забезпечують баланс між технічними можливостями та моральною відповідальністю, що дозволяє створювати інноваційну техніку, яка не лише ефективна, а й безпечна, надійна та соціально корисна.

Потенційні етичні ризики при створенні нових технологій.

У процесі розробки та впровадження інноваційних машин інженери нерідко стикаються з низкою етичних викликів. Ці ризики можуть мати суттєвий вплив на суспільство, довкілля та саму інженерну спільноту. Розглянемо найпоширеніші з них.

Інноваційні машини, особливо ті, що працюють в автономному режимі, можуть створювати загрозу для людей у разі помилок в алгоритмах, недосконалого проєктування або недостатнього тестування. Недотримання етичних норм у цьому контексті може призвести до аварій, травм або навіть смертельних випадків [10].

Сучасні технології часто передбачають збір, зберігання та обробку особистих даних користувачів. За відсутності чітких механізмів інформування та згоди, це створює серйозні етичні та правові ризики, пов'язані з втручанням у приватне життя людини [11].

Автоматизація виробничих процесів, що супроводжує інновації, може призвести до масового скорочення персоналу. Це загрожує посиленням соціальної напруги, особливо у регіонах із низьким рівнем цифрової адаптації [12].

Створення нових машин може супроводжуватись значними викидами в атмосферу, забрудненням води або ґрунту, а також виробництвом відходів, які складно переробити. Нерідко питання екологічної відповідальності інженери відкладають на другий план, що суперечить принципам сталого розвитку [13].

Автономні системи на основі штучного інтелекту можуть діяти на основі непрозорих алгоритмів, що формують рішення без людського втручання. Це може створити загрозу дискримінації, упереджених суджень або навіть прийняття рішень, що суперечать інтересам людини [14].

Багато технологій мають так зване «подвійне призначення»: вони можуть використовуватись як у цивільній, так і у військовій або кримінальній сферах. Розробники несуть етичну відповідальність за потенційні шкідливі наслідки своїх технологій.

В умовах високої конкуренції існує ризик використання чужих розробок без належного посилання або дозволу. Це підриває основи професійної етики та викликає юридичні конфлікти.

У процесі комерціалізації інновацій інженери можуть опинятись під тиском, який спонукає до нехтування етичними нормами: пришвидшеного виведення продукту на ринок, економії на тестуванні чи безпеці. Це ставить під загрозу як професійну репутацію, так і безпеку кінцевого користувача.

Етичні дилеми в сучасному машинобудуванні.

У процесі створення сучасних машин інженери нерідко опиняються перед складними етичними виборами. Етичні дилеми – це ситуації, у яких рішення, що відповідає технічним або економічним вимогам, може суперечити нормам професійної моралі, безпеки або соціальної відповідальності. Нижче розглянуто найбільш поширені приклади таких дилем у сфері машинобудування.

Часто перед інженерами постає завдання знизити вартість розробки чи виробництва машини. При цьому виникає спокуса використати дешевші матеріали або спростити систему безпеки. Проте таке рішення може поставити під загрозу здоров'я або життя користувачів, що є прямим порушенням етичних стандартів.

Під час тестування машин можуть виявлятися дефекти, які не є критичними, проте потенційно небезпечні. У деяких випадках керівництво може наполягати на збереженні темпів виробництва, ігноруючи застереження інженерів. Виникає дилема: дотриматись лояльності до роботодавця чи відстояти безпеку споживачів.

Інтеграція інноваційного обладнання на підприємствах часто супроводжується скороченням персоналу. Хоча технології підвищують ефективність, вони також можуть сприяти соціальній напрузі та зростанню безробіття. Інженер має враховувати вплив технічних рішень на працівників та місцеві громади.

Проєктування машин для галузей, що негативно впливають на довкілля (наприклад, гірничодобувна промисловість), ставить перед інженером питання відповідальності за екологічні

наслідки. Незважаючи на економічну вигідність, таке рішення може суперечити принципам сталого розвитку.

