Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов

ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Р. Д. Іскович-Лотоцький,
І. В. Севостьянов

ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Підручник

Вінниця
ВНТУ
2015
Автори:
Іскович-Лотоцький Р. Д., Севостьянов І. В.


Рецензенти:
Г. Й. Зайончковський, доктор технічних наук, професор
О. П. Губарев, доктор технічних наук, професор
В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

У підручнику розглядається історія інженерної діяльності людства від епохи неоліту до теперішнього часу, в тому числі, історія природничонаукових відкриттів, створення та удосконалення найважливіших пристроїв та технологій. Вивчається розвиток таких основних галузей і напрямків, як енергетика, машинобудування, транспорт, теплові двигуни, військова техніка. Визначається внесок у науку та технічний прогрес окремих вчених, інженерів, конструкторів та винахідників.
ЗМІСТ

ВСТУП.................................................................................................................. 5

1 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ ДО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ . 9
1.1 Неолітична революція ................................................................................. 9
1.2 Освоєння скотарства .................................................................................... 14
1.3 Становлення стародавніх цивілізацій .......................................................... 18
1.4 Наука і техніка в античному світі ................................................................. 24
1.5 Наука і техніка в середні віки ................................................................... 30
1.6 Початок нового часу ...................................................................................... 35
1.7 Народження сучасної науки ....................................................................... 40
1.8 Техніка мануфактурної епохи ..................................................................... 42
1.9 Промислова революція ............................................................................... 45
1.10 Наука в період промислового перевороту ............................................... 50
1.11 Технічні досягнення кінця XIX – початку XX ст. ....................................... 53
1.12 Контрольні запитання .................................................................................. 60

2 РОЗВИТОК ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ .................................................................... 61
2.1 Поршневі парові машини ............................................................................. 61
2.2 Парові турбіни ............................................................................................... 66
2.3 Парогенератори .............................................................................................. 69
2.4 Двигуни внутрішнього згоряння ................................................................ 71
2.5 Газотурбінні і турбореактивні двигуни ....................................................... 82
2.6 Двигуни зовнішнього згоряння .................................................................. 89
2.7 Контрольні запитання .................................................................................. 92

3 РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МАШИН ......................... 94
3.1 Первинні природні енергетичні джерела та еволюція їх
використання ........................................................................................................ 94
3.2 Гідроенергетика ............................................................................................. 101
3.3 Вітроенергетика ............................................................................................ 107
3.4 Геотермальні енергетичні джерела ............................................................. 110
3.5 Геліоенергетичні джерела ......................................................................... 111
3.6 Енергія біомаси ............................................................................................ 115
3.7 Теплові електричні станції ......................................................................... 118
3.8 Атомна енергетика ......................................................................................... 120
3.9 Електричні мережі та енергосистеми .......................................................... 132
3.10 Контрольні запитання ................................................................................. 134

4 РОЗВИТОК ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ .... 136
4.1 Практичне значення, основні поняття та галузі машинобудування 136
4.2 Основні регіони, продукція та особливості розміщення
галузей машинобудування .............................................................................. 140
4.3 Розвиток верстатобудування ..................................................................... 153
4.4 Сучасні тенденції верстатобудування ....................................................... 164
4.5 Контрольні запитання .................................................................................. 165

5 РОЗВИТОК НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТУ .................................................. 166
5.1 Залізничний транспорт ............................................................................... 166
5.2 Безрейковий наземний транспорт ................................................................. 182
5.3 Значення та сучасні тенденції автомобілебудування .......................... 190
5.4 Контрольні запитання .................................................................................. 200
6 РОЗВИТОК АВІАЦІЇ ......................................................................................... 201
   6.1 Початковий етап розвитку літальних апаратів ....................................... 201
   6.2 Перший етап розвитку авіації (1903 – 1918 рр.) ................................. 208
   6.3 Другий етап розвитку авіації (1918 – 1946 рр.) .................................. 212
   6.4 Третій і четвертий етапи розвитку авіації (1946 – 2010-і рр.). Розвиток пасажирської, транспортної та малої авіації .......................... 219
   6.5 Контрольні запитання .................................................................................. 232
7 РОЗВИТОК ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ................................................................ 234
   7.1 Виникнення та початковий період розвитку військової техніки .... 234
   7.2 Артилерія ..................................................................................................... 237
   7.3 Вогнепальна стрілецька зброя .................................................................. 245
   7.4 Контрольні запитання .................................................................................. 260
ПІСЛЯМОВА ........................................................................................................ 261
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ................................................................. 262
ВСТУП

Для людей нашого часу очевидно, що наука і техніка відіграють в сучасному суспільстві головну, вирішальну роль. Проте так було далеко не завжди. Стародавні греки, при всій своїй любові до філософії, дивилися на ремесло механіка як на заняття простолюдинів, не гідне дійсного ученого. Світові релігії, що з’явилися пізніше, спочатку взагалі відкидали науку. Один з отців християнської церкви, Тертуліан, стверджував, що після Євангелія ні в якому іншому знанні немає необхідності. Так само міркували і мусульмани. Коли араби захопили Олександрію, вони спалили знамениту Олександрійську бібліотеку – халіф Омар заявив, що раз є Коран, то немає потреби в інших книгах. Ця догма панувала аж до початку Нового часу. У XVII ст., в епоху відродження знань, інквізіція переслідувала Галілея і спалила на багатті Джордано Бруно. Винахідники нових механізмів теж піддавалися гонінням, наприклад, у 1579 р. в місті Данциг було страчено механіка, що створив стрічкоткацький верстат. Причиною розправи було побоювання муніципалітету, що цей винахід викличе безробіття серед ткачів. Розуміння ролі науки прийшло лише в епоху Просвітництва, коли Жан-Батист Кольбер, знаменитий міністр Людовика XIV, створив першу Академію. З цього часу наука стала отримувати організаційну і фінансову підтримку держави [1].

