

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Вища освіта в Україні

Сучасна система вищої освіти в Україні охоплює близько 140 вищих на-вчальних закладів. За статусом вищі навчальні заклади поділяють на класичні університети, технічні університети та академії, за профілем – на багатопрофі-льні й вузькопрофільні. У системі вищої освіти України, як і в більшості євро-пейських держав, передбачено два рівні – підготовку бакалаврів і підготовку магістрів за різними спеціальностями.

Вища школа України готує фахівців за приблизно 80 напрямками та близько 580 спеціальностями (гуманітарними, природничими і технічними науками). В Україні встановлено такі освітньо-кваліфікаційні рівні: квалі-фікований робітник, молодший спеціаліст, бакалавр та магістр. Вища школа готує бакалаврів (чотири роки підготовки) і магістрів (шість років).

Освітньо-кваліфікаційний рівень *бакалавра* отримує особа, яка на ос-нові повної загальної освіти здобула вищу базову освіту: фундаментальні та спеціальні знання й уміння, достатні для виконання завдань і обов'язків певного рівня професійної діяльності.

Освітньо-кваліфікаційний рівень *магістра* отримує особа, яка на осно-ві освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра здобула повну вищу освіту, спеціальні знання й уміння, достатні для виконання професійних завдань і обов'язків дослідницького та інноваційного характеру певного рівня профе-сійної діяльності.

Магістрів готує тільки вищий навчальний заклад четвертого (вищого) рівня акредитації, до якої й належить ЗНУ. В ньому створено також умови для безперервної освіти, підвищення науково-педагогічної та наукової кваліфікації громадян, а та-кож для здобуття наукового ступеня кандидата наук (через аспірантуру) і наукового ступеня доктора наук (через докторантуру).

Цей навчальний посібник призначено для бакалаврів напряму «Мікро-та наноелектроніка». Основні навчальні цикли дисциплін для бакалаврів техніч-ного університету:

- 1) цикл природничо-наукової підготовки;
- 2) цикл професійної та практичної підготовки;
- 3) цикл гуманітарної та соціально-економічної підготовки.

Основною особливістю навчання у вищому навчальному закладі є те,

що в них не навчають, а вчаться. Передбачається, що студент – доросла людина – усвідомлено вибирає певну спеціальність і тому зобов'язується освоювати всі дисципліни навчального плану, щоб стати фахівцем-професіоналом. Очевидно, що людина, яка не виявляє самостійності у навчанні, не стане самостійною і в роботі. Тому в університеті не настільки ретельно, як у школі, контролюються поточні знання студента; велика роль приділяється самоконтролю. Без постійного самоконтролю в навчанні молода людина ще не готова бути студентом.

Ще однією особливістю навчання у вищому навчальному закладі є те, що студент за чотири роки навчання (бакалавр) або за шість років (магістр) повинен освоїти значно більше дисциплін (їх більш як 60 – 80), ніж у школі за 11 років. У навчальному плані ці дисципліни розподілено за декількома циклами.

Уже самі найменування зазначених циклів акцентують розбіжність між належними до них дисциплінами. Ця очевидна розбіжність заважає недовідченому студентові усвідомити менш очевидну, але надзвичайно важливу єдність усіх дисциплін навчального плану.

Єдність дисциплін зумовлено двома обставинами.

1. Усі дисципліни навчального плану утворюють *єдину систему курсів, внутрішньоузгоджених один з одним* так, що разом вони дозволяють підготувати висококваліфікованого і високоосвіченого фахівця. Принципова основа цієї внутрішньої узгодженості навчальних дисциплін визначається державним освітнім стандартом, а практична реалізація забезпечується робочими програмами дисциплін.

2. Майже всі навчальні дисципліни мають *загальні фундаментальні основи*, оскільки відображають різні аспекти однієї й тієї ж об'єктивної реальності.

Документами, що визначають описані вище особливості навчання студента у вищому навчальному закладі, є навчальний план і робочі програми дисциплін.