У деяких випадках компанії пропонують використовувати адаптовані або незначно змінені запатентовані технології без належного юридичного оформлення. Інженер стикається з вибором між етикою інтелектуальної власності та бажанням пришвидшити реалізацію проєкту.

Використання ШІ в управлінні технічними системами породжує нові виклики. Якщо система приймає автономні рішення, виникає запитання: хто несе відповідальність за наслідки – інженер, програміст чи розробник алгоритму? Це ускладнює оцінку ризиків та визначення етичних меж проєктування.

Таким чином, сучасне машинобудування все частіше вимагає не лише технічної компетентності, а й високої етичної свідомості інженерів. Прийняття рішень у таких умовах вимагає глибокого аналізу потенційних наслідків, а також готовності брати на себе професійну відповідальність.

Практичні приклади застосування інженерної етики в інноваційних проєктах.

Розробка та експлуатація транспорту.

Під час розробки самокерованих автомобілів компанії стикаються з етичними дилемами, пов'язаними з алгоритмами прийняття рішень у критичних ситуаціях (наприклад, кого рятувати в разі неминучої аварії). Інженери зобов'язані враховувати не лише технічну реалізацію, а й моральну відповідальність за такі рішення. Компанії також активно працюють над безпечним тестуванням у контрольованих умовах, прозорістю роботи систем і взаємодією з державними регуляторами.

Рама автомобіля – це одна з ключових частин, яка несе на собі основне навантаження під час експлуатації. Правильний вибір коефіцієнта запасу міцності (КЗМ) критичний для забезпечення безпеки водія, пасажирів і пішоходів, а також для довговічності конструкції.

Коефіцієнт запасу міцності – це величина, яка показує, скільки разів сила, яка фактично діє на конструкцію, менша за максимально можливу силу, яку конструкція може витримати без руйнування. Це фактично «запас безпеки» конструкції.

Він визначається з умов розбіжності умов міцності (крива 1 на рис.1) і навантаження (крива 2). Різниця між максимальними значеннями визначає коефіцієнт запасу міцності. Заштрихована область демонструє ризик руйнування конструкції.

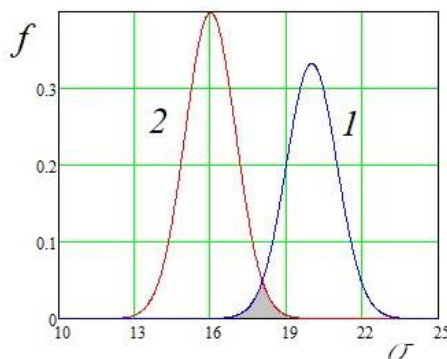


Рис.1 Обґрунтування коефіцієнту запасу міцності

У випадку з рамою автомобіля, безпека людей – це найважливіший фактор. Інженер повинен вибирати такий коефіцієнт запасу, щоб у найгірших умовах (наприклад, при аваріях, різких маневрах або високих навантаженнях) рама не руйнувалася, а пасажирів залишалися в безпеці.

Інженер повинен ретельно розрахувати цей коефіцієнт на основі наукових методів, враховуючи різні фактори: масу автомобіля, можливі удари, стреси та навантаження під час їзди по різних дорогах. Якщо інженер використовує занижений КЗМ для економії матеріалів (наприклад, через бажання зробити автомобіль легшим або дешевшим), він може знехтувати безпекою пасажирів. Це порушує етичні принципи, оскільки підвищує ризик аварії.

Всі припущення і розрахунки повинні бути чітко задокументовані, щоб бути прозорими для перевірок, а також доступними для перевірки регуляторами та споживачами. Якщо в розрахунках не враховано можливі «екстремальні» умови (наприклад, аварії на високих швидкостях), це може призвести до серйозних наслідків для безпеки користувача.