Першим досягненням нової науки було відкриття законів механіки – зокрема закону всесвітнього тяжіння. Ці досягнення викликали захоплення в суспільстві; Вольтер написав книгу про Ньютона і присвятив поему «героям-фізикам», «новим аргонавтам» науки [2]. Філософії XVIII в. – Е. Б. Кондільяк, А. У. Тюрго, Ж. А. Кондорсе – оспівували культ Розуму і створили «теорію прогресу»; донині ніхто не знав, що таке «прогрес». На початку XIX ст. «теорія прогресу» породила позитивізм – філософію науки; ця філософія стверджувала, що всі явища і процеси підкоряються законам, подібним до законів механіки, що ці закони ось-ось будуть відкриті, що прогрес науки вирішить всі проблеми людства. Дійсно, промислова революція різко змінила життя людей, на зміну традиційному устрою сільського життя прийшло нове промислове суспільство; дивовижні відкриття і винаходи йшли один за одним і світ стрімко змінювався на очах одного покоління. Услід за «індустріальним суспільством» народилося «постіндустріальне», а потім «інформаційне» суспільство – і тепер важко навіть уявити, куди заведе людство технічний прогрес і що на нас чекає в найближчому майбутньому [2].

Таким чином, історія людства ділиться на два нерівні періоди, перший період – це суспільство до промислової революції, «традиційне суспільство». Другий період – це період після промислової революції, «індустріальне суспільство». В «індустріальному суспільстві» роль науки і техніки
очевидніша, ніж в традиційному, проте насправді розвиток традиційного
суспільства, кінець кінцем, також визначався розвитком техніки [2].
Роль техніки в історії людства вивчається в рамках групи соціологічних
теорій, які носять загальну назву дифузіонізму. Найбільш популярною
в дифузіонізмі є так звана «теорія культурних кіл» (1911 р.). Творцем цієї
теорії є німецький історик і етнограф Фріц Гребнер, який систематизував
елементи свого наукового підходу в книзі «Метод в етнології» [3].
Ф. Гребнер вважав, що схожі явища в культурі різних народів пояснюють-
ся походженням цих явищ з одного центру. Послідовники Гребнера вва-
жають, що найважливіші елементи людської культури з’являються лише
одного разу і лише в одному місці в результаті великих, фундаментальних
відкриттів. У загальному сенсі, фундаментальні відкриття – це відкриття,
що дозволяють розширити екологічну нішу етносу. Це можуть бути відкриття
в області виробництва харчів, наприклад, доместикація рослин, що
дозволяє збільшити щільність населення в десятки і сотні разів. Це може
бути нова зброя, що дозволяє розсунути межі проживання за рахунок сусідів. Ефект цих відкриттів такий, що вони дають народу-
першовідкривачеві вирішальне перевагу перед іншими народами. Викори-
стовуючи ці переваги, народ, вибраний богом, починає розселятися з
місць свого проживання, захоплювати і освоювати нові території. Колишні
мешканці цих територій або винищуються, або витиснюються прибульцями,
або підкоряються їм і переймають їх культуру. Народи, що знаходять
ся перед фронтом нашестя, у свою чергу, прагнуть перейняти зброю
прибульців – відбувається дифузія фундаментальних елементів культури,
они розповсюджуються, обкреслюючи культурне коло, область поширення
того або іншого фундаментального відкриття.
Теорія культурних кіл у наш час є робочим інструментом для етногра-
фів і археологів; вона дозволяє реконструювати реалії минулого і знаходи-
tи витоки культурних взаємозв’язків. Для істориків вона надає метод філософського осмислення подій, метод, що дозволяє виділити суть того, що
відбувається. Наприклад, довгий час залишалися загадковими причини
масових міграцій арійських народів у XVIII-XVI ст. до н. е. – в цей час
арійці зайняли частину Індії і Ірану, прорвалася на Близький Схід, і, на
dумку деяких дослідників, досягли Китаю. Лише порівняно нещодавно за
вдяки відкриттям російських археологів стало зрозуміло, що першопричи-
ною цієї грандіозної хвилі нашестя був винахід бойової колісниці (рисунок В.1) – точніше, створення кінної упряжки і освоєння тактики бойового
використання колісниць. Бойова колісниця була фундаментальним відк
риттям арійців, а їх міграції з Великого Степу явили собою розповсюд
ження культурного кола, що археологічно фіксується як область похо
вань з конями і колісницями [2].
Інший приклад фундаментального відкриття – освоєння металургії за
ліза. Як відомо, методи холодного кування заліза були винайдені горцями
Малої Азії у XIV ст. до н. е. – проте це відкриття довгий час ніяк не
позначалося на житті давньосхідних суспільств. Лише у середині VIII ст. цар Ассірії Тіглатпаласар III створив тактику використання заліза у військових цілях – він створив озброєний залізними мечами «царський полк». Це було фундаментальне відкриття, за яким настала хвиля завоювань Ассірії і створення великої держави Ассірії – нового культурного кола, компонентами якого були не тільки залізні мечі і регулярна армія, але й всі традиції Ассірії, у тому числі і самодержавна влада царів. Держава Ассірія загинула наприкінці VII ст. до н. е. в результаті нашестя мідян і скіфів [4].

Скіфи були першим народом, що навчився стріляти на скаку з лука і що передав кінну тактику мідянам і персам. Поява кавалерії була новим фундаментальним відкриттям, що викликало хвилю завоювань, результатом якої було народження Світової Перської держави. Персів змінили македонці, що створили македонську фалангу (рисунок В.2) – нову зброю, проти якої опинилася безсилна кіннота персів. Фаланга наочно продемонструвала, що таке фундаментальне відкриття – доти мало кому відомий нечисленний народ раптово вирвався на арену історії, підкоривши половину Азії. Завоювання Олександра Македонського породили культурне коло, яке називають цивілізацією еллінізму [2]. На вістрях своїх саріс македонці рознесли грецьку культуру по всьому Близькому Сходу.

На початку ІІ ст. до н. е. македонська фаланга була розгромлена римськими легіонами – римляни створили маневрену тактику польових битв (рисунок В.3) [1]; це було нове фундаментальне відкриття, яке зробило Рим господарем Середземномор’я. Перемоги легіонів, кінець кінцем, породили нове культурне коло – той світ, який називали «Pax Romana».

Рисунок В.2 – Македонська фаланга
Таким чином, культурно-історична школа подає історію як динамічну картину розповсюдження культурних кіл, що породжуються фундаментальними відкриттями в різних країнах. По суті йдеться про технологічну інтерпретацію історичного процесу, про те, що історичні події визначаються ні чим іншим, як розвитком техніки і технології – особливо військової техніки.