На відміну від навчання в середній школі навчання у вищому навчальному закладі – це фактично початок професійної діяльності людини. По-перше, студент освоює засоби майбутньої професійної діяльності, а по-друге, інтелектуально дозріває як фахівець. І те, й те забезпечується всіма дисциплінами навчального плану. Крім того, успіх у професійній кар'єрі фахівця залежить і від здатності студента самостійно працювати з професійно значущою літературою поза навчальним планом.

2.2. Особливості освітнього стандарту за напрямом 153 «Мікро- та наносистемна техніка»

Для кожного напрямку підготовки є свій стандарт. Він визначає:

- перелік спеціальностей за певним напрямом;
- нормативний термін підготовки фахівців;
- кваліфікаційну характеристику випускника;
- вимоги до обов'язкового мінімуму змісту основної освітньої програми;
- перелік загальногуманітарних і соціально-економічних, загально-мате-матичних та природничо-наукових, загальнопрофесійних і спеціальних дисциплін загальноукраїнського рівня;
- терміни освоєння основної освітньої програми;
- вимоги до навчально-методичного, матеріально-технічного і кадрового забезпечення навчального процесу, до організації практик;
- вимоги до професійної підготовки випускника та до його підсумкової державної атестації.

Стандарт визначає також галузь, об'єкти і види професійної діяльності фахівця. Це науково-дослідна, проектно-конструкторська, виробничо-технологічна, експертна, організаційно-управлінська, експлуатаційно-сервісна діяльність. При цьому об'єктами професійної діяльності можуть бути мікроелектроніка й наноелектроніка, компоненти, пристрої і прилади на їх основі, технологічні процеси їх виготовлення та їх властивості, залежності цих властивостей від технологічних режимів одержання й опрацювання спеціальних матеріалів, проектування і конструювання мікроелектронних та наноприладів, а також технологічного і діагностичного устаткування.

Навіть наведений неповний перелік того, що визначає державний стандарт щодо підготовки фахівця, демонструє значущість цього документа. На його базі розробляють навчальні плани, що містять, крім дисциплін федерального компонента, регіональні дисципліни, дисципліни на вибір студентів і факультативні навчальні курси.

У підсумку навчальний план бакалавра містить не менше як 50 дисциплін, розподілених за трьома циклами. Дисципліни навчального плану, за деяким винятком, мають загальні фундаментальні основи. Природничо-наукові і технічні дисципліни об'єднані спільністю матеріальних основ і фундаментальних законів природи, яким підкоряються будь-які матеріальні процеси.

Проілюструємо це твердження на прикладі курсів природничо-наукового, загальнопрофесійного і гуманітарно-соціального блоків дисциплін.

2.3. Дисципліни природничої підготовки бакалаврів

До циклу природничо-наукових дисциплін належать: *математика, фізика, хімія, інформатика, біологія*. Загальна природничо-наукова основа цих дисциплін очевидна і безпосередньо відображена у стандарті. Наприклад, узагальнено чинний стандарт вимагає дати студентам у процесі вивчення курсів фізики, хімії і біології уявлення про Всесвіт у цілому та його еволюцію; про фундаментальну єдність природничих наук; про дискретність і безперервність; про співвідношення порядку і безладдя в природі; про динамічні й статистичні закономірності; про імовірність як об'єктивної характеристики природних систем; про принципи симетрії і закони збереження; про співвідношення емпіричного і теоретичного в пізнанні тощо.

За кожною з наведених у стандарті дисциплін подається більш конкретний перелік специфічних законів природи, з якими повинні бути ознайомлені студенти. У дисциплінах різних циклів виявляється спільність багатьох законів і моделей, використовуваних за характерним для кожної дисципліни призначенням. Наприклад, у фізиці й хімії розглядаються моделі атомів, молекул і більш складних структур; закони молекулярної фізики, термодинаміки, активаційні процеси, елементи квантової фізики і т.ін. Органічно пов'язані між собою також хімія і біологія.

