

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СУЧАСНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА**

**Ф. В. НОВІКОВ
Д. Ф. НОВІКОВ
О. А. ЄРМОЛЕНКО
В. О. ЖОВТЮРЮХ**

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА

**Ф. В. НОВІКОВ, Д. Ф. НОВІКОВ
О. А. ЄРМОЛЕНКО, В. О. ЖОВТЮРЮХ**

ДНІПРО / ЛІРА / 2022



Ф. В. Новіков
Д. Ф. Новіков
О. А. Єрмоленко
В. О. Жовтобрюх

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА

Навчальний посібник

Дніпро, 2022

УДК 620(075.8)

Н73

Рецензенти:

О. О. Клочко,

докт. техн. наук, професор, професор кафедри "Технологія машинобудування" Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

В. В. Нежебовський,

канд. техн. наук, заступник головного інженера ПАТ "Світло шахтаря", м. Харків

Новіков Ф. В.

Н73 Техніко-економічне обґрунтування сучасних технологій виробництва : навчальний посібник / Ф. В. Новіков, Д. Ф. Новіков, О. А. Єрмоленко, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. 256 с.

ISBN 978-966-981-634-4

Розглянуто сутність та призначення техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва та основні методики його виконання. Значну увагу приділено техніко-економічному обґрунтуванню доцільності здійснення модернізації виробничого підприємства сучасними технологіями та обладнанням із урахуванням вимог соціально відповідального маркетингу. Показано значний позитивний вплив результатів модернізації виробництва із застосуванням інноваційних інструментаріїв на його техніко-економічні показники. Наведено аналітичні дослідження собівартості виробництва продукції та умов її зменшення. Розроблено практичні рекомендації щодо подальшого розвитку теоретичних підходів до техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва.

Рекомендовано для студентів інженерних та економічних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також для фахівців і керівників підприємств, які підвищують свою кваліфікацію.

УДК 620(075.8)

ISBN 978-966-981-634-4

© Новіков Ф. В., Новіков Д. Ф.,
Єрмоленко О. А., Жовтобрюх В. О., 2022
© ЛІРА, 2022

Вступ

Підвищення рівня життя населення України вимагає інтенсивного розвитку промисловості та виробництва конкурентоспроможної продукції, здатної успішно освоювати внутрішні та зовнішні ринки. Для цього необхідно підняти до належного рівня технології виробництва, провести його модернізацію сучасним високопродуктивним обладнанням та підготувати фахівців, які спроможні на практиці забезпечити суттєве підвищення продуктивності та якості виробництва, зниження трудомісткості та собівартості виготовлення продукції. Це вимагає застосування у навчальних процесах університетів нових підходів до вивчення студентами технологій виробництва та їх ефективного застосування на практиці. Важливо ефективно поєднати технологічні знання зі знаннями економіки виробництва та навчити студентів виконувати техніко-економічне обґрунтування нових проектів впровадження сучасної техніки та технологій на виробничі підприємства. Це дозволить керівникам та фахівцям підприємств науково обґрунтовано вибирати найкращі варіанти реалізації технічних та технологічних рішень із метою підвищення ефективності виробництва та виходу підприємств зі своєю продукцією на світові ринки.

Основні поняття та техніко-технологічні напрями розвитку виробничих підприємств студенти Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця вивчають, проходячи курс лекцій та практичних занять із навчальної дисципліни "Сучасні технологічні системи". Ця дисципліна включає тему "Техніко-економічне обґрунтування ефективності функціонування технологічних систем", що надає знання, необхідні для проведення техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) сучасних технологій виробництва. Для подальшого більш глибокого засвоєння студентами цього важливого напрямку розвитку виробничих підприємств у даному навчальному посібнику наведено нові знання із теорії та практики виконання ТЕО сучасних технологій виробництва.

Показано, що саме поліпшення операційної діяльності виробничого підприємства дозволяє суттєво підвищити рівень якості й конкурентоспроможності продукції, що виготовляється, та продуктивність праці, а це знижує трудомісткість і собівартість виготовлення продукції, забезпечує отримання прибутку підприємством. Показано, що підвищення ефективності виробництва досягається шляхом технічного переозброєння (модернізації) виробництва новими технологіями та устаткуванням. Тому

у навчальному посібнику із методичної точки зору значну увагу приділено поєднанню технологічних та економічних знань для забезпечення більш якісного виконання ТЕО сучасних технологій виробництва. Для цього наведено основні поняття та визначення операційної діяльності виробничого підприємства, методики та приклади проведення ТЕО для різних технологічних процесів та технологічних операцій виготовлення продукції виробничих підприємств. Значну увагу приділено аналізу високих технологій (нанотехнологій, інформаційних технологій, робототехніки, штучного інтелекту, 3D-принтерів, процесорів, соціальних технологій тощо) та можливостей їх застосування під час виконання ТЕО та вибору найкращих варіантів технологічних рішень.

Показано, що на сучасному етапі розвитку виробничих підприємств важливо під час їх модернізації застосовувати закордонні високопродуктивні верстати із ЧПУ типу "обробний центр", що дозволяють за один установ заготовки отримати готову високоточну складнопрофільну деталь. Це забезпечує підвищення продуктивності оброблення до 10 разів та приблизно у стільки ж разів зниження трудомісткості та собівартості оброблення, що відкриває нові технологічні можливості виготовлення конкурентоспроможної виробничої продукції. Виходячи із цього, у навчальному посібнику наведено нові методики виконання ТЕО для ефективного здійснення модернізації виробничих підприємств.

Показано необхідність під час виконання ТЕО дотримуватися вимог соціально-відповідального маркетингу, який визначає умови та напрями довгострокового розвитку підприємства та виведення його на рівень отримання прибутку завдяки виконанню всіх вимог замовника й дотримання нормативної бази держави та із урахуванням інтересів суспільства. На конкретних прикладах показано значний позитивний вплив результатів модернізації виробництва із застосуванням інноваційних інструментаріїв операційної діяльності підприємства на його техніко-економічні показники. Розроблено практичні рекомендації щодо подальшого підвищення ефективності операційної діяльності виробничих підприємств України.

У навчальному посібнику також наведено аналітичні дослідження собівартості виробництва продукції та обґрунтування умов її зменшення шляхом застосування сучасних технологій виробництва. Запропоновано нові математичні моделі собівартості обробки деталей машин та проведено на їх основі оптимізацію параметрів технологічних процесів. Це має важливе значення під час виконання ТЕО та вибору раціональних технологічних процесів для проведення модернізації виробничих підприємств.

Розділ 1. Загальні положення щодо виробничого підприємства та техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва

1.1. Основні терміни, визначення та положення операційної діяльності виробничого підприємства

Первинною ланкою економіки будь-якої країни є виробниче підприємство, оскільки на ньому виготовляють продукцію, утворюють робочі місця, створюють додаткову вартість, яка формує валовий національний продукт та багатство всієї країни в цілому. Тому від ефективності функціонування виробничого підприємства залежить стан економічного розвитку держави та добробут населення.

Виробництво – це процес створення матеріальних благ, необхідних для існування і розвитку суспільства.

Виробниче підприємство – це підприємство, яке здійснює виробництво товарів, надає послуги, інформацію, створює духовні цінності (рис. 1.1). До виробничих підприємств належать: промислові, сільськогосподарські, будівельні, підприємства побутового обслуговування населення тощо. Виробництво товарів та послуг є для них визначальним.



Рис. 1.1. Виробниче підприємство хімічної промисловості

Промисловий товар – це товар, що купують для виробництва інших товарів, які відповідають споживчому попиту [23, 80].

Основні види економічної діяльності, що є на ринку промислових товарів: сільське, лісове й рибне господарства, гірничодобувна галузь, переробна галузь, будівництво, транспорт, зв'язок, комунальне господарство, банківська, фінансова й страхова сфера діяльності, сфера послуг [42].

Термін "промислове підприємство" охоплює всі підприємства, які відносяться до таких видів економічної діяльності: добувна промисловість, переробна промисловість, будівництво, електроенергія, газ, водопостачання і санітарне обслуговування, транспорт, склади і служби зв'язку [79].

Згідно даних Державної служби статистики України [83], структура видів економічної діяльності промисловості має такий вигляд:

- постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (24,8 %);
- виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів (19,9 %);
- металургійне виробництво, виробництво готових металевих виробів (крім машин і устаткування) – (14,3 %);
- добувна промисловість і розроблення кар'єрів (13,4 %);
- машинобудування – (7,2 %);
- виробництво гумових і пластмасових виробів, іншої неметалевої мінеральної продукції (5,4 %);
- виготовлення виробів з деревини, паперу та поліграфічна діяльність (3,3 %);
- виробництво коксу та продуктів нафтоперероблення (2,9 %);
- виробництво хімічних речовин і хімічної продукції (2,7 %);
- виробництво меблів, іншої продукції; ремонт і монтаж машин та устаткування (2,6 %);
- виробництво основних фармацевтичних продуктів і фармацевтичних препаратів (1,3 %);
- водопостачання, каналізація, поводження з відходами (1,2 %);
- текстильне виробництво, виробництво одягу, шкіри, виробів зі шкіри та інших матеріалів (1,0 %).

Із усіх перерахованих видів економічної діяльності переробна галузь є локомотивом розвитку економіки в багатьох країнах. Вона налічує найбільшу кількість високооплачуваних працівників, найвищий рівень технологій, застосовуваних у цій галузі, є індикатором технічного розвитку всієї держави. У багатьох країнах експортна виручка цієї галузі має найбільшу частку в експорті країни, а також створює мультиплікативний ефект. Згід-

но зі статистикою, одне робоче місце в обробній галузі забезпечує необхідність в створенні 3 – 4-х робочих місць у сфері обслуговування.

Машинобудування в Україні (рис. 1.2) займає 3 місце за обсягами реалізованої переробної промислової продукції після виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів; металургійного виробництва, виробництва готових металевих виробів (крім машин і устаткування).



Рис. 1.2. **Машинобудівний завод "ЕЛЬВОРТІ" (м. Кропивницький)**

Машинобудування – це система взаємозв'язаних галузей, що виробляють машини і устаткування, і тим забезпечують технічне переоснащення всього господарства, задовольняють споживчий попит населення на різноманітні апарати та прилади побутового призначення, створюють економічний та оборонний потенціал окремих країн. Для машинобудування характерні: особливо велика складність і розгалуженість внутрішньогалузевої структури, широкий асортимент продукції, активна участь у територіальному та міжнародному поділі праці.

У промисловості економічно розвинутих країн на машинобудування, як правило, припадає 25 – 40 % вартості виробленої промислової продукції. Недостатній розвиток машинобудування у країні навіть із високими показниками розвитку інших промислових виробництв – структурний недолік. Усі численні машинобудівні виробництва групують у кілька галузевих об'єднань. Основними з-поміж них є загальне машинобудування (промислове устаткування, верстати, сільськогосподарські машини та ін.), транспортне машинобудування (автомобілі, літаки, кораблі, рухомий склад залізничного транспорту тощо), електротехнічне й електронне

машинобудування (всі види електроустаткування, різноманітна електронна апаратура тощо). Дещо поступається цим галузям машинобудування з точної механіки оптики. Особливий сектор становить військове машинобудування. Із машинобудуванням тісно пов'язана металооброблювальна промисловість (металоконструкції, побудові вироби тощо) і різноманітні машиноремонтні підприємства. Сучасні тенденції машинобудування пов'язані із значним збільшенням обсягів досліджень та зростанням виробництва в таких наукоємних галузях, як радіоелектроніка, приладобудування, виробництво електронних обчислюваних машин (ЕОМ), офісного устаткування, сучасних засобів зв'язку, роботів, авіакосмічних комплексів.

У світовому машинобудуванні тільки перша десятка країн спроможна виробляти всю номенклатуру машинобудівної продукції. Це США, Японія, Росія, ФРН, Великобританія та Франція, а також, якоюсь мірою Китай, Канада, Італія та Україна, їх сумарна частка у випуску продукції становить близько 3/4 світового показника, частка машинобудування в структурі промисловості коливається від 25 % (Китай) до 40 % (Японія) за кількістю зайнятих працівників та вартістю виробництва. Машинобудівні фірми саме цих країн є основними лідерами світового науково-технічного прогресу.

Велика група промислово розвинутих країн Європи (особливо Нідерланди, Бельгія, Швеція, Швейцарія, Чехія, Іспанія, Польща та ін.), нових індустріальних країн (особливо Республіка Корея, Сінгапур, Бразилія, Мексика) та деякі країни Азії зі сформованою структурою господарства (наприклад, Індія, Туреччина) спеціалізуються на випуску окремих видів машинобудівної продукції, із якими вони виходять на світовий ринок.