Війна – це велика справа для держави, – писав великий китайський філософ і полководець Сунь Цзи. – Війна – це корінь життя і смерті, це шлях існування і загибелі. Це потрібно зрозуміти [2].

Рисунок В.3 – Розташування маніпул римського легіону на полі бою: Г – гастати (молоді воїни); П – принципи (воїни у розквіті сил); Т – тетарії (ветерани – у бою їх використовували у крайніх випадках)
1 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ ДО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ

1.1 Неолітична революція

Мабуть, першим винаходом людини було створення ручного рубала (рисунок 1.1) – загостреного каменя, що дозволяє обробляти дерево або різати м’ясо [1]. Рубало було першим при- рібливим знаряддям, використання якого виділило людину з світу мавп-приматів. Трохи пізніше, приблизно 100 тисяч років тому, людина навчилася видобувати і використовувати вогонь (рисунок 1.2), який слугував не тільки для приготування їжі або обігріву, але, в першу чергу, був зброєю на полюванні. Вогонь дозволив організувати загінне полювання: розмахуючи факелами, ланцюг загонщиків направляв стадо тварин до засідки, де ховалися мисливці зі списами і палицями (рисунок 1.3). Дані археології говорять про надзвичайну ефективність загінного полювання – наприклад, на стоянці у Солютрі (сучасна Франція) були знайдені кістки 10 тисяч коней, яких заганяли до крутового обриву [2].

Загінне полювання було головним чинником, що визначав спосіб життя людей кам’яного віку: вони жили невеликими згуртованими родинами. Колективне полювання вимагало колективізму в повсякденному житті; первісні люди не знали, що таке при- ватна власність; вони жили в одній печері і харчувалися біля одного багаття, не проводячи ділення здобичі. Всі чоловіки роду вважалися братами, а всі жінки – сестрами. Сім’я мала інший характер, ніж у наш час: окрім першої дружини кожен чоловік мав інших дружин – всі дружини братів, тобто всі жінки роду вважалися його іншими дружинами. У ескімосів дружина брата називалася «аягань» – буквально «моя дружина» [2].

Загінне полювання, врешті-решт, призвело до повного винищення багатьох видів великих тварин, наприклад, мамонтів, мастодонтів, шерс-
тистх носорогів. Намагаючись вижити у вічній боротьбі за існування, люди удосконалювали методи полювання; близько 13 тисяч років тому був винайдений лук, що дозволив полювати на птахів і дрібних тварин. В цей час був одомашнений собака – люди «уклали союз» з предками обак, шакалами, які стали допомагати на полюванні. З’являється гарпун і набуває поширення рибальство; мисливці створюють перші рибальські човни-довбанки. Разом з полюванням все більше розповсюджується збирання їстівних рослин, яким зазвичай займалися жінки [4].

Значення всіх технічних досягнень стародавньої людини зводиться до спроб розширення його екологічної ніші. Об’єм екологічної ніші визначається розмірами наявних харчових ресурсів. Технічні досягнення, скажімо, освоєння рибальства, призводять до збільшення цих ресурсів, тобто до розширення екологічної ніші. Проте за сприятливих умов чисельність населення може подвоїтися за 50 років! Отже, здібність людини до розмноження така, що нові ресурси незабаром виявляються вичерпаними, екологічна ніша заповнюється і знову починає відчуватися брак продовольства.

Люди кам’яного віку майже завжди жили в умовах браку продовольства – тобто в умовах регулярного голоду, що повторюється. Голод призводив до зіткнень між мисливськими родинами, і археологи знаходять численні докази цих зіткнень, зокрема роздроблені і видовбані кістки людей – ознаки канібалізму [5]. За свідченням дослідників, тривалість життя людей Кам’яного віку складала 32 роки у чоловіків і 25 років у жінок – ці цифри говорять про ту сувору боротьбу за існування, яку доводилося вести стародавній людині [2].

Удосконалення методів полювання впливало на життя людей, проте воно не йшло в порівняння з тими революційними змінами, які відбулися в період пізнього неоліту, у IX–VIII тисячолітті до н. е. В цей період відбулася так звана неолітична революція – була освоєна технологія землеробства, люди навчилися сіяти пшеницю і збирати урожай (рисунок 1.4). Якщо раніше для проживання одного мисливця було потрібно 20 км² мис-
ливських угідь, то тепер на цій території могли прогодуватися десятки і сотні землеробів – екологічна ніша розширилася в десятки, в сотні разів! До мисливців, вимушених постійно битися за існування, несподівано прийшов нечуваний достаток, почалося «Золоте століття» в історії людства.

Характерно, що общини перших землеробів очолювали жінки: вони раніше займалися збиранням і, очевидно, саме жінки «винайшли» землеробство. За свідченням етнографів, у багатьох примітивних народів землеробством займаються жінки, тоді як заняттям чоловіків залишається полювання. Внаслідок того, що жінки забезпечують род їжею, вони займають привілейоване положення – для цього періоду характерне панування матріархату [4].

Спочатку основним знаряддям землероба була палиця-копалка або мотика (рисунок 1.5). У IV тисячолітті до н. е. був винайдений плуг, в який запрягали волів. Використання плуга потребує великої фізичної сили, і з того часу оранка стала справою чоловіків, вони і стають годувальниками роду, настає час патріархату [6].

Освоєння землеробства було великим фундаментальним відкриттям, яке призвело до різкого розширення екологічної ніші і до швидкого збільшення чисельності землеробів. Первинне вогнище землеробства знаходилося на Близькому Сході. Вже у VIII тисячолітті тут став відчуватися брак землі і почалося розселення землеробів на землі навколишніх мисливських племен – починається розповсюдження землеробського культурного кола. У VII тисячолітті землероби з’явилися на Балканах, у VI тисячолітті в долинах Дунай, Інду і Гангу, а до кінця V тисячоліття – в Ієпанії і Китаї. Мисливські племена, колишні мешканці цих територій винищувалися, витіснялися прибульцями або підкорялися їм і переймали їх культуру. Із старих районів землеробства виходили все нові і нові міграційні хвилі. Фінікійці і греки освоювали береги Середземного моря, індійці – береги Індокитаю [4].