Природничо-наукова спільність фізики, хімії і біології зумовлена тим, що всі вони з різних поглядів описують один і той самий об'єкт – природу. Принципові розбіжності між цими дисциплінами полягають лише в тому, що кожна з них описує природу зі своїх позицій, або «свою» складову природи.

Для математики й інформатики ситуація не настільки очевидна. Однак і ці дисципліни за своїм походженням, суттю й результатами належать до природничо-наукового напрямку. Математика виникла як прикладна наука, безпосередньо пов'язана з докільям та різноманітними видами діяльності людини. Натепер математика перетворилася в досить розгалужену систему вельми абстрактних теорій.

Для бакалаврів електроніки *математичні дисципліни* розділені на «Аналітичну геометрію», «Математичний аналіз», «Обчислювальну математику» і т. ін. Математика зв'язана з пізнанням природи. Багато в чому її теорії виявляються адекватними моделям, використовуваним для опису природних процесів. Наприклад, рух небесних тіл описується теорією, у якій використовується геометрія конічних перетинів (кола, еліпса, параболи). Саме ця математична теорія виявилася адекватною тим фізичним явищам, що описуються небесною механікою. Таких прикладів багато.

От чому математику можна вважати однією з фундаментальних наук, що істотно полегшують пізнання навколишнього світу. Вона є абстрактним, але досить корисним відображенням реальності. Часто математики «малюють» правильний формальний образ того, що ще ніким не спостерігалось. Наприклад, один тип диференціальних рівнянь виявився точним абстрактним портретом електромагнітних хвиль, які поширюються у вільному просторі, що стало пізнаваним лише після відкриття й експериментальних досліджень цих хвиль. Можливість «забігання» математиків уперед у пізнанні реальності обумовлюється, імовірно, тим, що мозок людини є частиною цієї реальності і функціонує за її законами. Тому логічно бездоганні абстрактні побудови математиків не можуть цілком виходити за межі реальності.

Аналогічні міркування застосовні і до *інформатики*. Варто враховувати також, що будь-які теорії, використані в інформатиці, у кінцевому підсумку оперують поняттям «інформація», що завжди відображає реальність. Більше того, інформатика має інструментальну базу, що створена і функціонує на основі фундаментальних законів природи. Наприклад, технологія інтегральної мікросхеми включає сотні технологічних стадій, що спираються головним чином на закони фізики й хімії. Функціонування елементів мікроелектроніки, а отже, і центрального процесора ЕОМ, визначається законами квантової фізики, електродинаміки, статистичної фізики.

У природі інформаційні процеси існували завжди, а приблизно 3,8 млрд років тому, коли на Землі з'явилося життя, виникли і стали вдосконалюватися складні інформаційні системи – генетична, нервова, гормональна, що функціонують на основі фундаментальних законів природи. Таким чином, інформатика безсумнівно має загальну природничо-наукову основу з іншими дисциплінами розглянутого блоку. Крім того, інформатика, як і математика, робить процес пізнання природи більш досконалим і дедалі динамічнішим. Зі свого боку природа «підказує» інформатиці (і особливо в її наноелектронно-му варіанті) напрям подальшого розвитку.

Дисципліна «Інженерна і комп'ютерна графіка» ґрунтується на дисциплінах загальнономатематичного і природничо-наукового блоку – математиці й інформатиці.

Фізика для бакалаврів подається в багатьох курсах – починаючи із «Загальної фізики» і потім поширюючись на вісім різних спеціалізованих фізичних дисциплін наступного циклу (таких, як квантова і статистична механіка, фізика твердого тіла, фізика напівпровідників, фізика діелектриків і ін.). Саме фізичним основам мікроелектроніки і наноелектроніки присвячено основну частину посібника.

Хімія також не тільки ґрунтовно вивчається у межах загального курсу, але й деталізується в наступному циклі професійної і практичної підготовки (наприклад, хімія матеріалів електронної техніки). На хімії ґрунтуються технологічні основи як мікро-, так і наноелектроніки, і в елементарному вигляді вони також подані у цьому посібнику.