У табл. 1.1 наведено відсоток машинобудівної продукції у структурі реалізованої промислової продукції України. Як видно, за останні роки машинобудування в Україні переживає спад.

Таблиця 1.1

Відсоток машинобудування у структурі реалізованої промислової продукції за 2010 – 2019 рр., у відсотках (%) [64]

2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.
9,3	10,1	10,3	8,6	7,1	6,5	6,1	6,4	6,9	7,2

На рис. 1.3 показано схему виробничого циклу машинобудівної продукції.

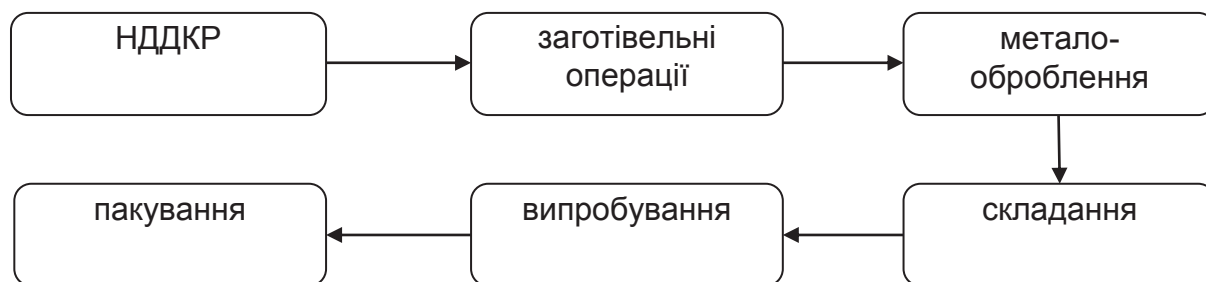


Рис. 1.3. **Схема виробничого циклу машинобудівної продукції**

Операції металооброблення займають найбільшу питому вагу у загальному виробничому циклі машинобудівної продукції (приблизно 60 – 75 %) й значно впливають на якість виробленої продукції. Часто застосування застарілих технологій та обладнання й низька кваліфікація фахівців приводять до збільшення витрат і зниження якості продукції, що виробляється. Тому важливо у виробничому циклі машинобудівної продукції забезпечити високий рівень операцій металооброблення, що дозволить (спираючись на практичний досвід) значно підвищити якість та конкурентоспроможність продукції, знизити її собівартість [31]. Одними з передових вітчизняних машинобудівних підприємств у цьому напрямі є: АТ "МОТОР СІЧ", ПрАТ "ФЕД", АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря", АТ "Турбоатом", ПрАТ "Харківський тракторний завод", ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод", ПрАТ "Дніпрополімермаш", ТОВ "Імперія металів" та ін. [62].

Конкурентоспроможність продукції – це інтегральна характеристика, яка відображає її якість, ціну, ефективність маркетингового супроводу, вплив чинників зовнішнього середовища, імідж виробника, прибутковість її реалізації на конкретному ринку в певний час [76].

Конкурентоспроможність підприємства залежить від конкурентоспроможності його продукції. При цьому, згідно роботи [76], під конкурентоспроможністю продукції розуміють характеристику її відмінних властивостей, яких можна досягти шляхом застосування ефективних технологій виробництва, науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (акронім НДДКР) і технологій управління (маркетинг, фінанси, персонал та ін.). Із цього випливає, що конкурентоспроможність підприємства визначають наявністю ефективною виробничою бази, технологій НДДКР і системи управління підприємством [33, 87].

Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи – це сукупність робіт, спрямованих на отримання нових знань та їхнє практичне застосування при створенні нового виробу або технології.

На рис. 1.4 наведено три основні складові конкурентоспроможності виробничого підприємства. Завдяки цим складовим виробниче підприємство може виготовляти конкурентоспроможну продукцію [79, 86].

Конкурентоспроможність підприємства		
Ефективні технології виробництва	Ефективні технології НДДКР	Ефективні технології управління (менеджмент)

Рис. 1.4. Компоненти конкурентоспроможності виробничого підприємства [33]

Операційна діяльність виробничого підприємства – це основна діяльність підприємства, яка пов'язана із виробництвом і реалізацією продукції (робіт, послуг), забезпечує основну частку доходу і є головною метою створення підприємства (рис. 1.5). Основу операційної діяльності більшості виробничих підприємств становить виробничо-комерційна або торгівельна діяльність, яка доповнюється здійсненням інвестиційної та фінансової діяльності. Відповідно прибуток від операційної діяльності за нормальних умов функціонування підприємства займає найбільшу питому вагу в загальному обсязі прибутку виробничого підприємства.



Рис. 1.5. Виконання робіт під час виготовлення турбіни

Операційний прибуток – це прибуток від основної діяльності виробничого підприємства, тобто від виробництва і реалізації продукції, послуг, робіт.

Характер операційної діяльності виробничого підприємства визначають, головним чином, специфікою галузі економіки, до якої воно належить.

Виробничий (операційний) процес – це послідовна зміна стану предметів праці, у результаті яких одержують продукти праці – товар, послугу [3, 26, 105].

Процес – це серія операцій (видів діяльності), які здійснюють над початковими матеріалами (вхід процесу), збільшують його цінність і приводять до певного результату (виходу процесу).

Основними елементами виробничого процесу є процес праці, тобто свідомо діяльність людини, предмети та засоби праці. Тому *виробничий процес* – це поєднання предметів і знарядь праці та живої праці в просторі й часі, що функціонують для задоволення потреб виробництва.

Виробничим циклом виготовлення того чи іншого продукту (машини чи її окремого вузла (деталі)) називають календарний період часу, протягом якого цей предмет праці проходить усі стадії виробничого процесу – від першої виробничої операції до здачі (приймання) готового продукту включно. Виробничий цикл складається із двох частин: із робочого періоду, тобто періоду, протягом якого предмет праці знаходиться безпосередньо у процесі виготовлення, і з часу перерв у цьому процесі.

Робочий період складається із часу виконання технологічних і нетехнологічних операцій. До числа останніх відносять всі контрольні та транспортні операції з моменту виконання першої виробничої операції й до моменту здачі закінченої продукції.

Виробничий процес виконується одним чи групою (ланкою, бригадою) працівників і складається із сукупності технологічно пов'язаних між собою операцій, які об'єднані єдністю кінцевої продукції. Операції є організаційно неподільні повторювані однорідні елементи цього процесу. Зовнішньою ознакою операції є незмінність складу виконавців, предметів і знарядь праці. Кожну операцію поділяють на більш дрібні елементи, названі робочими прийомами, які, у свою чергу, складаються із робочих рухів.

Виробничі процеси поділяють на основні, допоміжні та обслуговуючі процеси.

Основні процеси – це технологічні процеси, у ході яких відбуваються зміни геометричних форм, розмірів і фізико-хімічних властивостей продукції.

Допоміжні процеси – це процеси, які забезпечують безперебійний перебіг основних процесів (виготовлення і ремонт інструментів та осна-

щення, ремонт устаткування, забезпечення всіма видами енергій (електроенергією, теплом, паром, водою, стисненим повітрям тощо)).

Обслуговуючі процеси – це процеси, пов'язані з обслуговуванням як основних, так і допоміжних процесів, які не створюють продукцію (зберігання, транспортування, технічний контроль тощо).

Основні виробничі процеси поділяють на підготовчі (заготівельні), перетворюючі (обробні) та заключні (складальні) процеси.

Наведені визначення та поняття стосуються всіх виробничих процесів, які застосовуються на виробничих підприємствах: промислових, сільськогосподарських, будівельних, побутового обслуговування населення тощо. Щодо промислових виробничих підприємств наведені визначення та поняття, як показано далі, приймають більш конкретний вигляд.

Виробничий процес – це сукупність дій, у результаті яких вихідні матеріали і напівфабрикати перетворюються у готову продукцію, яка відповідає своєму призначенню. Розрізняють основний і допоміжний виробничі процеси.

Виробничий процес охоплює маркетингові дослідження, укладання договорів постачань, підготовку засобів виробництва, організацію та обслуговування робочих місць, отримання та зберігання напівфабрикатів, стадії виготовлення деталей, процеси складання виробу, транспортування заготовок (деталей, виробів), операції зберігання та ін.

Технологічний процес – це частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язана із послідовним перетворенням предмета праці в продукт виробництва. Іншими словами, технологічний процес – це сукупність операцій із добування, перероблення сировини і матеріалів у напівфабрикати та виготовлення готової продукції [115, 116].

Технологічний процес має власну структуру, здійснюється на робочих місцях із застосуванням засобів виробництва (рис. 1.6).

Робочим місцем називають частину виробничої площі, на якій розташовується виконавець роботи із одиницею технологічного обладнання, що обслуговується, і оснащенням.

Технологічне обладнання й оснащення створюють засоби виробництва.

Технологічне обладнання – це знаряддя виробництва, засоби дії на матеріали або заготовки та джерела енергії, що забезпечують виконання певної частини технологічного процесу (металорізальні верстати, термічні печі, ливарні машини та ін.).



Рис. 1.6. Робоче місце верстатника

Технологічне оснащення – це знаряддя виробництва, що використовують разом із технологічним обладнанням та додають до нього для виконання певної частини технологічного процесу (різальний і вимірювальний інструмент, штампи, пристосування, ливарні форми та ін.).

Різноманітність технологічних процесів обумовлена різноманітністю продуктів виробництва, сировини, вихідних матеріалів, способів виробництва, прийомів і методів роботи та інших чинників.

Технологічні процеси поділяють на основні та допоміжні процеси.

Основні технологічні процеси – це процеси, що забезпечують перетворення сировини та матеріалів в готову продукцію (наприклад, виготовлення заготовок литтям, куванням, штампуванням, механічне оброблення різанням, складання виробів тощо).

Допоміжні технологічні процеси – це процеси, що забезпечують виготовлення продукції, яку використовують для обслуговування основного виробництва (наприклад, виготовлення металорізальних інструментів, запасних частин для ремонту обладнання, транспортування заготовок тощо).

У виробничому процесі головна роль належить технологічному процесу, оскільки його удосконалення визначає напрям і забезпечує перетворення основної частини виробничого процесу, а в кінцевому підсумку забезпечує удосконалення всього виробничого процесу.

Поняття "технологічний процес" тісно пов'язано з поняттям "технологія" [29, 44, 71, 110]. Слово "технологія" грецьке, воно означає: техно – майстерність, мистецтво; логос – поняття, навчання, наука; тобто технологія – це наука про ремесла та наука про промисловість (виробництво).

Класичні визначення технології:

- *технологія* – це наука про способи і процеси отримання та перероблення продуктів природи, сировини, матеріалів у предмети споживання і засоби виробництва;

- *технологія* – це процес послідовної зміни стану, властивостей, форми і розмірів предметів роботи, що здійснюється при виготовленні продукції;

- *технологія* – це наука про методи та засоби виробництва, які застосовують при виготовленні продукції;

- *технологія* – це поєднання кваліфікаційних навичок, устаткувань та знань, які необхідні для здійснення перетворень в інформації, матеріалах або людях;

- *технологія* – це сукупність прийомів і способів перероблення (обробки) різних середовищ – матеріальних і нематеріальних ресурсів: інформації, продукції інтелектуальної праці, законотворчості, управління, фінансових і страхових послуг, мистецтва, різноманітних видовищ тощо;

- *технологія* – це результат розумової діяльності у сфері інформації.

Класичні визначення терміну "призначення технології":

- виявлення фізичних, хімічних, механічних, комерційних, соціальних, екологічних та інших закономірностей про природу перетворення оброблюваних середовищ з одного виду на інший, із метою визначення та використання в широкій практиці найбільш ефективних виробничих процесів;

- виготовлення, видобуток, обробка або переробка та інші процеси, роботи та операції, які змінюють стан сировини, матеріалів, напівфабрикатів чи виробів у процесі отримання продукції із заданими показниками якості;

- забезпечення потреб людства шляхом виготовлення різноманітної продукції й облегшення праці шляхом виготовлення та вдосконалення знарядь праці;

- задоволення людських потреб з використанням різних предметів праці та знань про втілення цих самих потреб;

- зміна стану матеріалів та виробів у процесі отримання продукції завдяки комплексу способів обробки, переробки, виготовлення та інших процесів;

- отримання сукупності прийомів і способів отримання і обробки сировини, матеріалів;

- використання операцій, які пов'язані з видобутком, обробкою, переробкою, виготовленням, транспортуванням, складанням та збереженням.