Освоєння землеробства надовго забезпечило людей їжею, але разом з тим породило певні проблеми. Перехід на їжу обумовив появу нових хвороб і потребував достатньо тривалої адаптації. Потім виникла проблема одягу: адже раніше мисливці одягалися в звірині шкури. Землероби стали вирощувати рослини з довгими волокнами – перш за все льон; вони стали прясти і ткати лляні волокна. Таким чином з’явилось прядіння і ткання (рисунок 1.6). Ще однією проблемою було зберігання зерна, яке поїдало з гранями миш. Ця проблема була вирішена з винаходом керамики. Кошки з лози стали обмащувати глиною і обпалювати на багатті; потім були створені печі для обпалення і гончарний круг. Гончарі стали
першими професійними ремісниками, вони жили при громадському храмі і утримувалися общинною [4].

Вельми важливою для землеробів виявилася проблема житла. Мисливці постійно пересувалися у пошуках здобичі і жили в легких куренях, покритих звіріними шкурами. Землероби жили в будинках, перші будинки будували з необпаленої цегли; потім її стали обпалювати в гончарних печах, але обпалена цегла була дорога і застосовувалася, в основному, для облицьовування будівель. У IV тисячолітті до н. е. в Месопотамії з’явилося ще одне важливе нововведення – запряжений биками чотириколісний візок [1, 2].

Ще одним відкриттям цього часу було створення перших мідних знарядь. Можливо, перша мідь була випадково отримана зруди в гончарних печах, але якби там не було, це відкриття спочатку не зробило помітного впливу на життя землеробів. Мідь була рідкісним металом, і довгий час використовувалася для виготовлення прикрас. Пізніше, у III тисячолітті, було виявлено, що додавання олова дозволяє отримувати твердіший, ніж мідь, матеріал – бронзу. З останньої стали виготовляти зброю і деякі важливі технічні деталі, наприклад втулки бойових колісниць – проте бронза була ще дорожча за мідь і її поява не привела до розповсюдження металевих знарядь праці [5].

Освоєння землеробства і мотики було першим етапом зміни життя людей під час неолітичної революції. Другим етапом стало освоєння іригаційного землеробства (рисунок 1.7). При застосуванні мотики оброблювана земля швидко виснажувалася, і за два-три роки землероби були вимушенні переходити на нову ділянку. У випадку ж реалізації іригації родючість ґрунту відновлюється за рахунок наносів мулу, врожайність залиша-

Рисунок 1.7 – Іригаційне землеробство
ється стабільно високою і земельні ресурси використовуються максимально ефективно. Про значення іригаційного землеробства говорять такі цифри. Щільність населення при мисливському господарстві складає близько 0,05 чол./км², при землеробстві мотики – до 10 чол./км², при іригаційному землеробстві вона досягає 100 – 200 чол./км². Таким чином, другий етап неолітичної революції за своїми масштабами не поступався першому.

Іригаційна революція стала фактом у IV тисячолітті до н. е., коли жителі Стародавньої Месопотамії, шумери, навчилися будувати магістральні іригаційні канали завдовжки в десятки кілометрів. Величезне збільшення продуктивності землеробства викликало різке зростання населення, в цей час з’являються численні селища, які розростаються до розмірів міст. У III тисячолітті іригаційна революція розповсюджується на долини Нілу, Інді, у II тисячолітті – на долини Гангу і Хуанхе. Долини великих річок стають основними осередками землеробської цивілізації [2, 5].

Розвиток іригації привів до нового розширення екологічної ніш людини – проте ми пам’ятаємо, що чисельність населення зростає дуже швидко, за чотириста років вона може зрости в 250 разів. У III тисячолітті щільність населення в річкових долинах зросла в сотні разів, і нова екологічна ніша була заповнена. На Близькому Сході почалося перенаселення.

В період колонізації і достатку родові общини не вважали за потрібне міняти традиційні принципи колективної праці: так само, як і полювання, обробка землі здійснювалася спільно на загальному полі і урожай ділився рівномірно між родичами. Такий порядок землекористування зафіксований у літературних джерелах в багатьох якнайдавніших обшинах Азії. Іншою традицією, успадкованою землеробами від мисливців, було народне зібрання і родова демократія [2].

Перенаселення проявлялося спочатку нечастим голодуванням в період великих неврожаїв. Община відповідала на нього застосуванням іригації і добрив. Поступово стало виявлятися, що, на відміну від полювання, колективна праця в землеробстві не дає переваг перед індивідуальною працею. «При колективній праці багато хто лінується і є можливість неповної віддачі сил.» – вказується в старовинному китайському трактаті «Люйши чунцю» [2]. Найбільш працелюбні селяни стали вимагати виділення своєї землі і пішли на «хутори». У початковий період після цього селянські наділи підлягали систематичному перерозподілу.

Проте в областях більшого демографічного тиску система наділів швидко призвела до появи приватної власності на землю – перш за все тому, що переділи стримували застосування добрив і місцевої іригації. Приватна власність з’явилася в Дворіччі приблизно 2600 років до н. е., а в ін-
широких регіонах – у міру того, як тиск зухвалій общинників досягав там відповідного рівня. У Китаї це відбулося у VI – VII ст. до н. е., у Індії і в Італії – в середині I тисячоліття до н. е. [2, 5].

Поява приватної власності викликала розділ общини. Сім’ї і приватні будинки відокремилися один від одного високими огорожами. Дружина брата перестала бути «моєю дружиною». Почалося розшарування общини на багатих і бідних. Розділення ділянки в багатодітних сім’ях призводило до того, що наділи не могли прогодувати землевласників. Селяни брали зерно у борг – так з’явилося лихварство – і врешті-решт втрачали свій наділ. Безземельні батрачили у кулаків, просили подаяння на дорогах, дехто промишляв розбоєм. Інша частина безземельних зайнялася професійним ремеслом. Ремісники гуртувалися навколо ринків, щоб міняти свої вироби на хліб – так з’явилися міста і торгівля [7, 8].