Отже, природничо-наукові основи і фундаментальна спільність дисциплін природничо-наукового циклу очевидні.

2.4. Дисципліни циклу професійної та практичної підготовки

Загальнопрофесійних дисциплін – понад п'ятнадцять. Більшість з них цілком ґрунтується на природничо-наукових дисциплінах; інші – лише частково. Під час розгляду цих дисциплін звертається увага лише на явні зв'язки з фундаментальними дисциплінами.

Дисципліни «Квантова механіка» і «Статистична фізика» є розділами фізики, з яких виокремлено ті питання, які мають особливу значущість для фахівців з мікроелектроніки і наноелектроніки.

Дисципліна «Фізика твердого тіла» охоплює специфічну галузь застосування квантової механіки до твердого тіла, а також описує властивості твердих тіл, використовуваних у мікроелектроніці та наноелектроніці. У фізиці твердого тіла широко застосовують також методи термодинаміки, статистичної фізики й електродинаміки.

Дисципліна «Оптоелектроніка» побудована на законах квантової фізики й охоплює багато розділів фізики конденсованих середовищ.

Аналогічним чином дисципліна «Основи наноелектроніки» спирається на закони квантової фізики (що більш докладно буде описано в наступних розділах посібника).

Дисципліна «Теорія електричних кіл» ґрунтується на «Теоретичних основах електротехніки». Надалі теорія кіл розвивається в дисциплінах «Теорія поля» і «Схемотехніка». Щодо цих трьох дисциплін слід зазначити такі обставини. У курсі фізики вивчають основи і фізичний зміст електродинаміки, її зв'язок з іншими розділами фізики і з технікою, а в електротехніці електродинаміку використовують для розроблення методів розрахунку електричних і магнітних полів у різних електротехнічних пристроях. Для розроблення спеціальних методів розрахунку в електротехніці застосовують основні закони макроскопічної електродинаміки (рівняння Максвелла) і їх наслідки (теорема Гаусса, рівняння Пуассона, закон електромагнітної індукції Фарадея, рівняння Кірхгофа і т.ін.). Методи розрахунку підсилювачів і

генераторів гармонічних сигналів значною мірою ґрунтуються на фізичній теорії коливань. Використання того або іншого розділу фундаментальної науки для побудови відповідної загальнопрофесійної дисципліни – досить поширений підхід до технічного утворення. Такий підхід безпосередньо відображає фундаментальні основи загальнопрофесійних дисциплін.

Дисципліна «Вступ до техніки вимірів» побудована на основі використання фізичних принципів вимірювань геометричних, електричних, оптичних, структурних і інших характеристик макро-, мікро- і нанооб'єктів. Методи числової обробки результатів досліджень ґрунтуються на математичній теорії випадкових процесів. Метрологія зародилася і спочатку розвивалася на засадах фізики, а потім поширилася на інші науки і техніку.

Дисципліна «Технологія напівпровідникових приладів і інтегральних мікросхем» являє собою прикладну версію тієї частини фізики твердого тіла, що теоретично «обслуговує» мікро- і нанотехнологію. Інтегрованою дисципліною є «Твердотільна електроніка». Зв'язки «сполуки–структури–властивості», що розкриваються у фізиці твердого тіла, дозволяють розробляти оптимальні технологічні процеси для одержання матеріалів із заданими експлуатаційними характеристиками. Зв'язок означеної дисципліни з природничими науками полягає в тому що сам технологічний процес завжди являє собою сполучення хімічних і (або) фізичних процесів.

Дисципліна «Безпека життєдіяльності й охорона праці» розглядає різні процеси в системі «людина – середовище існування». Це одна з найскладніших систем, що самоорганізуються і саморозвиваються за законами природи.

Закони однакові у всіх частинах Всесвіту і на всіх етапах його тривалої еволюції. Зазначений факт встановлений фундаментальними науками і покладений в основу однієї з концепцій сучасного природознавства – концепції про єдність законів, що керують усіма процесами в цьому світі. Самоорганізація і саморозвиток будь-яких складних систем також підкоряються єдиним законам.