Вибір коефіцієнта запасу міцності повинен відповідати міжнародним або національним стандартам (наприклад, ISO, ASTM). Це гарантує, що рама не тільки безпечна, але й відповідає вимогам, встановленим для автомобільної промисловості. У країнах Європи і США існують жорсткі

стандарти безпеки автомобілів, які вимагають певного мінімального КЗМ для всіх конструкцій. Якщо коефіцієнт запасу міцності недостатньо високий, автомобіль не отримає сертифікацію безпеки.

Якщо інженер або виробник вибирає занижений КЗМ для того, щоб знизити витрати на виробництво, це може призвести до небажаних наслідків, зокрема до більшої ймовірності аварій. Якщо автомобіль з недостатнім коефіцієнтом запасу міцності потрапляє в аварію, можуть постраждати не тільки водій і пасажир, але й інші учасники дорожнього руху.

Вибір коефіцієнта запасу міцності повинен враховувати оптимальний баланс між безпекою, вартістю виробництва і витратами на матеріали. Занадто високий коефіцієнт може призвести до надмірного використання матеріалів, що негативно позначиться на вартості.

У легких автомобілях, як-от електричні машини, важливо знайти правильний баланс, оскільки надмірне збільшення КЗМ призведе до зайвої ваги, що вплине на ефективність і запас ходу. Коефіцієнт запасу міцності обирається з урахуванням найгірших можливих умов експлуатації, навіть якщо це збільшує витрати. Безпека користувачів – головний пріоритет, тому інженери не мають права занижувати значення цього коефіцієнта для зменшення вартості. Надто завищений коефіцієнт може призвести до перевитрати матеріалів, енергії та коштів. Етичне рішення – знайти баланс між безпекою і ефективністю.

Вибір коефіцієнта запасу міцності для рами автомобіля – це етичне рішення, яке повинно враховувати не тільки технічні характеристики та економічні фактори, а й безпеку пасажирів та інших учасників дорожнього руху. Використання занадто низького КЗМ для зменшення вартості або ваги може створити серйозні ризики, в той час як перебільшений КЗМ збільшить витрати без суттєвих вигод. Інженери повинні застосовувати принципи інженерної етики, щоб забезпечити оптимальний баланс між безпекою, ефективністю та економічною доцільністю.

Медичні пристрої та імпланти.

Розробники медичних технологій стикаються з етичними питаннями щодо безпеки, ефективності та права пацієнта на інформовану згоду. Наприклад, у компанії Medtronic – одного з лідерів у сфері медичного обладнання – діють суворі етичні протоколи тестування пристроїв на людях, включаючи повну транспарентність клінічних випробувань та моніторинг побічних ефектів.

В сучасних умовах повномасштабної агресії для інженерів може бути дуже актуальною задачею створення механічних аналогів втрачених кінцівок. Як приклад, на рис. 2 запропонований механічний аналог руки.

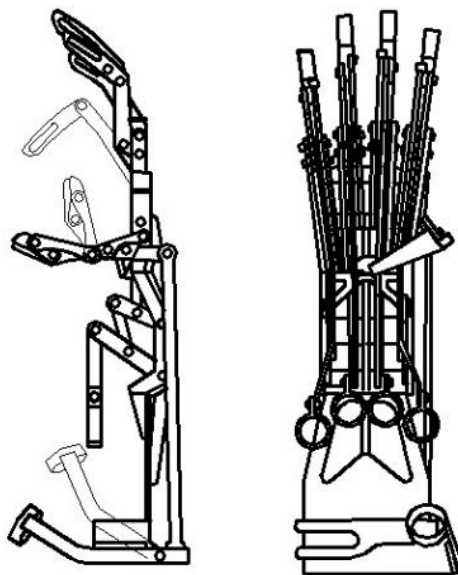


Рис.2 Механічний аналог руки

Використання принципів інженерної етики в процесі створення механічного протезу руки є надзвичайно важливим для забезпечення безпеки, ефективності та гідності користувача. Ось як основні принципи інженерної етики застосовуються на практиці:

Інженери мають ставити інтереси користувача вище за технічні чи комерційні цілі. При створенні протезу враховується анатомія та фізіологія людини, щоб уникнути травм чи дискомфорту. Матеріали проходять біосумісність, а конструкція протестована на безпечність.