Зростання населення приводило до поступового заповнення екологічної ніші землеробів, і у міру цього заповнення відбувалася адаптація людини до нових умов існування. Результатом цієї адаптації і була поява приватної власності, нові сімейні відносини, розвиток міст, торгівлі, ремесел, мистецтв і науки – становлення нового суспільства, яке називають «традиційним суспільством» землеробів. Цей світ був різко несхожий на колишній світ мисливських общин і ці зміни були викликані великим фундаментальним відкриттям – освоєнням землеробства [2, 6].

1.2. Освоєння скотарства

В наш час більшість фахівців вважають, що скотарство з’явилося одноразово або трохи пізніше, ніж землеробство. Маючи надлишки їжі, землероби отримали можливість вигодовувати дитинчат убитих на полюванні тварин – таким чином, відбувалося їх поступове одомашнення. У IX – VIII тисячоліттях до н. е. на Близькому Сході були одомашнені кози і верблюди, дещо пізніше – велика рогата худоба (рисунок 1.8) [2, 9].

Рисунок 1.8 – Зародження скотарства

Розселяючись на нові території, землеробські племена приносили з собою навички комплексного господарства. У IV – III тисячоліттях до н. е. землеробські поселення розповсюдилися на обширні простори північного Причорномор’я і Прикаспії. На степових просторах мешкали дикі коні, тарпани, які незабаром були приручені населенням цих місць [1].
У Прикаспії і теперішньому Казахстані лише небагато земель були доступні для обробки мотикою, і землероби селилися на родючих ділянках в заплавах нечисленних річок. Проте навколишні степи були рясними пасовищами, на яких паслися великі стада худоби, – таким чином, в господарстві місцевого населення виразно переважало скотарство. На одному квадратному кілометрі ковильно-різнотравного степу можна було відгодувати 6–7 коней або биків, а для проживання однієї сім’ї з 5 чоловік було потрібне стадо приблизно в 25 голів великої худоби, отже, щільність населення в епоху скотарства в степу могла досягати 1,3 чол./км² [2, 10].

Таким чином, щільність населення в епоху скотарства лише дещо перевищує максимальну щільність для мисливців і збирачів; вона в 5–10 разів менша, ніж у мотикових землеробів і в сотні разів менша, ніж у землеробів, що використовують іригацію. Екологічна ніша скотарів дуже вузька і перенаселення настає достатньо швидко. Намагаючись ввести в господарський обіг віддалені пасовища, жителі степів поступово перейшли до яйлажного скотарства, при якому основне населення залишалося в селищі, а пастухи разом із стадами йшли на все літо на дальні пасовища. Наступним кроком в цьому напрямку стало кочове скотарство: жителі степів стали кочувати разом зі своїми стадами.

Поштовхом до цих швидких і корінних змін у VIII ст. до н. е. було нове фундаментальне відкриття – створення строгих вудил. За цим винаходом прийшло освоєння навігації, яке вже не було мистецтвом небагатьох джигітів і стало доступним всім чоловікам. Кочівники Середньої Азії зазвичай зимували в районах на півдні від Сирдар’ї, а літом переганяли свої стада за півтори-дві тисячі кілометрів на багаті пасовища північного Казахстану (через суворий клімат ці пасовища не могли використовуватися взимку). Кочівництво допомогло освоїти північні степи і гірські луки, проте воно потребувало зміни способу життя. Кочівники відмовилися від рослинної їжі, вони харчувалися, головним чином, молоком і молочними продуктами. Найважливішими винаходами кочівників, без яких було б неможливо життя в степах, стали сир і повсть [1].

З переходом до кочового скотарства різко змінилася вся зовнішність степів. Зникли численні селища, життя тепер проходило у возах, в постійному русі людей разом із стадами від одного пасовища до іншого. Жінки і діти їхали в поставлених на колеса кибитках – але були племена, де на кіні носили і жінки.

Грецький історик Геродот передає, що у сарматів жінки «разом з чоловіками і навіть без них верхи виїжджають на полювання, вступають в похід і носять однаковий одяг з чоловіками». Археологи свідчать, що в могили жінок – так само, як в могили чоловіків – часто кладали вузелівку, символ вершника. Спосіб життя верхів коней примушував дивуватися багатьох античних істориків [2].

«Вони немов приросли до своїх коней – писав римський історик Амміан Марцеллін про гунів (рисунок 1.9), – і часто сидячи на них, займаються своїми справами. День і ніч проводять вони на коні, займаються
купівлею і продажем, їдять і п’ють, і, схилившись на круту шию коня, за-
синають... Коли доводиться радитися про серйозні справи, то і наради во-
ни ведуть, сидячи на конях» [11].

Рисунок 1.9 – Кочівники – гуни

Кочівництво дозволило освоїти нові пасовища, але щільність населен-
ня в степу залишалася низькою. Екологічна ніша скотарів була дуже вузь-
кою, і голод був постійним явищем. Китайські хроніки містять багато сві-
день про голод серед кочівників.

«У тому ж році в землях сюнну був голод, від нього з кожного десятка
населення померло 6 – 7 чоловік, а з кожного десятка худоби лягло 6 – 7
голів. Декілька років страждали від засухи і сарани, земля на декілька де-
сятків днів шляху лежала гола, люди і худоба голодували хворіли, біль-
шість з них померли. Був голод, замість хліба вживали розтерті в порошок
кістки, лютували хвороби, від яких велика кількість людей померла» [2].

Арабські письменники повідомляють про частий голод серед татар; є співвідношення про те, що в роки голоду кочівники їли падаль, продавали в раб-
ство своїх дітей. Дефіцит їжі породив звичай жертвопринесення людей
похилого віку у масагетів; у деяких племен було прийнято убивати вдів,
грудних дітей вбивали і хоронили разом з померлою матір’ю. В умовах
напівголодного існування бедуїни Аравії часто вбивали новонароджених
дівчаток. За наявними даними, середня тривалість життя кочівників скла-
дала 36 – 38 років [7].