Самоорганізація складних систем забезпечується проявом у системі позитивних і негативних зворотних зв'язків. Перші виводять систему зі стану рівноваги, а другі – наближають до нього. Ці ж взаємозв'язки покладено в основу багатьох природних процесів у системі «людина – середовище існування». Отже, якщо не враховувати правові, нормативно-технічні й організаційні питання, то і дисципліна «Безпека життєдіяльності й охорона праці» ґрунтується на фундаментальних науках.

Дисципліни спеціалізації ґрунтуються здебільшого на фізиці («Фізика напівпровідників», «Фізика діелектриків» «Мікроелектроніка надвисоких частот» «Фізичні основи сенсорики», «Функціональна електроніка», «Діелект-

ричні прилади і пристрої» та ін.). Основу цих дисциплін становлять фізичні моделі й інформаційні технології.

У галузі будь-якої техніки творцем нового є інженер. Цю роль інженер виконує через проектування і втілення проектів у реальність. Тому багато спеціальних курсів явно або неявно містять інформацію, потрібну для освоєння методів проектування. Для розробників нового знання фундаментальних основ функціонування проєктованих об'єктів і процесів набуває безпосередньої професійної значущості.

У своїй творчій діяльності інженер повинен неухильно підкорятися фундаментальним правилам «заборони». Цими правилами є закони природи. Ігнорування хоча б одного з цих законів призводить до нездійсненності проєкту. Наприклад, не вдалося реалізувати жодного з багатьох тисяч проєктів вічного двигуна першого і другого роду. Їхні автори діяли всупереч двом правилам «заборони»: «Вічний двигун першого роду неможливий», «Вічний двигун другого роду неможливий». Перша заборона пов'язана з першим законом термодинаміки, тобто із законом збереження енергії, а друга заборона – із другим законом термодинаміки. Отже, розпочинаючи проектування, потрібно з'ясувати, чи не суперечить задумане якому-небудь із законів природи. У цьому може бути успішним тільки фахівець, який знає ці закони.

Крім того, проєктувальник, створюючи принципово нове, тобто те, чого не було в техніці раніше, створює нову «популяцію» штучної природи. Всяка популяція в природі має величезну кількість життєво значущих для неї зв'язків з довкіллям. Ці зв'язки мають бути оптимальними, інакше результат проектування не досягне належної *конкурентоспроможності* (за технічними, економічними або іншими характеристиками) і буде витиснутий іншими технічними новинками.

Об'єкти сучасного проектування мають зазвичай досить складну структуру і численні внутрішні взаємозв'язки. Ці взаємозв'язки бакалавр (і тим більше – магістр) повинен у повному обсязі враховувати в процесі проектування. Вичерпне врахування зовнішніх і внутрішніх взаємозв'язків проєктованого об'єкта під силу лише фахівцеві, що володіє досить розвиненим системним мисленням. *Системне мислення* найбільш ефективно формують фундаментальні науки. Це зумовлено тим, що саме вони мають справу зі складнішими системами, включаючи ноосферу, галактики і весь Всесвіт. Тому знання фундаментальних дисциплін є особливо важливими для інженерів – творців принципово нової техніки.

Нарешті, проєктуючи і винаходячи, бакалавр або магістр електроніки

повинен мати високий рівень *творчого мислення*. Саме фундаментальні науки, розкриваючи таємниці природи в усіх вимірах Всесвіту, виробили широкий арсенал методів творчого мислення. Тому й у розвитку творчого потенціалу інженера-новатора знання фундаментальних наук мають пряму професійну значущість.