Інженери повинні працювати лише в межах своєї кваліфікації та прагнути до вдосконалення знань. Розробники співпрацюють з лікарями, фізіотерапевтами, біомедичними інженерами для створення функціонального та інноваційного продукту.

Повинна бути забезпечена прозорість в тестуванні, розробці та інформуванні користувачів. Виробник надає достовірну інформацію про можливості та обмеження протезу, не перебільшує функціональність у рекламних матеріалах.

Необхідно враховувати психологічний вплив протезування. Протез має бути естетично прийнятним, з урахуванням побажань пацієнта (наприклад, дизайн, колір, функції). Особисті дані користувача захищаються згідно з етичними нормами. Необхідна екологічна відповідальність у виборі матеріалів та технологій. Треба забезпечити використання перероблюваних матеріалів або мінімізація шкідливих відходів у процесі виготовлення.

Ці приклади демонструють, що застосування інженерної етики – це не абстрактне поняття, а реальна практика, що впливає на якість життя, безпеку, довіру споживачів та репутацію компаній. Інженери, які діють етично, створюють не лише передові, а й соціально відповідальні технології.

Рекомендації щодо інтеграції етичних норм у процеси проектування і розробки технічних інновацій.

На основі попередніх результатів можна надати наступні рекомендації для роботи інженерів в галузі розробки інноваційних машин і обладнання.

- Розробити внутрішній кодекс етики на підприємстві або в проєктній групі, що ґрунтується на міжнародних стандартах (наприклад, IEEE, NSPE). Він має визначати ключові цінності: безпеку, чесність, відповідальність, повагу до прав людини та довкілля.

- Запровадити систематичну етичну експертизу під час прийняття рішень: від концепції до реалізації. Це включає аналіз потенційних ризиків для людей, суспільства, екосистеми, а також оцінку прозорості й справедливості технологій.

- Організовувати тренінги, лекції та обговорення етичних кейсів для команди розробників. Формування етичної культури має починатися ще на рівні технічної освіти.

- Залучати до процесу створення інновацій не лише інженерів, а й фахівців з етики, права, соціології, медицини тощо. Це дозволить ширше оцінити можливі наслідки розробки.

- Документувати всі важливі інженерні рішення, особливо ті, що пов'язані з безпекою, конфіденційністю, алгоритмічною логікою. Визначати відповідальних за прийняті рішення та механізми контролю.

- У випадку конфлікту між економічними інтересами та етично важливими аспектами (безпека, приватність, соціальна справедливість) – надавати перевагу морально відповідальним рішенням.

- Забезпечити доступність інформації про функціональність, обмеження і можливі ризики продукту. Сприяти діалогу з користувачами, приймаючи зворотний зв'язок як частину етичного вдосконалення.

Інтеграція етичних норм у процеси інженерного проектування не є перешкодою для інновацій, а навпаки – запорукою створення відповідальних, довготривалих і суспільно прийнятних технологій. Такий підхід формує довіру, зменшує ризики та підвищує якість інженерних рішень.

Висновки

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що етичні принципи є невід'ємною складовою сучасної інженерної діяльності, особливо у сфері створення інноваційних машин. Умови стрімкого розвитку технологій висувають нові вимоги до моральної відповідальності інженерів, адже їхні рішення мають не лише технічні, а й соціальні, екологічні та правові наслідки.

По-перше, етика забезпечує безпеку та добробут користувачів і суспільства загалом. Дотримання принципів чесності, прозорості, відповідальності та професіоналізму дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з технічними несправностями, недосконалістю алгоритмів чи недобросовісною комерціалізацією технологій.