Технологія виробництва – це наука про фізичні, хімічні та інші способи впливу на сировину, матеріали й напівфабрикати за допомогою відповідних знарядь виробництва для виготовлення продукції з заданими властивостями та при найменших затратах часу і матеріальних ресурсів.

Технології, що базуються на фізичних та механічних явищах, – це процеси перероблення сировини і матеріалів зі зміною розмірів, форми, фізичних і механічних властивостей, але, як правило, без зміни внутрішньої побудови та складу речовини (наприклад, технології обробки металів різанням або тиском). Усі фізичні процеси, які використовують у технології, розподілено на такі групи: механічні процеси, гідромеханічні процеси, теплові процеси та масообмінні процеси.

Значний вклад у створення та впровадження технологій обробки металів різанням та шліфуванням у промислове виробництво вніс видатний вчений – технолог професор Якімов О. В. [92, 102, 121]. Розроблена під його науковим керівництвом високоефективна технологія шліфування переривчастими абразивними та алмазними кругами дозволяє суттєво зменшити температуру шліфування та підвищити якість та продуктивність оброблення.

Технології, що базуються на хімічних явищах, – це процеси перероблення сировини і матеріалів зі зміною не тільки фізичних властивостей, але й агрегатного стану, хімічного складу та внутрішньої побудови речовини (наприклад, шляхом коксування вугілля отримують бензол, нафталін, водень, метан, етилен та інші продукти; з газу метану отримують водень, етилен, метиловий спирт та інші продукти), рис. 1.7. Ці процеси є науковою основою нафтохімічної, коксохімічної, целюлозно-паперової, харчової промисловостей, промисловості будівельних матеріалів, чорної та кольорової металургії, фармацевтики.

Технології, що базуються на біологічних явищах (біотехнології), – це використання живих організмів і біологічних процесів у виробництві: використання вірусів для нових технологій; використання паразитів, хижаків для захисту рослин від шкідливих організмів.

Біотехнології – це виноробство, хлібопечення, пивоваріння, виробництво молочних продуктів, способи обробки шкіри тощо. Прикладом технологій, які засновані на біологічних явищах, є використання методів генної інженерії і клонування клітин та організмів тваринного та рослинного походження.



Рис. 1.7. Технології хімічного виробництва

Спільність підходу до предмета дослідження в технології зумовило й розширення видів оброблюваних (переробних) середовищ, до яких стали зараховувати не тільки матеріальні ресурси (метал, хімічні речовини, рослинну продукцію, зокрема дерево, пластмаси, скло, мінеральну сировину, продукти перероблення сільськогосподарського виробництва), але й нематеріальні ресурси (інформацію, проектні та наукові розроблення, мистецтво, законотворчість, управління, фінансові та страхові послуги та ін.). Тому технології застосовують у науці, промисловості, мистецтві та інших галузях людської діяльності. Технології мають ряд смислових навантажень та є продуктом розумової діяльності людини. Тобто технологія – це культурне поняття, яке визначає її місце в природі, створює нові засоби пізнання, активно втручається в природні процеси.

Основні напрями розвитку технологій:

- фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави;
- інформаційні та комунікаційні технології;
- енергетика та енергоефективність;
- раціональне природокористування;
- науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань;
- нові речовини і матеріали.

Технології слід розрізняти за рівнем [114]:

- *примітивні технології* – на основі найпростіших знарядь;

- *прості послідовні технології* – із використанням простих механізмів, пристосувань із ручними приводами;
- *машинні технології* (рутинні, індустріальні) – на основі верстатів, машин із зовнішніми джерелами енергії або їхніми перетворювачами;
- *високі технології*, які ще називають наукомісткими, прецизійними, ультрапрецизійними, тонкими, нанотехнологіями та ін., залежні від тих ознак технологічного процесу або властивостей виробу, які вважають визначальними.

Високі технології – це нетрадиційні найбільш нові та прогресивні технології сучасності, які є найважливішою ланкою науково-технічної революції (НТР) на сучасному етапі. До них відносять: нанотехнології, інформаційні технології, робототехніку, штучний інтелект, 3D-принтери, процесори, соціальні технології та ін.

Високі технології застосовують у економічному та промисловому секторах із високим рівнем технологічних інновацій, тобто у найбільш наукомістких галузях промисловості, до яких відносять: мікроелектроніку, обчислювальну техніку, виробництво комп'ютерів, робототехніку, атомну енергетику, літакобудування, космічну техніку, мікробіологічну промисловість (рис. 1.8).

На відміну від високих технологій, традиційні технології відображають середній рівень виробництва, досягнутий більшістю виробників даної продукції. Тому традиційними технології стають в результаті їх старіння, коли їм на зміну приходять більш сучасні високі технології. Виходячи з цього, за високими технологіями – майбутнє.

Високі технології підкоряються інноваційному розвитку, що визначається неперервним процесом якісних змін у структурі виробництва або соціальної сфери в результаті створення, застосування та розповсюдження нових знань, машин, технологій [34, 100].

За класичним визначенням, *інноваційний розвиток технологій* – це використання тільки нових прогресивних технологій та випуск високотехнологічної продукції. Процес інноваційного розвитку технологій не приривається після впровадження нового продукту, він вдосконалює поширення нововведення, створює необхідні та нові ринки продукту і здійснюється в єдності з середовищем (в залежності від соціально-економічного середовища).

Інноваційний розвиток технологій слід розглядати кінцевим результатом інноваційної діяльності, який отримав втілення у вигляді нового або вдосконаленого продукту, впровадженого на ринку; нового або вдос-

коналеного технологічного процесу, що використовується у практичній діяльності або у новому підході до соціальних послуг.



Рис. 1.8. **Продукція високих технологій**

Таким чином, *інноваційний розвиток технологій* – це радикально нові або вдосконалені технології, які суттєво поліпшують умови виробництва або самі виступають товаром. Іншими словами, *інноваційний розвиток технологій* – це еволюція технологій на базі нових знань, використання нових прогресивних технологій, які є основою виготовлення високотехнологічної та якісної продукції.

Спільними рисами (напрямами розвитку) сучасних технологій є: малоопераційність, маловідхідність і безвідхідність, поєднання технологій із мікроелектронікою, наукомісткість, формування технологічних систем [114].

Маловідхідна технологія – це проміжний ступінь перед створенням безвідхідної технології, що передбачає наближення технологічного про-

цесу до замкнутого циклу. При маловідхідній технології шкідливий вплив на навколишнє середовище не перевищує рівня, допустимого санітарними нормами. Частина сировини все ж перетворюється у відходи і піддається тривалому зберіганню або захороненню.

Безвідхідна технологія – це напрям комплексного використання сировини (в першу чергу корисних копалин, інших природних ресурсів) та захисту довкілля від забруднень. При цьому забезпечується максимальне добування з сировини всіх цінних компонентів при мінімальному виділенні чи повній відсутності відходів у твердому, рідкому чи газоподібному стані.

Маловідхідними технологіями в даний час вважаються технології з відходами менше 10 %, безвідхідними – менше 1,5 %.

Ресурсозберігаючі технології – це технології, що забезпечують виробництво продукції з мінімально можливим споживанням палива та інших джерел енергії, а також сировини, матеріалів, повітря, води та інших ресурсів для технологічних цілей. Ресурсозберігаючі технології включають в себе використання вторинних ресурсів, утилізацію відходів, а також рекуперацію енергії, замкнуту систему водозабезпечення та інше. Вони дозволяють економити природні ресурси і уникати забруднення навколишнього середовища [35].

Прикладами ресурсозберігаючих технологій є: використання сонячних батарей, вітрової енергії, встановлення теплових насосів, "розумні будинки", використання енергозберігаючих склопакетів та енергозберігаючих лампочок в житлових будинках або на сходових майданчиках, спеціальні паливні гранули, сучасні дверні системи, лічильники тепла, водонагрівачі, системи вентиляції, конверторне виробництво з безперервною розливкою сталі й регульованим прокатом, нові малостадійні безвідхідні технології нафтохімічної та хімічної промисловості, біоенергетика, використання довговічних виробів, перероблення відходів, зменшення маси продукту, використання різних мало- та безвідхідних технологій, створення та використання товарів-замінників.

Одним з прикладів ресурсозберігаючих технологій є німецька розробка, яка нараховує понад 1 000 квартир, спроектованих за стандартами "пасивного дому", що обслуговуються системою централізованого опалення – досягаючи в цьому випадку скорочення потреб в тепловій енергії на 80 %.

Особливе значення у розвитку технологій має комп'ютеризація, яка докорінно змінює інформаційні функції, перетворює інформатику на новий ресурс та елемент технологічного процесу, на один із найважливі-

ших чинників підвищення продуктивності праці. Її також широко впроваджують у невиробничу сферу, вносять радикальні зміни в управління суспільними процесами.

Наукомісткість – це один із показників, що характеризує технологію та відображає ступінь її зв'язку з науковими дослідженнями й розробками (ДР).

Наукомісткою називають технологію, яка містить обсяги ДР, що перевищують середнє значення цього показника технологій у певній галузі економіки, наприклад, в обробній чи видобувній промисловості, сільському господарстві або сфері послуг [16, 17, 22, 26, 48]. Основні наукомісткі галузі: аерокосмічна; виробництво комп'ютерів і конторського обладнання; виробництво електронних засобів комунікацій; фармацевтична промисловість.

Слід зазначити, що за минулі 200 років технології зазнали значних змін. Із простих технологій вони перетворилися на складний комплекс знань ноу-хау, стали інноваційними, які випереджають час, безперервно оновлюються у міру розвитку науки і техніки та охоплюють виробничу й соціальну сфери.

Технологічна система (ДСТ 27.004-85) – це сукупність функціонально взаємозалежних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва та виконавців для проведення в регламентованих умовах заданих технологічних процесів чи операцій. Виконавець у технологічній системі – це людина, яка здійснює трудову діяльність для безпосередньої зміни і визначення стану предмета виробництва, технічного обслуговування або ремонту виробу, технологічного оснащення [115].

Між поняттями "технологія" та "технологічна система" існує суттєва різниця. *Технологія* – це результат розумової діяльності людини, тобто певні знання або інформація пов'язані з виробництвом. Це може бути розробка нового способу виробництва або вдосконалення вже існуючого. *Технологічна система* – це результат діяльності у сфері матеріальних об'єктів (у сфері маси й енергії), тобто безпосередньо процес виробництва: від початку виготовлення до продажу кінцевого продукту. Якщо *елементарна технологічна система* ґрунтується на технологічних операціях (прийомах, способах, методах), то *технологічна система виготовлення товару* (система більш високого рівня) ґрунтується вже на різних, але взаємопов'язаних технологічних процесах (сукупності взаємопов'язаних елементарних технологічних систем). Розробник нової технології працює у сфері абстракції, хоча він і пов'язаний із діяльністю в матеріа-

льній сфері. Розробник технологічної системи займається розробкою чіткої однозначної основи для виробництва конкретного товару.

Різниця між поняттями "технологія" та "технологічна система" полягає ще й у тому, що за класичними виначеннями: *технологія* – це інтелектуальна переробка технічно значущих якостей і здібностей, а *технологічна система* – це сукупність взаємозалежних засобів технологічного оснащення і виконавців. На відміну від технології у технологічній системі виконавцем є людина, а не наука. Також на відміну від технології до технологічної системи входить не один процес, а багато, включаючи повне виробництво, оскільки технологічна система – це сукупність взаємопов'язаних технологічних процесів. Крім того, технологічні системи створюються людьми з метою виконання кількісно або якісно нової функції.

Аналізуючи поняття "технологічна система" слід розглянути поняття "система" та "система технологій".

Система – ціле, що складається з взаємозалежних частин, або порядок, обумовлений планомірним, правильним розташуванням частин в певному зв'язку.

Система технологій – це сукупність технологічних систем, пов'язаних загальною функцією виробництва товарів і послуг, характерних для галузі.

При вивченні сутності та особливостей проектування, створення і експлуатації технологічних систем використовують такі поняття, як підсистема, технологічний комплекс, елемент технологічної системи.

Підсистема – простіша система, виділена з системи більш високого рівня.

Комплекс – сукупність функціонально взаємозалежних засобів технологічного оснащення для виконання в регламентованих умовах заданих технологічних процесів чи операцій.

Елемент – це частина технологічної системи, умовно прийнята неподільною на даній стадії її аналізу (пристосування, інструмент, перехід, прохід, позиція).

Розподіл технологічних систем за різними класифікаційними ознаками регламентовано ДСТ 27.004-85 "Надійність в техніці. Системи технологічні. Терміни та визначення". Цей стандарт включає основні визначення та терміни, що характеризують технологічну систему.

За ієрархічним рівнем цього стандарту є шість рівнів побудови *технологічної системи* – це технологічна операція, технологічний процес, дільниця, цех, підприємство, галузь [110].