2.5. Цикл гуманітарних і соціально-наукових дисциплін

Гуманітарні й соціально-економічні дисципліни звичайно читаються на всіх курсах. Часто у свідомості студента ці дисципліни вирізняються з-поміж спеціальних, загальнопрофесійних і далі – із природничо-наукових дисциплін. В основу цього покладено ті самі чинники, що привели до розмежування між «ліриками і фізиками» та виникнення проблеми «двох культур». Однак згодом ця проблема втрачає гостроту. В античній науці ці дві культури не суперечили одна одній, проте до середини ХХ ст. вони вкрай загострилися, а натеper поступово послаблюються. На ранніх етапах розвитку науки дослідження різних аспектів проявів природи були об'єднані і проводилися тими самими людьми. Поступово наука диференціювалася, розпалася на безліч напрямів, що концентрувалися навколо двох великих сфер пізнання — природничо-наукової і соціально-гуманітарної.

У природничих науках об'єктом вивчення є нежива природа і біологічні аспекти живої природи. Соціально-гуманітарні науки вивчають людину і створені нею системи (мови, соціальні системи, економіка, наука, право, мистецтво, релігія і т.ін.). Однак нині дедалі виразніше усвідомлюється спільність усього в природі. Все має єдину первинну матеріальну основу, що підкоряється одним і тим самим фундаментальним законам природи, змінюється в межах загального еволюційного процесу.

Дедалі частіше методи дослідження, створені в природничих науках, ви-користовуються в соціально-гуманітарних галузях. Сучасна наукова картина світу стає *єдиною*. Вона включає досягнення не тільки природних, але й соціально-гуманітарних наук. Дедалі виразніше можна бачити ознаки взаємного проникнення природничо-наукового і гуманітарного знань. Велику роль гуманітарні науки відіграють у формуванні розуміння фахівцем своєї відповідальності за стійкий розвиток людства на Землі, за недопущення глобальних техногенних катастроф.

Інтеграція гуманітарних і природничо-наукових знань становить основу підготовки високоосвічених фахівців.

Навчальний план спеціальності містить десять соціально-гуманітарних дисциплін. Чотири з них безпосере-

дньо пов'язані із сучасним природознавством та загальними фундаментальними законами природи. До таких дисциплін належать «Психологія», «Соціологія», «Економічна теорія» і «Філософія».

Психологія описує особистісні аспекти раціонального (свідомого) та ірраціонального (інтуїтивного) поведіння людини в соціальному оточенні. Однак людина – це матеріальна система, сформована в процесі еволюції Всесвіту. Особливість цієї системи полягає в тому, що за її допомогою матерія виявляє свою здатність до самопізнання. У процесі самопізнання системи, тобто людини, і виникла психологія. Психологія така ж природнича наука, як і фізика, хімія, біологія. На відміну від цих наук психологія вивчає набагато складнішу систему і такі процеси, опис яких не піддається поки строгому математичному моделюванню. Тому в психології ще не розроблено точних кількісних методів дослідження.

Соціологія описує ще складнішу матеріальну систему, що складається з величезної кількості окремих особистостей з безмежно великою кількістю не обумовлених строго взаємозв'язків. Тому строгих математичних теорій в соціології також немає. Однак уже можна бачити обґрунтовані макромоделі деяких соціальних процесів і розробляються математичні методи їх аналізу. Зближення соціології з природничими науками стає дедалі виразнішим.

Економіка вивчає найскладнішу матеріальну систему, що включає всі сфери виробництва, переміщення й розподіли товарів і послуг. У цій системі процеси «перенесення» фінансів, товарів і робочої сили, процеси самоорганізації окремих підсистем у мікро- і макроекономіці надто нагадують аналогічні процеси в неживій природі. Однак, на відміну від неживої природи, в економіці можуть виникати додаткові рушійні сили, що спотворюють природні ринкові процеси. Це політичні рішення, зовнішні силові впливи (наприклад, військові) і т. ін. Незважаючи на складність економічних систем, вже існують і ефективно використовуються в економічних прогнозах досить строгі математичні моделі.

Філософія пов'язана з осмисленням загальних методів пізнання неживої, живої і мислячої природи. Цим вона долучається до природничих наук. Особливо важлива філософія для розвитку фахівця із широким поглядом на навколишній світ, на своє місце і свою роль у цьому світі.