По-друге, інженерна етика є запобіжником у вирішенні потенційних конфліктів інтересів, захисті прав інтелектуальної власності та приватних даних, а також у збереженні довіри до нових технологій.

По-третє, впровадження етичних норм сприяє сталому розвитку та екологічній відповідальності, що є важливим чинником у глобальному контексті технічного прогресу.

Дослідження також продемонструвало, що етичні дилеми, як-от вибір між економічною вигодою та безпекою, відповідальність за автономні системи чи вплив на довкілля потребують системного аналізу та формування чітких стандартів поведінки.

Таким чином, інтеграція принципів інженерної етики у всі етапи життєвого циклу інноваційної техніки від ідеї до експлуатації є не лише моральним обов'язком, а й стратегічною умовою для створення безпечних, ефективних і соціально відповідальних технологій. Це, своєю чергою, сприятиме підвищенню професійної культури інженерів, довіри суспільства та сталого технологічного розвитку.

Список використаних джерел

1. Кодекс етики інженера – Національна спілка інженерів України // Інженерна справа. – 2020. – №2. – С. 11–15.
2. Етика відповідальності у наукових дослідженнях та інноваціях: глобальна та національна перспектива / О. Н. Кубальський // *Politology bulletin*. - 2022. - Iss. 88. - С. 12-21.
3. Мартін М., Шустерман Р. Етика в інженерії // *Ethics in Engineering*. – К.: Лібра, 2016. – 352 с.
4. Harris Ch. E., Pritchard M. S., Rabins M. J. *Engineering Ethics: Concepts and Cases*. – 6th ed. – Boston: Cengage Learning, 2019. – 336 p.
5. Wallach W., Allen C. *Moral Machines: Teaching Robots Right from Wrong*. – Oxford: Oxford University Press, 2009. – 288 p.
6. Bostrom N. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. – Oxford: Oxford University Press, 2014. – 328 p.
7. Van de Poel I., Verbeek P.-P. *Ethics and Engineering Design*. In: Meijers A. (ed.) *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*. – Amsterdam: Elsevier, 2009. – P. 719–767.
8. IEEE Code of Ethics [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ieee.org/about/corporate/governance/p7-8.html> (дата звернення: 07.04.2025).
9. Challenger Disaster Case Study [Електронний ресурс] – National Society of Professional Engineers (NSPE). – Режим доступу: <https://www.nspe.org/resources/ethics/ethics-resources/board-of-ethical-review-cases/challenger-disaster> (дата звернення: 07.04.2025).
10. Trentesaux, D., Karnouskos, S. Engineering ethical behaviors in autonomous industrial cyber-physical human systems. *Cogn Tech Work* 24, 113–126 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10111-020-00657-6>.
11. Bolton, M. L., Hancock, P. A., Lee, J. D., Montague, E., & Yang, X. J. (2023). Does Trust Have Value? A Discussion About the Importance of Trust to Human Factors and Engineering. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 67(1), 137-138. <https://doi.org/10.1177/21695067231192235>.
12. Róžańska-Walczyk, M. (2023). Collaborative Robotics. Safety and Ethical Considerations. In: Biele, C., Kacprzyk, J., Kopeć, W., Owsiński, J.W., Romanowski, A., Sikorski, M. (eds) *Digital Interaction and Machine Intelligence. MIDI 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 710. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37649-8_26.
13. Spiekermann, Sarah. *Value-Based Engineering: A Guide to Building Ethical Technology for Humanity*, Berlin, Boston: De Gruyter, 2023. <https://doi.org/10.1515/9783110793383>.
14. Eleonora Papadimitriou, Haneen Farah, Geerten van de Kaa, Filippo Santoni de Sio, Marjan Hagenzieker, Pieter van Gelder, Towards common ethical and safe 'behaviour' standards for automated vehicles, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 174, 2022, 106724, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106724>.