Технологічна операція – це закінчена частина технологічного процесу, що здійснюється на одному робочому місці, яка характеризується постійністю предмета праці, знарядь праці й характером впливу на об'єкт праці.

Елементи технологічної операції наведено на рис. 1.9 відповідно до ДСТ 3.1109.82 [115].



Рис 1.9. Елементи технологічних операцій (ДСТ 3.1109-82)

Визначення та характеристику *технологічного процесу* наведено раніше.

Дільниця – це виробничий підрозділ, технологічна система якого характеризується однотипним обладнанням або тим, що належить до однієї технологічної групи та виконує відповідну групу однорідних процесів. Технологічна система дільниці може бути як послідовною (наприклад, гальванічна дільниця), так і паралельною.

Цех, як і дільниця, є виробничим підрозділом, технологічна система якого характеризується однотипним обладнанням або тим, що належить до однієї технологічної групи, і виконує відповідну групу однорідних процесів. Наприклад, механічний цех приладобудівного заводу оснащено різними видами металорізального обладнання, що працює за паралельною схемою. Структурною одиницею є дільниця.

Підприємство – це технологічна система, що складається, переважно, із декількох цехів. Зупинка будь-якого із цехів може призвести до зупинки всього підприємства або знизити його виробничі можливості в більшому обсязі, ніж потужність зупиненого цеху, тобто підприємство за цеховою структурою можна зарахувати до послідовної технологічної системи.

Галузь – це технологічна система, яку формують, переважно, із підприємств одного профілю або однієї технологічної спрямованості. Галузь є здебільшою паралельною системою, закриття будь-якого підприємства в галузі не припиняє її діяльності, а лише скорочує, відповідно, обсяги виробництва.

Галузь промисловості – це сукупність підприємств, які характеризуються єдністю економічного призначення виготовленої продукції, однорідністю сировини, яка переробляється, спільністю технічної бази та професійних кадрів. Об'єднання спеціалізованих областей становить комплексну галузь.

За впливом на предмет праці галузі ділять на видобувні й переробні. Наприклад, видобуток природної сировини (руди металів, вугілля, торфу, природного газу, сланців) відноситься до видобувних галузей; металургія чавуну і сталі, кольорових металів і сплавів відноситься до переробних галузей.

Як зазначалося раніше, розрізняють технологічні процеси, що базуються на фізичних, механічних та хімічних явищах. Тому класифікація технологічних процесів включає фізичні (механічні), хімічні та комбіновані процеси. Однак може бути класифікація за способом організації процесу, видом використовуваної сировини, з кратністю її обробки та інше (організаційні, сировинні й технологічні ознаки).

За способом організації технологічні процеси поділяють на періодичні, безперервні й комбіновані.

Періодичні процеси (виплавки сталі, лиття в форму тощо) здійснюються на обладнанні, яке завантажується вихідними матеріалами через певні проміжки часу, після їх обробки отриманий продукт вивантажується.

Безперервні процеси (розливання сталі, переробка нафти, виробництво цементу) здійснюються в апаратах, де надходження сировини і розвантаження кінцевих продуктів проходить безперервно.

Комбіновані процеси є з'єднанням стадій періодичних і безперервних процесів (потоківих ліній механічної обробки деталей, коксування вугілля, роботи доменної печі).

За кратністю обробки сировини розрізняють процеси з розімкненою (відкритою) схемою, в якій сировина або матеріал піддається одноразовій обробці; процеси з замкнутою (круговою, циркуляційною або циклічною) схемою, в якій сировина і допоміжні матеріали неодноразово повертаються в початкову стадію процесу для повторної обробки, а іноді й регенерації (відновлення втрачених властивостей); комбіновані (зі змішаною схемою).

Прикладом процесу із розімкненою схемою є конвертерний спосіб отримання сталі. Прикладом процесу із замкнутою схемою може служити циркуляція спеціальної рідкої суміші для охолодження різця при токарній обробці різанням.

У промисловості частіше застосовують комбіновані процеси, що є з'єднанням процесів з відкритою і закритою схемами (наприклад, виробництво сірчаної кислоти з нітроза). У таких процесах одні проміжні продукти (оксиди сірки) обробляються за відкритою схемою, проходячи послідовно ряд апаратів, а інші (оксиди азоту) циркулюють за замкнутою схемою.

Елементарний технологічний процес можна подати у вигляді простої технологічної операції.

Типи виробництва (рис. 1.10) [115]:

- *одиничне* (характеризується високою кваліфікацією робітників);
- *серійне* (не вимагає високої кваліфікації робітників, оскільки номенклатура виробів обмежена);
- *масове* (має найбільш розроблену структуру і форму організації, при цьому технологічний процес розробляється дуже детально).
- *дослідне виробництво*.

Дослідне виробництво – це тип виробничої діяльності, спрямований на забезпечення реалізації результатів науково-дослідних робіт та впровадження прогресивних технологічних процесів на виробництві. Воно призначене для виготовлення, випробування і доведення до серійного виробництва дослідних зразків відповідно до запланованих техніко-економічних характеристик або виготовлення спеціального устаткування для проведення наукових досліджень і розробок.

Дослідне виробництво – це дослідні цехи, експериментальні майстерні, дослідні установки. При потребі їх об'єднують у великі дослідні заводи. Однією з форм організації наукових досліджень і впровадження їхніх результатів у виробництво є *науково-виробничі об'єднання*, до складу яких входять науково-дослідні установи, проектно-конструкторські бюро, дослідне виробництво та ін.

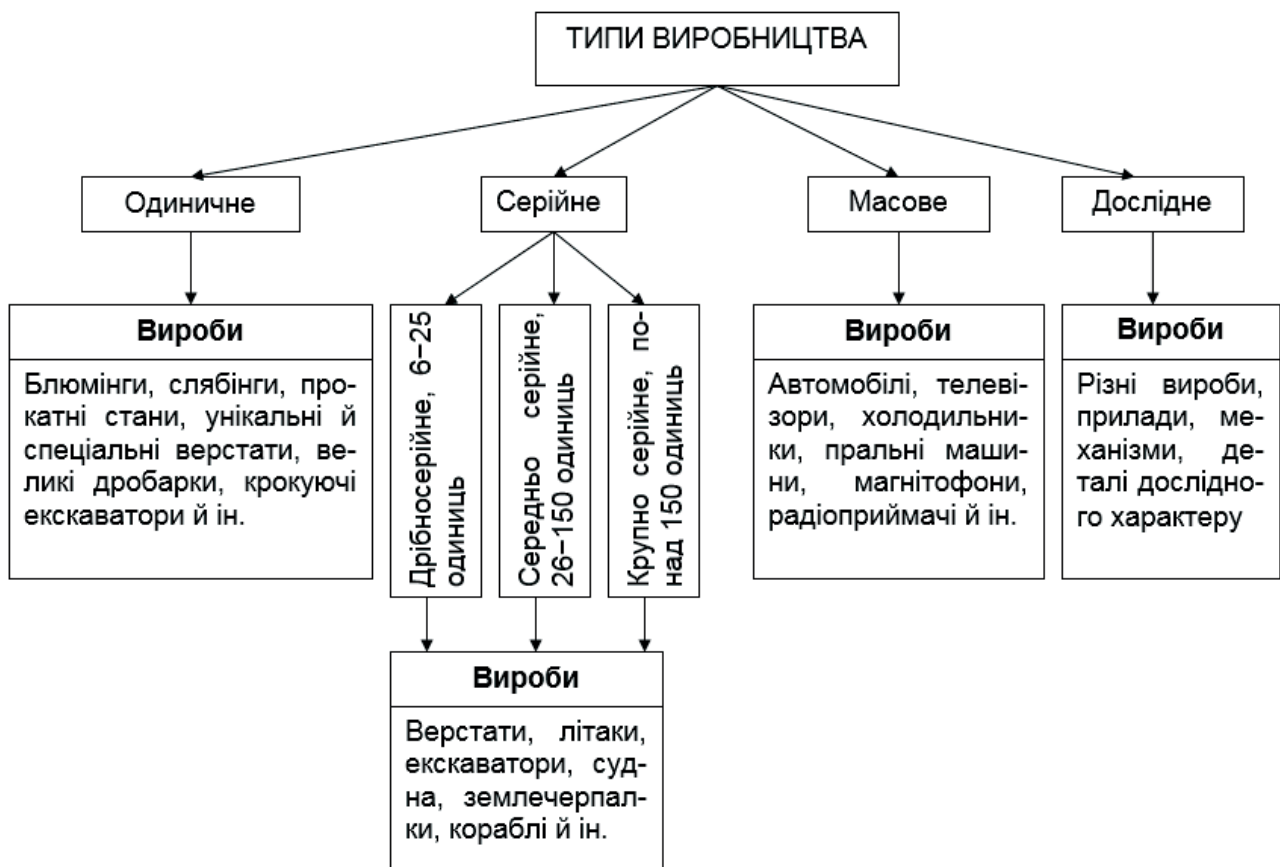


Рис. 1.10. Типи виробництва

Карта технологічного процесу – це технологічний документ, який містить описання процесу виготовлення, складання або ремонту виробу, включаючи контроль та переміщення за всіма операціями одного виду робіт, що виконуються в одному цеху в технологічній послідовності з зазначенням даних щодо засобів технологічного оснащення, матеріальних та трудових нормативів. У ній зазначено також місце роботи, вид і розміри матеріалу, основні поверхні оброблення деталі, її установи, робочий інструмент і пристосування, а також тривалість кожної операції. Технологічний процес розробляють за кресленням, для масового і багатосерійного виробництва його обґрунтовують дуже детально. При одиничному виробництві часто оформляють тільки маршрутний технологічний процес із перерахуванням операцій, необхідних для оброблення і складання виробу.

Час, потрібний для виготовлення виробу при одиничному і дрібносерійному виробництві, встановлюють на основі хронометражу або прийнятих норм, а при багатосерійному і масовому виробництві – на основі розрахунково-технічних норм. Аналіз технології для виділення конкретного технологічного процесу із низки однотипних процесів здійснюють із застосуванням параметрів його властивостей (температура, тиск то-

що). Для порівняння однотипних технологічних процесів застосовують загальні для цього ряду параметри (енергоємність, витрату матеріальних ресурсів на одиницю продукції, продуктивність).

Для виявлення закономірностей розвитку технологічного процесу застосовують параметри, які характеризуються найбільшою спільністю (витрати живої та минулої праці всередині технологічного процесу).

Узагальнюючим показником ефективності технологічного процесу є *собівартість* – це сукупність матеріальних і трудових витрат.

Удосконалення будь-якого технологічного процесу здійснюють за рахунок ефективності використання минулої праці й зниження затрат живої праці. Вивчення динаміки розвитку технологічного процесу здійснюють на базі елементарного технологічного процесу, під яким розуміють найменш складний процес, який при подальшому спрощенні позбавляється своїх характерних ознак. Удосконалення технологічного процесу досягають завдяки удосконаленню робочих і допоміжних ходів.

Еволюційний шлях розвитку технології реалізується вдосконалюванням допоміжних ходів (механізації й автоматизації допоміжних процесів, в результаті чого вони прискорюються, скорочуються проміжки між робочими ходами, що призводить до зростання продуктивності живої праці, яка витрачається в технологічному процесі).

Револьюційний шлях розвитку технологічного процесу реалізується при удосконалюванні (як правило, заміні) робочих ходів, що призводить до корінної зміни самого технологічного процесу. Зростання продуктивності сукупної праці відбувається при зниженні витрат минулої праці за рахунок зміни або заміни робочого ходу.

1.2. Основні показники технологічної системи, сутність поняття "техніко-економічного обґрунтування" та його практичне значення

До основних показників технологічної системи відносять: *точність, стійкість, стабільність, продуктивність, ефективність та надійність*, які забезпечують якість продукції, що виготовляють, і функціонування технологічної системи загалом [114].

Точність – це ступінь відповідності вихідного параметра технологічної системи вимогам технічних умов, тобто здатність системи зберігати точність вихідного параметра в часі.

Стабільність – це властивість технологічної системи зберігати сталість у часі значень параметрів, що обумовлює надійність забезпечення необхідної точності вихідного параметра.

Стійкість – це показник, що дозволяє оцінити ступінь збереження початкової точності технологічної системи та виявити резерви підвищення ступеня автоматизації; визначити вихідні дані для обґрунтованого налагодження технологічної системи за заданою ознакою якості; визначити момент попереджувального налагодження технологічної системи.