Спосіб життя кочівників визначався не тільки обмеженістю ресурсів
кочового господарства, але і його нестійкістю. Екологічні умови степів
були мінливими, сприятливі роки змінювали засухами і джутом. У серед-
ньоазійських степах джут траплявся раз в 7 – 11 років. Сніжний буран або
ожеледь призводили до масового вимирания худоби; у деякі роки гинуло
більше половини поголів’я. Загибель худоби означала страшний голод;
кочівникам не залишалося нічого іншого, як вмирати або йти в набіг. «У
нас ведуться постійні війни, – говорив скіф Токсаріс у римського пись-
менника Лукіана, – ми або самі нападаємо на інших, або витримуємо на-
pади, або вступаємо в сутички через пасовища». «У цих племен всі люди
без винятку – воїни», – говорив про арабів Амміан Марцеллін [9].
Вічна і загальна боротьба в степу називалася у казахів «баримтой». «Казахські племена постійно ворогували між собою, – писав історик З. Е. Толібєков. – Кожен кочовий аул, почувши про наближення ворога, негайно збирає своє майно і, поспіхом склавши його на верблюдів, тікає. Якщо загроза була велика, то кидали навіть юрту і стадо баранів, бігли, в чому були, забираючи своїх коней і верблюдів» [2].

Кочівники загартовувалися в боротьбі із стихією і в постійних зіткненнях один з одним. У кожному роду був наїздник, що відрізнявся хоробрістю і фізичною силою; постійно проявляючи себе в сутичках, він поступово ставав «батиром» («богатирем»). Батири очолювали роди в битвах, вони були головними героями казахського епосу [1].

«Молодих і сильних поважають, – говорить китайський історик про гунів, - старих і слабких поважають мало. Сильні їдять жирне і краще, люди похилого віку харчуються після них. Хто в битві відрубає голову ворога, той отримує в нагороду кубок вина і все захоплене у здобичь». «Цасливими з них вважаються ті, хто вмирає в бою, – говорить Амміан Марцеллін про аланів, – а ті, хто доживають до старості і вмирають природною смертю, переслідуються у них жорстокими насмішками, як виродки і боягузі. Нічим вони так не гордяться, як вбивством людини і у вигляді славного трофея вішають на своїх коней зідрану з черепа шкіру убитих».

У нескінчених битвах виживали лише найсильніші і сміливіші – таким чином, кочівники піддавалися природному відбору, що закріплювало такі якості, як фізична сила, витривалість, агресивність. Стародавні і середньовічні автори неодноразово відзначали фізичну перевагу кочівників над жителями міст і сіл. «Кипчаки – народ міцний, сильний», – пише Ібн Батута. «Вони такі загартовані, що не потребують ні вогню, ні приготованої до смаку людини їжі; вони харчуються коріньм трав і напівсирим м'ясом з багатьох видів копиствих», – пише Ібн Батута. «Вони такі загартовані, що не потребують ні вогню, ні приготованої до смаку людини їжі; вони харчуються коріньм трав і напівсирим м’ясом з багатьох видів копиствих».

Природний відбір на силу та витривалість доповнювався вихованням військових якостей, починаючи з раннього дитинства. «Хлопчик, як скоро зможе сидіти верхи на баранові, стріляє з лука пташок і звірів і вживає їх в їжу», – говорить історик про виховання у гунів. У монголів і казахів 12 – 13-річні хлопці разом з своїми батьками ходили в набіги. У набігах брали участь і жінки; у сарматів «дівчина не виходить заміж, поки не уб’є ворога» – свідчить Геродот. За даними археологів, п’ята частина могил сарматів з битвою зберігають рештки жінок [1, 2].

Війни між кочовими племенами нерідко приводили до об’єднання Великого Степу і створення кочових імперій. Створення єдиної держави клало кінець міжплемінним війнам, але знижувало демографічний тиск у степу. Якщо раніше в роки джуту кочівники йшли в набіг на сусідні

17
плем’я і чисельність населення знижувалася за рахунок військових втрат, то тепер єдиним способом порятунку від голоду було об’єднання сил степу і нашестя на землеробські країни. Таким чином, об’єднання кочівників породжувало хвилю нашестя.

Нашестя набувало особливо грізного характеру, коли до рук кочівників потрапляла нова зброя. Першою створеною кочівниками новою зброєю була запряжена парою коней легка бойова колісниця, потім почалось освоєння стрільби з лука верхи, були винайдені важкий лук, сідло і стрелена, що дозволило використовувати шаблю. Всі ці фундаментальні відкриття порушували військову рівновагу між кочівниками і землеробами і на землеробські цивілізації падала хвиля нашестя непереможних і жорстоких завойовників.

Завоювання приводило до створення станових суспільств, в яких основна маса населення, нашадки переможних землеробів, експлуатувалася нашадками завойовників. У новому суспільстві кочівники складали військовий «рицарський» стан, вони ділили завойовану країну на «феоди», зводили замки і перетворювали селян на рабів. Оскільки в епоху до створення артилерії нашестя кочівників відбувалися регулярно з інтервалами в один–два–три віки, більшість суспільств того часу були «феодальними» [2].

1.3 Становлення стародавніх цивілізацій

Вважається, що першою цивілізацією на Землі була стародавня Месопотамія. Саме у Месопотамії в IV тисячолітті до н. е. були побудовані перші іригаційні канали, це була батьківщина іригаційної революції. Іригація привела до різкого зростання чисельності населення, і вже в кінці IV тисячоліття на берегах Тигру і Євфрату з’являлися перші міста. Міста Месопотамії були храмовими общинами; вони походили від родових общин перших поселенців. Спочатку общини були маленькими і роботи виконувалися спільно общинниками. Потім общини розрослися і поля були поділені між общинниками, причому частина землі була виділена храму. Далі, якщо на початковому етапі храмові землі оброблялися спільно общинниками, то пізніше, коли з’явилися безземельні бідняки, жерці стали запрошувати їх як батраків або орендарів [2, 6].

Складне храмове господарство потребувало проводити записи і підрахунки; спочатку для записів використовувалася малюнки-ідеограми, потім стилізовані малюнки перетворилися на ієрогліфи. Шумери витискали ієрогліфи на глиняних таблищах за допомогою очеретяної палички; ієрогліфи складались з клиноподібних рисок – це був так званий клинопис (рисунок 1.10). На межі II – I тисячоліть до н. е. один з семітських народів – фінікійці – удосконалив клинопис і створив алфавіт з 22 букв.
Від фінікійського алфавіту пішли грецький і арамійський, від грецького – латинський і слов'янський, від арамійського – персидський, арабський і індійський алфавіти. До Китаю і Японії алфавіт так і не дійшов, і народи цих країн до цих пір користуються ієрогліфами [2].