Інші шість дисциплін розглянутого циклу («Українська мова», «Історія України», «Іноземна мова» «Політологія», «Правознавство» і «Культурологія») не потребують деталізації. Всі вони мають зв'язок із сучасним природознавством через соціологію, окремі аспекти якої вони розвиваються у специфічних напрямках. Для мови цей зв'язок виявляється значущим, наприклад, для створення штучних синтезаторів мови.

2.6. Основні вимоги до підготовки сучасного фахівця

Навчаючись у вищому навчальному закладі, важливо мати на увазі, що сучасний ринок праці ставить дедалі вищі вимоги до професійної мобільності фахівця. Наприклад, за прогнозами випускник технічного вищого навчального закладу США до 2020 р. буде змушений протягом професійної кар'єри змінювати сферу своєї діяльності до п'яти разів. Очевидно, що будь-яка вимушена зміна сфери професійної діяльності – досить важка проблема для «вузького» фахівця. Тільки людина, що володіє **фундаментальними знаннями**, може легко освоїти конкретну специфіку нової інженерної професії. Це зумовлюється спільністю фундаментальних засад майже всіх технічних спеціальностей. У процесі навчання за фахом «Мікро- та наносистемна техніка студент здобуде досить глибокі знання в галузі фунда-ментальних наук і придбаває високу професійну мобільність.

Протягом чотирьох років (для бакалавра) і шести років (для магістра) студент вищого навчального закладу змушений вивчати понад півсотні різних курсів. Реально ніхто не здатен зберегти у своїй пам'яті зміст такої кількості дисциплін, але й не в цьому мета освіти. Це добре розуміють як самі педагоги, так і фахівці, що ефективно використовували плоди освіти у своїй професійній діяльності та житті. Наприклад, один з найбільш відомих учених минулого сторіччя Макс Планк, що заклав основи квантової фізики, сверджував: «Освіта – це те, що залишається, коли все, що вивчалось, – забудеться». Має залишатися **розвинене інженерне мислення**, що дозволяє адаптуватися до всіх змін у науці й техніці й ефективно брати участь у науково-технічному прогресі.

Поняття «професійне мислення» багатогранне. Однак його основні характерні ознаки можна звести до трьох: **критичність, творчість, системність**. Висока критичність допомагає раніше від конкурентів розкрити потреби в новації, інженерна творчість дозволяє її вчасно запропонувати, а системність мислення забезпечує урахування всіх значущих внутрішніх та зовнішніх взаємозв'язків і гарантує надійність та конкурентоспроможність нової розробки.

Видатний американський інженер-винахідник Едісон говорив: «Найбільше завдання цивілізації – навчити людину мислити». Найкоротший шлях вирішення цього завдання – ознайомити студента з найбільш ефективними методами розумової діяльності людини, які спираються на фундаментальні основи тих навчальних курсів, що він вивчає у вищому навчальному закладі.

Саме здобуваючи *фундаментальні знання*, можна найбільш результативно розвинути мислення й інтегрувати у своїй свідомості природничо-наукові основи дисциплін інженерної спеціальності. А це саме та база, на якій формується високоосвічена особистість і висококваліфікований фахівець, здатний не тільки встигати за науково-технічним прогресом, але й брати участь у його розвитку, а також легко змінювати в разі потреби сферу своєї професійної діяльності. Саме тому останнім часом збільшується кількість фірм, що бажають брати на роботу фахівців із широкою фундаментальною освітою.

У сучасних умовах успішність фахівця забезпечується, у кінцевому підсумку, не тільки його кваліфікацією, засвідченою дипломом, але й особливою якістю особистості, що називають *компетентністю*. Компетентність – це яскраво виражена здатність фахівця виявляти *знання, уміння і навички* у своїй професійній діяльності (зокрема розв'язувати принципово нові завдання, до яких вищий навчальний заклад не готує). У вищому навчальному закладі студент вивчає десятки навчальних дисциплін, кожна з яких містить приклади розв'язань творчо орієнтованими фахівцями, і таких проблем, що раніше вважалися нерозв'язними. Подібні приклади студент повинен використовувати для здобуття власних професійних знань.