Продуктивність праці – це показник, що відображає масштаб, характер та умови виробництва, тобто кількість продукції, що виготовляють технологічною системою в конкретний період часу (годину, зміну, місяць, рік), і визначається витратами робочого часу на одиницю продукції. У процесі створення технологічної системи необхідно розраховувати на більш високу продуктивність на основі врахування наявних науково-технічних досягнень у сфері їхнього створення. У практиці аналізу технологічних систем із погляду продуктивності використовують оперативний $t_{оп.}$ і штучний $t_{шт.}$ час виготовлення виробів: $Q_{ц} = 1/t_{оп.}$ – циклова продуктивність; $Q_{н} = 1/t_{шт.}$ – номінальна продуктивність.

Надійність – це властивість об'єкта (технологічної системи) зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування й ремонту. Надійність – це складна властивість, яка залежно від призначення й умов функціонування технологічної системи складається із поєднань таких властивостей, як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість.

Якість функціонування технологічної системи оцінюють показниками *ефективності*, які кількісно визначають ступінь пристосованості технологічної системи до виконання поставлених завдань.

Ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат [27]. Основні характеристики *ефективності*: економічна ефективність (вартісна), пропускна здатність, термін окупності витрат на створення технологічної системи, надійність.

Економічна ефективність – це результативність економічної системи, яка виражена у співвідношенні корисних кінцевих результатів її функціонування до витрачених ресурсів [27].

Пропускна здатність – це показник кількості одиниць інформації, яку система може обробляти за певний проміжок часу [94].

Термін окупності проекту визначає кількість років, за які загальний приведений прибуток дорівнюватиме обсягу інвестицій. Термін окупності має бути менший за загальний термін життя проекту [57].

Економічна ефективність технологічного процесу – це сукупність технічних, техніко-економічних і техніко-експлуатаційних показників.

До *технічних* показників відносять: коефіцієнт уніфікації, точність обробки, шорсткість поверхні, коефіцієнт використання матеріалу та ін.

До *техніко-економічних* показників відносять: собівартість, продуктивність праці, якість, трудомісткість та ін.

Собівартість – це сукупність матеріальних і трудових витрат підприємства у вартісному вимірі, необхідних для виробництва та реалізації продукції.

Техніко-експлуатаційні параметри машин, апаратів і агрегатів – це габарити (висота, довжина, ширина в м); займана площа (m^2), маса (кг); частота обертання (об./с); ступінь автоматизації; наявність захисних пристроїв; споживана або вихідна потужність; енергоємність; тривалість безвідмовної роботи (гарантійний термін), перелік виконання основних і допоміжних операцій; умови, необхідні для нормальної роботи (температура, вологість повітря, шум, вібрації тощо); зручність управління та ін.

Важливим завданням є порівняльний аналіз всіх перерахованих показників із метою виявлення найбільш оптимального їх поєднання та визначення оптимальних режимів здійснення технологічного процесу і вибору прогресивного технологічного обладнання.

Для розрахунку ефективності та її окремих складових користуються *диференційованими показниками*: трудо-, матеріало-, фондо-, капіталомісткістю виробничого продукту або отриманого ефекту.

Трудомісткість – це величина витрат живої праці на одиницю національного прибутку, чистої товарної продукції чи продукції в натуральному вираженні. Наприклад, час, витрачений робітником на виготовлення деталі, складання вузла (хв/шт.).

Матеріаломісткість – це кількість матеріалу, витраченого на одиницю продукції. Матеріаломісткість відображає ефективність використання витрачених предметів праці (основних та допоміжних матеріалів, сировини, палива, енергії).

Енергомісткість продукції розраховують відношенням супутніх річних витрат паливно-енергетичних ресурсів (перераховуються на тони умовного палива) до обсягу виробництва, національного прибутку країни чи валової продукції галузі підприємства.

Фондомісткість характеризує ефективність використання виробничих фондів (основних та оборотних), розраховують відношенням їх величин за звітний період до обсягу виробництва. Зворотна величина називається *фондовіддачею*, яка визначається відношенням частини вартості (прибутку) до гривні або долара. Ці показники відображають організаційний та економічний стан підприємства чи галузі.

Капіталомісткість продукції – це відношення обсягу капіталу, який вкладено у виробництво, до приросту обсягу продукції, викликаного цим вкладенням. Зворотне значення – *капіталовіддача*.

Використання диференційованих показників дозволяє оцінити стан за даним видом ресурсу та обґрунтувати шляхи вдосконалення техніки та технології. Наприклад, зниження матеріаломісткості національного прибутку України на 5 – 6 % еквівалентно економії 3 млн. тон сталі, зменшення енергомісткості на 8 % еквівалентно економії приблизно 40 млн. тон умовного палива. Отже, чим нижче трудомісткість і матеріаломісткість, вище продуктивність праці та більше випуск продукції на одиницю ресурсу, тим ефективніше виробництво, окрема машина чи конкретна технологія.

Для вибору оптимальних організаційно-технічних рішень за критерієм економічної ефективності застосовують поняття "*техніко-економічне обґрунтування*".

У роботі [103] наведено узагальнене визначення поняття "*техніко-економічне обґрунтування*".

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) (англ. *feasibility study*) – передпроектний документ, що уточнює та доповнює схему розвитку й розташування відповідної галузі промисловості у частині обґрунтування економічної доцільності та господарської потреби проектування підприємства, пункту його розміщення, проектної потужності, номенклатури продукції, забезпеченості сировиною, паливом, електроенергією, водою, а також визначення основних технологічних та будівельних рішень і найважливіших техніко-економічних показників виробництва та будівництва.

Розробку ТЕО здійснюють на основі перспективного плану розвитку галузі промисловості, який включає об'єкт, що проектується (копальня, збагачувальна фабрика тощо). У ТЕО повинні бути висвітлені наступні питання: вплив проектного об'єкта на підвищення продуктивності галузі; обґрунтування продуктивності та місця будівництва об'єкта; можливості виробничого і господарського кооперування з підприємствами даного промислового району; вплив проектного об'єкта на інші

галузі промисловості; орієнтовні дані щодо величини капітальних вкладень і собівартості продукції; порівняння очікуваних техніко-економічних показників із показниками вітчизняних і закордонних об'єктів-аналогів; обсяг додаткових дослідницьких робіт, необхідних для розроблення проекту об'єкта.

Таким чином, *техніко-економічне обґрунтування* (ТЕО) – це розрахунок економічної доцільності здійснення проекту, заснований на порівняльному оцінюванні витрат і результатів ефективності використання, а також строку окупності вкладень. *Техніко-економічне обґрунтування* – це виваженість кожного кроку в реалізації задуманого.

У роботі [104] зазначено, що *техніко-економічне обґрунтування* – це комплект розрахунково-аналітичних документів, що містять основні технічні й організаційні рішення, розрахунково-кошторисні, оціночні та інші показники, які дозволяють розглядати доцільність та ефективність інвестиційного проекту. *Техніко-економічне обґрунтування* є необхідним дослідженням, в ході якого проводять ряд робіт із вивчення та аналізу всіх складових інвестиційного проекту і розробку термінів повернення вкладених у бізнес засобів.

Метою *техніко-економічного обґрунтування* є аргументація доцільності вибору нового устаткування, технології виробництва або процесу. ТЕО може виконуватися із самих різних науково-технічних заходах, які можуть здійснюватися як на конкретному підприємстві, так і в масштабах всього господарства країни. Розроблення ТЕО будь-якого проекту завжди виконується перед ухваленням рішення щодо проектування і серійного виробництва певного устаткування або в процесі ухвалення рішення щодо створення якого-небудь виробництва, орієнтованого на певний вид продукції.

У роботі [59] зазначено, що *техніко-економічне обґрунтування* – це вивчення економічної ефективності, аналіз і розрахунок економічних показників створюваного інвестиційного проекту. Метою цього проекту може бути створення технічного об'єкта або будівництво, або реконструкція існуючої будівлі.

Головним завданням під час складання ТЕО є оцінювання витрат інвестиційного проекту і результатів його впровадження, аналіз терміну окупності проекту.

Наведені визначення поняття "*техніко-економічне обґрунтування*" відносяться й до поняття "*техніко-економічне обґрунтування сучасних технологій виробництва*", що включає вибір раціональних (оптималь-

них) варіантів технологічних процесів, технологічного обладнання, оснащення та інших елементів виробничих процесів.

У процесі виконання техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва важливо серед численних альтернативних варіантів технологічних процесів здійснити вибір тих варіантів, які забезпечують суттєве підвищення продуктивності праці за умови гарантованої високої якості продукції, що виготовляється, та зниження трудомісткості й собівартості її виготовлення.

Для оцінювання оптимальності варіантів технологічних процесів, перш за все, слід застосовувати *економічні критерії*: оцінювання витрат, пов'язаних із реалізацією запроєктованого технологічного процесу; порівняльний економічний аналіз варіантів технологічних процесів; визначення найбільш ефективних напрямів використання різних варіантів технологічних процесів, технологічного обладнання та оснащення.

Удосконаленням технологічного процесу можуть бути наступні заходи: заміна матеріалу; збільшення коефіцієнта використання матеріалу (КВМ); заміна обладнання чи підвищення його коефіцієнта завантаження; зниження трудомісткості виготовлення виробу; механізація; автоматизація; застосування прогресивної технологічної оснастки; економія енергоносіїв.

Найбільш економічний варіант технологічного процесу обирають розрахунком економічної ефективності за загальними (абсолютними) або порівняльними показниками [77, 114].

Загальний (абсолютний) показник ($E_{\text{заг}}$) визначають співвідношенням різниці заводської ціни Ц та собівартості продукції С до капіталовкладення К , що сприяє цій економії, виходячи із річного випуску продукції:

$$E_{\text{заг}} = \frac{\text{Ц} - \text{С}}{\text{К}}. \quad (1.1)$$

Показник капіталовкладення К , що входить до залежності (1.1), включає вартість: технологічного обладнання; виробничої площі; оснащення; технічної підготовки виробництва; комплекту керуючих програм; капітало-вкладень в оборотні кошти.

За умови $E_{\text{заг}} > E_a$ – напрями вдосконалення технології ефективні, тобто вони себе виправдовують, де E_a – нормативний абсолютний показник (для машинобудування $E_a = 0,16$).

Порівняльний (розрахунковий) E_p показник передбачає зіставлення двох варіантів технічного рішення (наприклад, існуючого та пропонованого процесу) та визначається за залежністю:

$$E_p = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (1.2)$$

де індекси: 1 – базовий (існуючий) технологічний процес; 2 – пропонований (вдосконалений) технологічний процес.

Виходячи із залежності (1.2), за умови $E_p > E_n$, другий варіант ефективніше першого варіанту. Нормативний порівняльний показник $E_n = 0,12$ (для машинобудування).

Термін окупності додаткових капіталовкладень T_p – це величина зворотна порівняльному показнику E_p :

$$T_p = \frac{1}{E_p}. \quad (1.3)$$

Виходячи із залежності (1.3), умовою окупності капіталовкладень є: $T_p < T_n$, де $T_n = 8,3$ роки.

Якщо собівартості C_1 й C_2 розглядають відносно одиниці продукції, то капіталовкладення також необхідно розглядати питомими.

На практиці техніко-економічне обґрунтування раціонального варіанта технологічного процесу для спрощення розрахунків здійснюють, як правило, на основі застосування поняття "технологічна собівартість".

Технологічна собівартість процесу (операції, комплексу операцій) чи виробу (деталі, складальної одиниці) – це сума витрат виготовлювача (цеху, дільниці), безпосередньо пов'язаних із реалізацією технології. Методи розрахунку технологічної собівартості суттєво відрізняються від методів розрахунку собівартості виробів, що застосовуються у практиці економічних служб (за економічними елементами витрат або за калькуляційними статтями витрат) [98]. У цьому випадку враховують лише ті витрати, які є відмінними у порівняних варіантах, тобто собівартість є неповною. Тому таку неповну собівартість, яка враховує лише конкретні відмінності у порівняних варіантах, й називають *технологічною собівартістю*. Розрахунок повної технологічної (цехової) собівартості виконують за залежністю:

$$C_{\text{цех}} = C_T = \sum C_i. \quad (1.4)$$

Витрати C_i включають:

- заробітну плату основних працівників із нарахуваннями;
- заробітну плату наладчиків із нарахуваннями;
- витрати на амортизацію обладнання;
- витрати на пристосування;
- витрати, пов'язані із амортизацією різального інструменту (зачування, ремонт);
 - витрати, пов'язані із амортизацією вимірювального інструменту;
 - витрати на силову електроенергію;
 - витрати на допоміжні матеріали (технологічне середовище, обтиральні матеріали, мастило та ін.);
 - витрати на амортизацію виробничих площ (ремонт, освітлення, прибирання);
 - загальноцехові витрати (на заробітну плату інженерно-технічних працівників, службовців, допоміжних робітників, витрати на цеховий інвентар, техніку безпеки, охорону праці);
 - витрати на матеріали без урахування вартості реалізованих відходів.