При шумерських храмах існували писарські школи «е-дуба». Писарі повинні були не тільки знати писемність, але й вміти підраховувати розмір урожаю, об'єм зерносховища, площу поля. Храми займалися торгівлею і лихварством, тому писарям часто доводилося проводити всілякі обчислення, зокрема обчислювати відсотки. Вже до кінця III тисячоліття до н.е. була створена система числення для запису чисел, проте вона була не десятковою, як у наш час, а шестидесятковою, причому для позначення одиниць і десятків використовувалися різні значки. На основі цієї системи були складені таблиці множення, ділення, піднесення до степеня (писарі навіть не вдавалися до ділення великих чисел, вони вважали за краще заглянути в таблицю). Спадкоємці шумерів, вавілоняні, вміли розв'язувати квадратні рівняння, знали «теорему Піфагора», властивості подібних трикутників, вміли обчислювати об'єм піраміди, складали креслення полів, малювали мапи, але не завжди дотримувалися масштабу [10, 11].

Важливим завданням, що стояло перед жерцями, було створення календаря; календар був необхідний, перш за все, для визначення часу початку різних сільськогосподарських робіт. Вавілонський календар був місячним – за ним місяць складався з 29 або 30 днів (період зміни місячних фаз дорівнює 29,5 діб); рік складався з 12 місяців. Через те, що сонячний рік довший місячного на 11 днів, Новий рік зміщувався і міг припадати на літо або осінь; тому час від часу вводився додатковий місяць [2].

Вавілонський календар був недостатньо точним; набагато точніший календар був створений в ІІІ тисячолітті до н. е. в Спітті. Єгипетський календар складався з 12 місяців по 30 днів, причому в кінці року вставлялося 5 додаткових днів, тобто рік налічував 365 днів. Цей календар відрізнявся від сучасного тільки відсутністю високосних днів; високосні дні ввій у 46 р. до н. е. Юлій Цезарь [4].

Завдання складання календаря було пов’язане з астрономічними спостереженнями: було відміченого, що розлив Нілу завжди відбувається в один день, коли над горизонтом з’являється зірка Сиріус. Єгиптяни стали записувати положення зірок, об’єднали їх в сузір’я і створили перші зоряні таблиці. Спостерігаючи положення зірок на нічному небі, єгиптяни навчилися визначати час. Астрономія завжди була тісно пов’язана з магією; зоряні таблиці служили не тільки для практичних цілей, але й для прогнозів. У І тисячолітті до н. е. у Вавилоні з’явилися перші астрологи [3, 4].

Характерно, що хранителями знань, писарями, астрологами, лікарями у той час були, в основному, жерці. Єгипетські і вавілонські жерці тримали свої знання в таємниці, не допускаючи в них необізнаних. Частково це було пов’язано з тим, що в єгипетських храмах існували майстерні з імітації золота і срібла; хімічні досліди жерців навчили їх підробляти благоро-
дні метали. Багато знань жерців залишилися таємними для подальших по-колінь – наприклад, секрет збереження мумій.

Ближній Схід був батьківщиною багатьох простих машин і інструмен-тів – тих, що ще в минулому столітті використовувалися багатьма сільськими жителями. Це, перша за все: прядка, ручний ткацький верстат, гонча-рний круг, криничний журавель. Поява в Єгипті криничного журавля, «шадуфа», дозволила піднімати воду на «високі поля» і вдесятеро збіль-шила площу оброблюваних земель (див. рисунок 1.7). У І тисячолітті до н. е. у Вавилоні з’явилося водопідймальне колесо (рисунок 1.11) і ковзаючий по блоках круговий ремінь з шкіряними відрами [5].

Цивілізацію Вавilonу її одні називають «глиняним царством»: у Месопотамії немає лісу і каменя, єдиний будівельний матеріал – це глина. З глини споруджували будинки і храмові башти – зіккурати. Лише зовні їх облицьовували цеглою [4].

У Єгипті храми і піраміди будували з каменя. Піраміда Хеопса (рисунок 1.12) має висоту 146 метрів і складається з 2,3 млн кам’яних блоків, кожен вагою у 2 тонни.

Рисунок 1.11 – Давньоєгипетське водопідймальне колесо

Рисунок 1.12 – Піраміда Хеопса та реконструкція операції її будівництва

Для перевезення цих блоків використовували полозки, під які підкладали дерев’яні катки; на вершину піраміди блоки піднімали по похилих площинах. Від каменоломень до місця будівництва блоки доставлялися на величезних барках завдовжки 60 метрів і водотоннажністю 1,5 тисяч тонн [4].

За свідченням Геродота, на будівництві піраміди Хеопса в порядку трудової повинності працювало 100 тисяч чоловік, які змінювались через кожні три місяці [12]. Трудова повинність, яка розповсюджувалася на все населення, дозволяла створювати не тільки піраміди, але й величезні іригаційні споруди. У ІІ тисячолітті був побудований Фаюмський канал, який дозволив зрошувати великі площі земель в Нижньому Єгипті [5].

Найбільшим технічним досягненням Стародавнього Сходу було освоєння плавки металів. Мабуть, секрет виплавлення міді був знайдений ви-падково під час обпалення кераміки. Потім навчилися плавити мідь в примітивних горнах. Такий горн явяв собою викопану у землі яму діаме-
тром близько 70 см. Яма оточувалася кам’яною стінкою з отвером для дуття. Ковальські міхи робили з козиних шкур і оснащували дерев’яним соплом. Температура в такому горні досягала 700 – 800 градусів, що було достатньо для виплавлення металу [6, 8].

Перші мідні вироби з’явилися на Близькому Сході у VI тисячолітті до н. е., проте мідь порівняно рідкісна і, крім того, м’який метал; він посту- пається за твердістю кременю. Справжня технічна революція відбулася лише з освоєнням металургії заліза, в кінці ІІ ст. до н. е. Першими почали кувати залізо загадкові халіби, що мешкали в горах Вірменії. В ті часи – та й пізніше – печі не давали температури, достатньої для плавки заліза (1530 градусів); метал отримували в ході сиродутного процесу, у вигляді криці – пористої грудки з домішкою шлаку. Халіби придумали спосіб позбавлення від шлаку за допомогою тривального кування; в ре- зультаті отримували тверде мовутлець залізо (рисунок 1.13) [2].

Залізна руда зустрічається набагато частіше, ніж мідь, – тому залізо стало широко поширенним металом. Залізний наконечник плуга дозволив поліпшити обробку ґрунту, залізна лопата дозволила копати зрошувальні каналі. Раніше при вогняній системі розчленення нової ділянки було потрібне зусилля всього роду; тепер за допомогою залізної сокири, пилки, лопати з цим міг впоратись і один, в результаті почався розпад роду і виділення індивідуальних ділянок.

Величезні зміни відбулися і в військовій справі; у VIII ст. до н. е. цар Ассірії Тіглатпаласар ІІІ створив озброєний залізними мечами «царський полк». Це було фундаментальне відкриття, за яким настала хвиля завоювань Ассірії і створення великої держави Ассірії, – нового культурного кола, компонентами якого були не тільки залізні мечі і регулярна армія, але й всі традиції Ассірії, у тому числі і самодержавна влада царів. Таким чином, історія ще раз показала, що життя людей визначається технічними відкриттями [2, 13].

Початок «залізного віку» став часом розквіту великої близькосхідної цивілізації, цивілізації Ассірії і Вавилону. У VI ст. до н. е. був побудований 400-кілометровий канал Паллукат; цей канал дозволив зрошувати великі простори пустельних земель. Вавилон перетворився на величезне місто, населення якого досягало 1 млн чоловік [2].

Місто перетинали широкі проспекти, вавілоняни жили в багатоповерхових цегляних будинках. В цей час з’явилися банки і акціонерні компанії – з погляду буденної життя цей світ не дуже відрізнявся від сучасного буржуазного суспільства. Так само як тепер, у великій моді була «психотерапія» – хвороби лікували, в основному, за допомогою заклинань – і заклинання часто допомагали. Правда, були і лікарі, що лікують травами, вони складали особливу корпорацію, яка ворогувала із заклинателями-психотерапевтами, – проте боротьба двох лікарських шкіл закінчилася по-разкою «травників». Як у всі часи, комерсанти-торговці здійснювали поїздки в далекі країни, великі зв’язані з очерету кораблі брали на борт сотні пасажирів і плавали до Аравії та Індії. Зв’язок з рідними місцями мандрівники підтримували за допомогою поштових голубів [4, 7].

Світ за межами Індії залишався невідомим вавілонянам. Вони вважали, що там, далі, починається світовий океан, а за океаном земля з’єднується з куполом неба. Всього налічувалося сім куполів неба, на сьому небі жили боги; під землею розташовувалося царство мертвих. Ці уявлення вавілонян розділяли і навколишні народи, у тому числі і євреї; від євреїв вони потрапили в Біблію [2, 4].

Серед всіх народів Близького Сходу більше всього про навколишній світ знали фінікійці, плем’я мореплавців і купців. Фінікійці будували кораблі з кілем, шпангоутами і суцільною палубою [14] (рисунок 1.15). Такий корабель міг за 70 днів перетнути Середземне море і вийти в Атлан-
тичний океан. Фінікійці досягали берегів Гвінейської затоки і Британії. У VI ст. до н. е. вони зробили плавання навколо Африки. Фінікійцям належать два чудові відкриття, скло і пурпурова фарба [2].

Скло, за легендою, було відкрито випадково, коли корабель, що віз селітру, зазнав аварії і моряки розпалили на березі багаття з селітри. Пурпурну фарбу робили з раковин молюсків, секрет її виготовлення зберігався в таємниці; пурпуровий одяг носили тільки царі і жерці.

Найвіщих успіхів в області тканин в стародавні часи досягли індійці. Індія була батьківщиною бавовни, рослини, яка дивувала чужоземців: у Європі довгий час вважали, що бавовна росте на деревах. Індійські майстри ткали найтонші батисти і мусліни; батистову шаль можна було протягнути через перстень. Тканини фарбували соком індиго. Останній і зараз використовується, наприклад, для фарбування джинсів.

У Індії вирощували ще одну чудову рослину – рис. На початку нашої ери індійські селяни освоїли вирощування заливного рису (рисунок 1.16).

Це була досить складна технологія. Спочатку община будувала греблю на річці і викопувала ставок, від ставка відводилися зрошувальні канали. Рисову розсаду вирощували в спеціальному розпліднику з регульованим мікрокліматом; потім її висаджували на затоплені поля. Пізніше для боротьби з бур'янами на затоплених полях стали розводити коропів. Врожайність заливного рису була удвічі вища, ніж врожайність пшениці, при цьому збирали не один, а два-три врожаї на рік. Це було нове фундаментальне відкриття, нова перемога людини над природою [2, 5].

Слідом за заливним рисом буддизм прийшов до Китаю і до Японії. Розповсюдження заливного рису означало розширення екологічної ніші; на колишній території могли проживати втрьох-четверо більше населення – в результаті Південна і Південно-східна Азія перетворилася на найбільш густонаселений регіон нашої планети.

Східна частина Азії відокремлена від західної частини горами і пустелами, тому тут склалася своя самобутня цивілізація. Китайці довгий час залишалися незнаючими з багатьма досягненнями Заходу. Вони не знали алфавіту, не вміли споруджувати кам’яні будівлі, не знали винограду і вина. З іншого боку, в Китаї були освоєні технології, довго не відомі Заходу. Китайці навчилися ткати шовк, у ІІ ст. вони винайшли папір, у VI ст. –
Виновато, я не можу прочитати цей текст. Якщо ви маєте певний текст або питання, я можу допомогти з ним. Літери, такі як "Рисунок 1.17 – Доменні печі та споруди Давнього Китаю" можуть бути прочитані як "Рисунок 1.17 – Доменное печи и споруды Древнего Китая". Насправді, це може бути важливою деталлю у певній контексті.
ЛІТЕРАТУРА


ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Підручник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-маєт підготовлено І. Севостьяновим

Підписано до друку 08.09.2015 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різографічний. Ум. друк. арк. 17,5.
Наклад 500 (1-й запуск 1-100) пр. Зам. № 2015-088.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп’ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.