Елементи технологічної собівартості C , які входять до залежності (1.4), розраховують за відповідними залежностями та нормативам.

Конкурентоспроможність технічної продукції повинна характеризуватися високими технічними характеристиками, які неможливо створити при невисоких витратах. Однак ці витрати повинні бути раціональними. Прагнення до їх зменшення не повинно супроводжуватися зниженням проектного рівня технічних параметрів.

Отже, рівень розвитку технологічних систем впливає на формування техніко-економічних показників та, в кінцевому підсумку, на прибутковість виробничого підприємства. Тому, вибір оптимальних варіантів технологічних процесів повинен здійснюватися, виходячи із науково обґрунтованого підходу до питань організації виробництва, тобто до оцінювання основних показників ефективності: продуктивності (засобів механізації праці, машин, устаткування), собівартості та якості продукції, що виготовляється.

Зараз основною умовою підвищення ефективності операційної діяльності виробничого підприємства України слід розглядати його мо-

дернізацію, що включає технічне переозброєння виробництва сучасним обладнанням, інноваційними технологіями, інструментами та оснащенням. Практика показує, що здійснення модернізації виробничого підприємства дозволяє суттєво знизити трудомісткість та собівартість виготовленої продукції, підвищити її якість та продуктивність праці. Це приводить до створення конкурентоспроможної продукції, її успішного просування на міжнародних ринках, отримання прибутку та виходу українського виробничого підприємства із тривалої економічної кризи. Особливо це відноситься до таких наукомістких галузей промисловості як літакобудування, енергетичне і транспортне машинобудування, а також до інших галузей, де використовують останні досягнення науки і техніки.

У роботі [18] запропоновано методичні рекомендації щодо процесу реструктуризації машинобудівного підприємства із метою поліпшення його діяльності та виведення з кризового стану, також показано вплив напрямів діяльності підприємства на його розвиток (рис. 1.11).

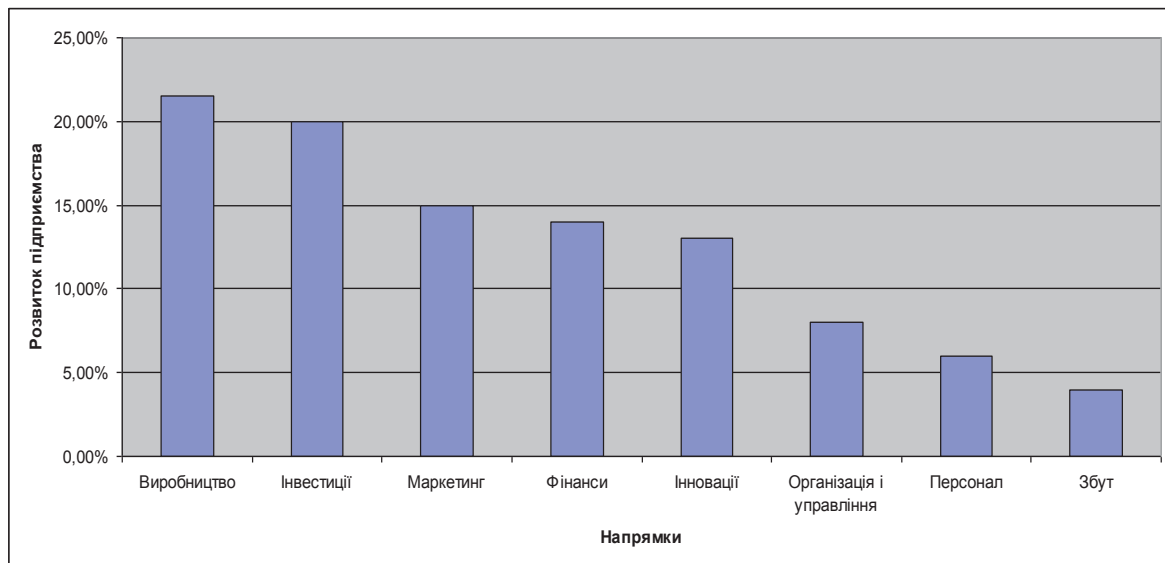


Рис. 1.11. Вплив напрямів діяльності підприємства на його розвиток [18]

Як видно, найбільш значимим є виробнича діяльність підприємства. Виконані розрахунки [18] показали вплив виробничих чинників на загальний результат у розвитку підприємства (рис. 1.12).

Із рис. 1.11 та рис. 1.12 випливає, що найбільший ефект у розвитку підприємства досягається завдяки реструктуризації виробничої сфери діяльності. Приблизно 21 % успіху в розвитку підприємства забезпечує ефективне вдосконалення виробничої діяльності.

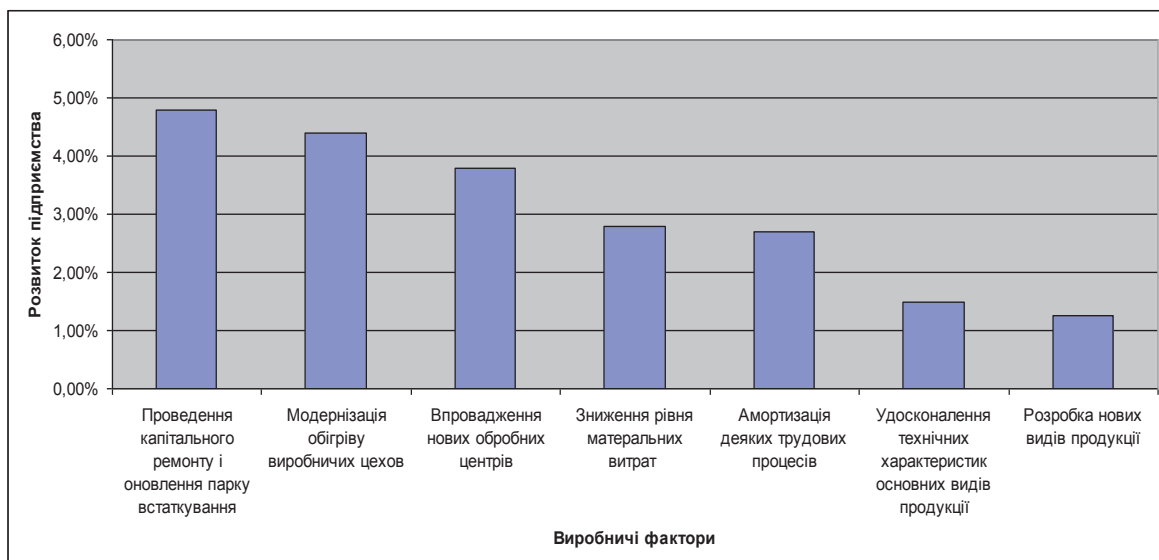


Рис. 1.12. Інтегральний показник впливу виробничих чинників на розвиток підприємства [18]

Найбільш ефективними заходами є проведення капітальних ремонтів та оновлення верстатного парку цеху (4,48 %), модернізація обігріву виробничого цеху (4,41 %), впровадження нових обробних центрів (3,78 %).

Характерною особливістю машинобудівної продукції, що виготовляється, є її високий технічний рівень і складність виготовлення. Це пов'язано з високими вимогами до точності та якості її виготовлення, особливо складнопрофільних деталей, що входять, наприклад, до складу виробів гідроапаратури, оскільки вони повинні забезпечувати задану гідросільність і витримувати високі тиски в системах, здійснювати впорскування порції рідини за час, що обчислюється в сотих і тисячних частках секунди.

Значною мірою це стосується, наприклад, високоточних деталей пар тертя, які працюють в умовах інтенсивного тертя та зносу. У зв'язку із цим потрібно забезпечити високу точність розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталей (1 ... 10 мкм), шорсткість поверхні на рівні $R_a = 0,04 \dots 0,2$ мкм. При цьому на оброблених поверхнях не повинно бути припикань, мікротріщин, відколів та інших температурних дефектів. Необхідно не допускати глибоких структурних перетворень у поверхневих шарах оброблюваної деталі, які можуть бути викликані температурним чинником, оскільки це може привести до прихованих дефектів оброблення і передчасного виходу із ладу деталі. Необхідно також при обробленні домогтися суттєвого зменшення теплової напруженості процесу, щоб не допустити появу небажаних температурних деформацій

тонкостінних оброблюваних деталей, які широко застосовують у агрегатах гідроапаратури. Надзвичайно важливо забезпечити максимально можливу продуктивність та знизити собівартість оброблення до економічно прийняттого рівня.

Однак, як показує виробничий досвід, виконати зазначені вимоги достатньо складно, оскільки деталі виготовляють із матеріалів із високими фізико-механічними властивостями (високоміцні сталі та сплави, високотверді крихкі магнітні сплави, пластичні кольорові метали та ін.) і їх оброблення пов'язано із утворенням різноманітних похибок оброблення, температурних дефектів і окремих рисок-подряпин на оброблюваних поверхнях. Для їх усунення технологічними процесами передбачено виконання великої кількості додаткових трудомістких операцій доведення, полірування та ручного оброблення. Це значно підвищує собівартість й, відповідно, знижує ефективність виготовлення деталей. Тому вдосконалення технологій їх оброблення на основі критеріїв максимальної продуктивності та найменшої собівартості оброблення є актуальним завданням, спрямованим на створення конкурентоспроможної машинобудівної продукції.

Для підвищення ефективності механічного оброблення відповідальних деталей гідравлічних систем, виготовлених із матеріалів із підвищеними фізико-механічними властивостями, як зазначено раніше, у останні роки широко застосовують сучасні високооборотні металообробні верстати із ЧПУ типу "обробний центр" і різальні лезові твердосплавні та керамічні інструменти, що характеризуються підвищеною зносостійкістю [71]. Однак здійснення оброблення на цих верстатах на режимах різання, що рекомендують виробники та які традиційно використовують у економічно розвинених країнах, в умовах виробництва України приводить до суттєвого збільшення собівартості та зниження продуктивності оброблення. Це вимагає розробки нових підходів до вибору оптимальних параметрів процесу різання в умовах високошвидкісного оброблення із урахуванням особливостей технологічних і економічних умов машинобудівного виробництва України. Тому для забезпечення максимального використання потенційних можливостей нових металообробних верстатів та інструментів необхідно у кожному конкретному випадку виконати техніко-економічне обґрунтування вибору ефективних технологічних процесів механічного оброблення складнопрофільних високоточних деталей, виготовлених із спеціальних високоміцних сталей, сплавів і пластичних металів, у тому числі з застосуванням прогресивних кон-

струкцій абразивних і лезових інструментів із синтетичних надтвердих матеріалів. На цій основі необхідно виявити нові технологічні можливості високошвидкісного оброблення на високооборотних верстатах із ЧПУ, визначити оптимальні технологічні маршрути оброблення із мінімально можливою кількістю фінішних операцій. Важливо розробити системи технологічної підготовки виробництва, що базуються на нових фізико-математичних підходах до оптимізації, проектування та управління технологічними процесами фінішного механічного оброблення складнопрофільних високоточних деталей і науково обґрунтованому виборі оптимальних структур і параметрів технологічних систем.

У основу створення прогресивних технологічних процесів металооброблення необхідно покласти нові підходи до їх техніко-економічного обґрунтування, у яких розрахунок основних статей витрат здійснюють із використанням аналітичних залежностей, які пов'язують між собою собівартість і технологічні параметри оброблення [19 – 21]. Оптимізація умов оброблення за критерієм найменшої собівартості дозволить визначити оптимальні режими різання, характеристики інструменту, оптимальну економічну стійкість інструменту, а також такий найважливіший економічний параметр як вартість інструменту. Це відкриє нові технологічні можливості вибору і придбання на світовому ринку у провідних фірм-виробників цілком конкретних за вартістю економічних інструментів.

Це також дозволить обґрунтувати умови зменшення собівартості та збільшення продуктивності оброблення за умови забезпечення високої якості оброблюваних поверхонь.

Впровадження розроблених на цій основі нових технологій металооброблення на виробничих підприємствах дозволить скоротити трудомісткість виготовлення складнопрофільних високоточних деталей і завдяки стабільному забезпеченні параметрів точності та якості оброблюваних поверхонь підвищити ресурс роботи виготовлених машин, вузлів і агрегатів.

У зв'язку з цим важливо провести техніко-економічне обґрунтування та вибір найефективніших напрямів досягнення поставленої мети щодо модернізації виробництва. Всебічно обґрунтувати потенційні можливості сучасного обладнання та технологій виробництва, їх практичну значимість та доцільність застосування. Для цього потрібно вивчити виробничий і технологічний процеси виготовлення конкретної продукції, які здійснюють на підприємстві. Слід скористатися технологічними регламентами виробництва різних деталей машин, будівельних матеріалів, хімічних

процесів, маршрутними і операційними картами технологічних процесів. Також необхідно провести аналіз документів, пов'язаних із сировиною, матеріалами, напівфабрикатами, методами контролю якості цих матеріалів і готової продукції.

У технічних відділах виробничого підприємства необхідно отримати інформацію щодо працездатності кращих зразків технологічного устаткування. Необхідно провести детальний огляд науково-технічної літератури із відповідного технологічного процесу виробництва продукції. При цьому слід орієнтуватися не тільки на передовий досвід даного виробничого підприємства, а й узагальнити досвід інших підприємств, розглядаючи сучасні технології та устаткування із урахуванням новітніх досягнень науки та техніки.

У подальшому, на основі аналізу отриманих матеріалів із урахуванням зауважень інженерно-технічних працівників та економістів підприємства необхідно виявити недоліки у виробничому процесі та запропонувати технологічні заходи з їх усунення. Для цього слід розглянути оригінальні технологічні рішення, особливу увагу звернути на впровадження у виробництво нових наукових досягнень.

До технологічних заходів слід віднести: удосконалення технологічних процесів, модернізацію устаткування, використання нових матеріалів, каталізаторів, способів їхнього одержання, застосування нетрадиційних методів інтенсифікації технологічних процесів (ультразвука, магнітного поля та ін.), удосконалення методів оброблення заготовок у деталі, технологічного оснащення (пристроїв, інструментів та ін., контрольовимірювальних приладів, а також поліпшення умов охорони праці та техніки безпеки).

Далі слід визначити, як забезпечує кожний запропонований технологічний захід одержання економічного результату. Для цього необхідно виконати їх техніко-економічне обґрунтування із супроводженням необхідними розрахунками за вихідними даними діючих технологічних процесів на підприємстві, а також за відповідними даними, наведеними у підручниках, монографіях, довідниках. Це дозволить розробити маршрутні та операційні карти, визначити штучний та штучно-калькуляційний час виконання технологічних операцій [54].

На основі виконаного техніко-економічне обґрунтування слід провести порівняння запропонованих декількох варіантів технологічних заходів за економічною ефективністю та вибрати найкращий варіант, що забез-

печує найменшу собівартість, найменший строк окупності або інші найкращі техніко-економічні показники.

Необхідно зазначити, що на першому етапі достатньо використати спрощені підходи до виконання техніко-економічного обґрунтування та вибору найбільш ефективних технологічних процесів та технологічних операцій виготовлення продукції на різних виробничих підприємствах, які дозволяють підвищити продуктивність та знизити трудомісткість й собівартість її виготовлення за умов забезпечення високої якості.

Для більш глибокого аналізу напрямів підвищення ефективності застосування технологічних процесів та технологічних операцій виготовлення промислової продукції важливо провести аналітичні дослідження їх техніко-економічних показників, особливо собівартості, яка, в першу чергу, визначає конкурентоспроможність продукції. Це дозволить отримати узагальнені теоретичні рішення, виявити умови зменшення собівартості та встановити раціональні параметри технологічних процесів. Тому в роботі розглянуто нові аналітичні підходи до виконання техніко-економічного обґрунтування та вибору найбільш ефективних технологічних процесів і технологічних операцій виготовлення продукції. На їх основі розроблено високопродуктивні технологічні процеси механічного оброблення деталей машин, які знайшли застосування в операційній діяльності виробничих підприємств.

Запитання для самостійного контролю

1. У чому сутність операційної діяльності виробничого підприємства?
2. Сформулюйте визначення поняття "техніко-економічне обґрунтування" та вкажіть на його практичне значення.
3. Чим відрізняється виробниче підприємство від промислового підприємства?
4. Чим відрізняється виробничий (операційний) процес від технологічного процесу?
5. На які процеси поділяють виробничі процеси?
6. Обґрунтуйте структуру видів економічної діяльності промисловості України.
7. Сформулюйте визначення поняття " конкурентоспроможність продукції ".

8. Надайте визначення поняття "технологія" та наведіть приклади технологій.

9. Вкажіть на основні відмінності між поняттями "технологічна система" та "технологія".

10. Назвіть основні напрями розвитку сучасних технологій.

11. Назвіть шість рівнів побудови технологічної системи.

12. Сформулюйте визначення поняття "технологічна операція".

13. Які галузі промисловості можна віднести до високих технологій?

14. У чому полягає сутність високих технологій?

15. У чому полягає сутність інноваційного розвитку технологій?

16. За яким параметром оцінюють маловідхідність та безвідхідність технологій?

17. У чому полягає сутність ресурсозберігаючих технологій?

18. Наведіть приклади ресурсозберігаючих технологій та охарактеризуйте ефективність їх практичного застосування.

19. У чому полягає сутність поняття "наукомісткість"?

20. Які типи виробництва Ви знаєте? Сформулюйте визначення поняття "дослідне виробництво".

21. У чому полягає відмінність еволюційного шляху розвитку технологій від революційного шляху розвитку технологій?

22. Назвіть основні показники технологічної системи.

23. Назвіть основні характеристики ефективності.

24. Охарактеризуйте поняття "економічна ефективність".

25. Надайте визначення поняття "окупність витрат на створення технологічної системи".

26. Надайте визначення поняття "собівартість продукції".

27. Чим відрізняються поняття "собівартість продукції" та "технологічна собівартість процесу"?

28. Наведіть визначення "техніко-економічне обґрунтування операційної діяльності виробничого підприємства".

29. Які питання вирішують під час виконання техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва?

Література: [3, 16 –21, 22, 23, 26, 27, 29, 31, 33 – 35, 42, 44, 48, 54, 57, 59, 62, 71, 76, 77, 79, 80, 83, 86, 87, 92, 94, 98, 100, 102 – 105, 110, 114, 115, 116, 121]

Розділ 2. Приклади виконання техніко-економічного обґрунтування доцільності застосування прогресивних технологічних процесів та технологічних операцій на виробничих підприємствах

2.1. Техніко-економічне обґрунтування та розроблення рекомендацій із удосконалення технологічної операції точіння деталі "шків"

Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення пресового обладнання для виробництва керамічної та силікатної цегли в ПрАТ "ХМЗ "Плінфа" (м. Харків) показав, що одним із основних чинників, які знижують його конкурентоспроможність на світовому ринку, є відносно низький рівень металообробного виробництва, застосування застарілого обладнання, інструментів і технологій механічного оброблення деталей. У результаті процес виготовлення деталей здійснюється із відносно низькою продуктивністю і високою трудомісткістю, значними витратами на заробітну плату робітників, різальні інструменти та електроенергію. Одним із прикладів цього може бути виготовлення на заводі деталі "Шків" для пресового обладнання.

На рис. 2.1 показано 3D-модель роботи клинопасової передачі за допомогою двох шківів.

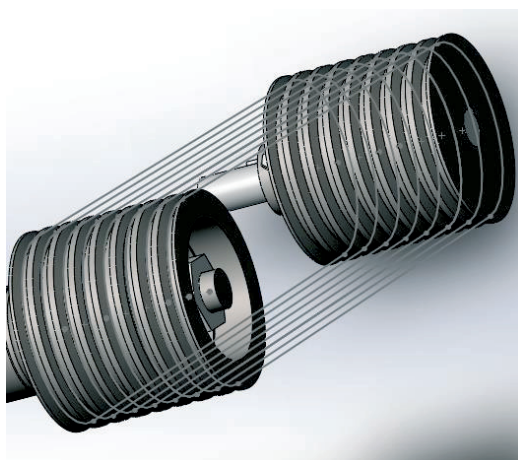


Рис. 2.1. Модель роботи клинопасової передачі за допомогою двох шківів

Шків – це фрикційне колесо з ободом, зубами або канавками на циліндричній зовнішній поверхні, передає крутний момент від двигуна до вузла агрегату, що обертається, за допомогою ременя.

За типом ременя шківни бувають: клинові, зубчасті, поліклинові, варіаторні, шківни під плоскі та круглі ремені тощо.

У пресовому обладнанні для виробництва керамічної і силікатної цегли широко використовують клинові шківни, які передають крутний момент через клинові ремені.

Клинові шківни є найпоширенішим видом, які застосовують в агрегатах із високим рівнем потужності, що передається, і великим числом обертів. Основні сфери застосування: вентиляційне, компресорне, нафтогазове, гірничодобувне, сільськогосподарське, деревообробне та інші види обладнання. У будь-якому механізмі, де використовують ремінну передачу, застосовують два і більше шківнів. Застосування трьох і більше шківнів одночасно обумовлено необхідністю зниження навантаження на шківни, а так само більш плавним коригуванням швидкості руху, що передається. Передача руху може бути трьох видів швидкостей: постійна, з прискоренням, з уповільненням.

Для передачі руху на постійній швидкості застосовують два шківни однакоких розмірів. Цей вид передачі руху виконує функцію взаємодії механізмів один із одним на невеликій відстані. Для передачі прискореної або уповільненої швидкості застосовують шківни різних діаметрів. За рахунок того, що менший шківни здійснює більше обертів порівняно із великим шківном, то передається більша або менша швидкість.

Необхідність сповільнювати або розганяти механізми полягає в тому, що електродвигуни, які створюють рух, виготовляють зі стандартними швидкостями обертання ротора, але для кожного механізму необхідна конкретна швидкість, яка часто відрізняється від швидкості електродвигуна. Це пов'язано з тим, що в результаті розтягування ременя відбувається проковзування і ремінна передача втрачає початкову швидкість, яку можна компенсувати шляхом прискореної швидкості шківни.

При проектуванні шківни під клиноремінну передачу конструктор створює невеликий заділ за глибиною паза для клинового ременя. Це необхідно у зв'язку з тим, що під час роботи пасової передачі ремінь зношується на бічних поверхнях і тертя стає не таким інтенсивним, що приводить до проковзування і некоректної передачі руху. За рахунок V-подібного паза ремінь має можливість просідати вниз, тим самим зберігаючи тертя між ременем і шківном.

Заслуговує на увагу технологічний процес виготовлення деталі "шків" на ПрАТ "ХМЗ "Плінфа".

Для виготовлення деталі "шків" використовують універсальний токарний верстат моделі 1К62 (рис. 2.2 [109]). Деталь оброблюють за два установи (деталь перевертають для оброблення того боку, яким була закріплена у шпинделі верстата). Матеріал деталі – СЧ20 (сірий чавун 20), заготовка Ø 150 мм, що виготовлена штампуванням.

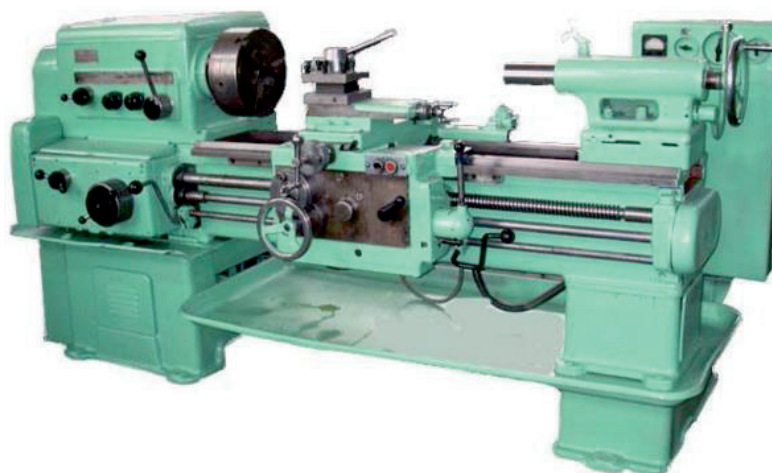


Рис. 2.2. Універсальний токарно-гвинторізний верстат 1К62

Технологічний процес виготовлення деталі "шків" складається із 5 механічних операцій (табл. 2.1) і двох допоміжних операцій (балансування, транспортування).

Таблиця 2.1

Перелік механічних операцій виготовлення деталі "Шків"

№	Найменування операції	Кількість переходів	Штучний час, хв.
1	Токарна	15	26,0
2	Контроль	1	2,0
3	Протяжна	2	1,0
4	Слюсарна	1	1,0
5	Контроль	1	1,0
Всього		20	31,0

Час виготовлення однієї деталі становить 31,0 хв. Найбільшу питому вагу в виготовленні деталі займає токарна операція, яка характеризується найбільшим штучним часом виготовлення та найбільшою кількістю переходів.

У табл. 2.2 наведено всі переходи токарної операції, їх машинний та допоміжний час. Як видно, основними переходами токарної операції є точіння та розточування отворів. Тому в даній роботі наведено детальний аналіз операції точіння, виявлено її основні недоліки та сформульовано умови її вдосконалення.

Таблиця 2.2

Перелік переходів токарної операції

№	Назва	Застосовуваний інструмент	Машинний час, хв.	Допоміжний час, хв.
1	Встановити, закріпити, зняти	Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80	–	1,1
2	Підрізати торець	Різець 25x16, 140, СТП 22-129-003-80; BK8	0,63	0,3
3	Точити $\varnothing 140_{-1}$	Різець 25x16, 140, СТП 22-129-003-80; BK8	1,4	0,45
4	Свердлити отвір $\varnothing 25 \pm 1$	Свердло ГОСТ 10903-77	1,76	0,7
5	Розточити $\varnothing 90$	Різець 20x12, 170, СТП 22-129-008-80; BK8	0,48	0,45
6	Розточити фаску $1,6 \times 45^{\circ}$	Різець 20x12, 170, СТП 22-129-008-80; BK8	0,3	0,3
7	Розточити фаску $3,5 \times 45^{\circ}$	Різець 20x12, 170, СТП 22-129-008-80; BK8	0,4	0,3
8	Перевстановити заготовку $\varnothing 90$	–	–	1,1
9	Підрізати торець в розмір $98_{-0,35}$	Різець 25x16, 140, СТП 22-129-003-80; BK8	0,63	0,3
10	Підрізати торець в розмір $65 \pm 0,37$	Різець 25x16, 140, СТП 22-129-003-80; BK8	0,63	0,3
11	Точити $\varnothing 136,6h11$	Різець 25x16, 140, СТП 22-129-003-80; BK8	0,2	0,45
12	Точити 3 фаски $1,6 \times 45^{\circ}$	Різець 25x16, 140, СТП 22-129-003-80; BK8	0,9	0,9
13	Точити 4 канавки	Різець 25x16, 175, СТП 22-129-026-80; BK8	2,0	1,6
14	Розточити отвір $\varnothing 28H9$	Різець 20x12, 170, СТП 22-129-008-80 BK8	1,35	1,3
15	Розточити фаску $1,6 \times 45^{\circ}$	Різець 20x12, 170, СТП 22-129-008-80 BK8	0,3	0,3

Необхідно зазначити, що точіння є одним із основних видів оброблення металів різанням, його застосовують для оброблення деталей типу тіл обертання. Оскільки більшість деталей є тілами обертання, то оброблення на токарному верстаті є переважаючим у обробленні металів різанням.

Традиційно точіння виконують на простих і гвинторізних токарних верстатах із використанням різального інструменту – різця. Знімання матеріалу із оброблюваної деталі при точінні здійснюється у результаті відділення стружки. При цьому оброблювана деталь обертається зі швидкістю різання, а різець здійснює поздовжні рухи (уздовж оброблюваної деталі) зі швидкістю поздовжньої подачі – в умовах поздовжнього точіння або рухи в радіальному напрямку – під час підрізування торця деталі в розмір [101].

Розрізняють чорнове і тонке чистове точіння. Вони відрізняються параметрами режиму різання. При чорновому точінні швидкість різання і подача вище, відповідно більше сила різання і продуктивність оброблення. Однак параметри якості й точності оброблюваних поверхонь, навпаки, нижче. Тому чорнове точіння застосовують для знімання основної частини припуску, а тонке чистове – для забезпечення необхідних параметрів якості й точності оброблюваних поверхонь.

При точінні різець закріплюють в різцеутримувачі. Перед установкою у різцеутримувач різець заточують із метою забезпечення необхідних кутів загострення різця для кожного оброблюваного матеріалу.

Точінням можна отримати зовнішні, внутрішні циліндричні, конічні й фасонні поверхні обертання, торцеві площини. Основними видами точіння є обточування зовнішніх поверхонь, розточування внутрішніх поверхонь, підрізання плоских торцевих поверхонь, розрізання заготовки на частини або відділення готової деталі від заготовки, нарізування зовнішніх і внутрішніх різьблень різних типів.

Виходячи із табл. 2.2, при обробці деталі "шків" мають місце переходи точіння циліндричної поверхні та підрізування торця у розмір. Оброблення здійснюють напайними різцями із твердого сплаву ВК8 вітчизняного виробництва із застосуванням традиційних режимів різання, що встановлюють відповідно до нормативів режимів різання. Встановлено, що ці різці мають відносно низьку стійкість порівняно зі збірними різцями із твердосплавними пластинами (зі зносостійкими покриттями), особливо закордонного виробництва [70]. Це обмежує можливості збільшення швидкості різання і подачі, тобто збільшення продуктивності

оброблення. У результаті продуктивність оброблення до 10 разів може бути менше продуктивності, що досягається під час точіння збірними різцями із твердосплавними пластинами (зі зносостійкими покриттями) закордонного виробництва. У зв'язку із цим, основними пропозиціями щодо вдосконалення діючої технології точіння поверхонь деталі "шків" слід розглядати заміну різальних інструментів – напайних різців із твердого сплаву ВК8 вітчизняного виробництва – на різці зі змінними металорізальними твердосплавними пластинами зі зносостійкими покриттями виробництва компанії *TaeguTec* (Південна Корея). Даний інструмент вибирають у зв'язку із тим, що більше 40 % українського ринку металооброблення активно його використовує.

Компанія *TaeguTec* (Південна Корея) є провідним світовим виробником всієї номенклатури різального інструменту, а також промислових товарів (твердосплавних валків для металургії, твердосплавних заготовок, штампів для виробництва полікристалічних алмазів, керамічних зносостійких деталей) і вольфрамовмісних порошків.

В Україні компанія *TaeguTec* представлена власною філією – ТОВ "ТаегуТек Україна", яка розташована в місті Дніпро та має в штаті більше 25 співробітників, що надають максимальну інжинірингову підтримку підприємствам України за всією машинобудівною продукцією, що виготовляється компанією *TaeguTec* та іншими членами *IMC* (International Metalworking Company) Group.

За весь період використання різальних інструментів компанії *TaeguTec* на підприємствах України багато замовників і партнерів високо оцінили технологічні рішення цієї компанії, спрямовані на економію витрат на інструменти та підвищення ефективності виробництва. Компанія "ТаегуТек Україна" пропонує своїм замовникам повну номенклатуру стандартного різального інструменту. Пропонуючи кращі рішення, ця компанія доводить до практичного втілення найскладніші завдання у галузі металооброблення. Завдяки наявності таких рішень, різальний інструмент компанії *TaeguTec* (рис. 2.3) асоціюють із високою якістю і мінімальною вартістю машинної операції.

Тому щодо забезпечення найбільш ефективних умов точіння деталі "шків" доцільно із каталогу інструментів компанії *TaeguTec* [72] прийняти державку різця TCLNL 2525 M12 і змінну металорізальну пластину CNMG 120412 RT TT7310 (рис. 2.4). Із каталогу інструментів компанії *TaeguTec* також прийнято рекомендовані режими різання: швидкість різання $V = 250$ м/хв; подача $S = 0,5$ мм/об.; глибина різання $t = 5$ мм.

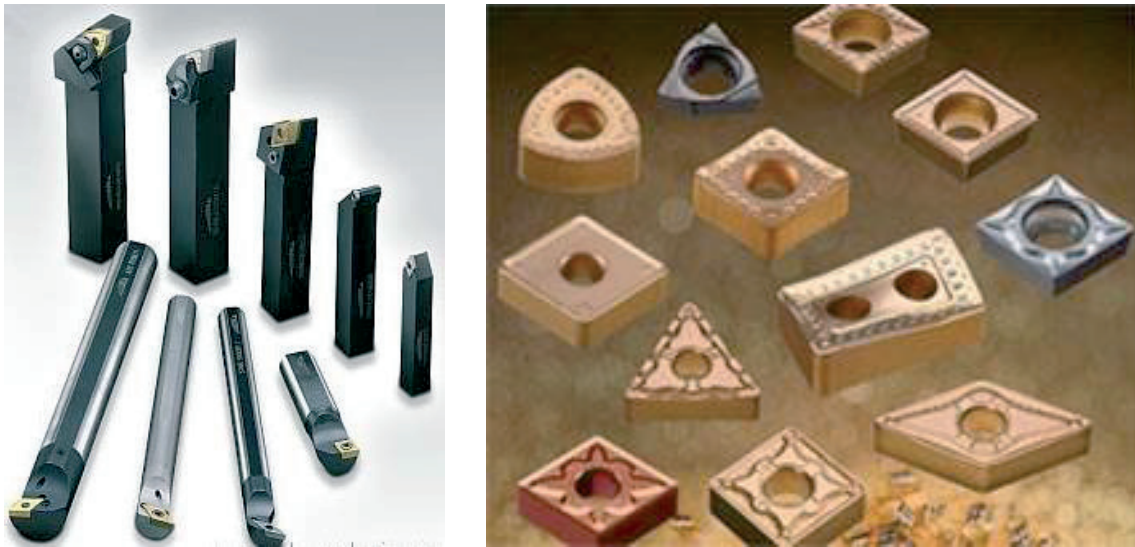
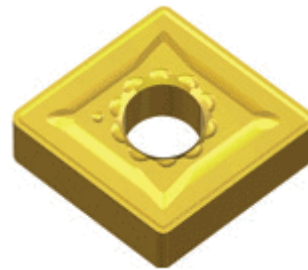


Рис. 2.3. Різальні інструменти компанії *TaeguTec* для точіння



а



б

Рис. 2.4. Пропонований різальний інструмент компанії *TaeguTec*:
а – державка; б – змінна пластина

Виходячи із того, що застосовуваний у даний час вітчизняний верстат моделі 1К62 має кроковий діапазон зміни частоти обертання шпинделя і подачі, то необхідно коригувати режими різання на підставі даних технічного паспорта верстата моделі 1К62.

Швидкість різання V (в м/хв.) визначають залежністю:

$$V = \frac{n \cdot D \cdot \pi}{1\,000}, \quad (2.1)$$

де n – частота обертання шпинделя верстата, об./хв;

D – діаметр оброблюваної деталі, мм.

Для розрахунку частоти обертання шпинделя n необхідно перетворити залежність (2.1):

$$n = \frac{V \cdot 1\,000}{D \cdot \pi}. \quad (2.2)$$

Для розрахунку машинного часу в умовах поздовжнього точіння слід застосувати відому залежність [70]:

$$T_{\text{маш}} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \quad (2.3)$$

де L – довжина оброблення, мм;

S – подача інструменту, мм / об;

i – кількість проходів.

У табл. 2.3 наведено розрахункові значення машинного часу на різних переходах точіння, виконані за залежностями (2.2) і (2.3), та значення допоміжного часу, виходячи із даних, наведених у табл. 2.2.

Таблиця 2.3

Розрахункові значення параметрів процесу точіння

№	Назва	D, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об.	n, об./хв	V, м/хв	T _{маш} , хв	T _{доп} , хв
1	Підрізання торця	150	33	5	1	0,5	590	277,9	0,12	0,3
2	Точіння	150	73	5	1	0,5	590	277,9	0,25	0,45
3	Підрізання торця	70	37	5	1	0,5	1 250	274,7	0,06	0,3
4	Підрізання торця	150	37	5	1	0,5	590	277,9	0,12	0,3
5	Точіння	70	16	5	1	0,5	1 250	274,7	0,03	0,45
6	Точіння фаски, 3 шт.	70	1,6	1,6	1	0,5	1 250	274,7	0,01	0,9
7	Точіння канавок, 4 шт.	140	15	13	4	0,5	590	259,4	0,81	1,6

Як випливає із табл. 2.3, машинний час оброблення різальним інструментом компанії *TaeguTec* на переходах точіння становить 1,4 хв, а допоміжний час – 4,3 хв. Тоді штучний час оброблення, який дорівнює загальній кількості машинного і допоміжного часу, становить 5,7 хв.

Під час використання базового інструменту (напайних різців із твердого сплаву ВК8 вітчизняного виробництва) машинний час оброблення становить 5,5 хв, а допоміжний час – 4,3 хв. Відповідно, штучний час оброблення дорівнює 9,8 хв.

Таким чином, завдяки заміні різального інструменту на переходах поздовжнього точіння, точіння торця й точіння канавок вдалося зменшити машинний час на 4,1 хв або на 75 %. Допоміжний час не змінився, але завдяки зменшенню машинного часу штучний час зменшився на 4,1 хв або на 42 %.

Отже, завдяки даній пропозиції щодо поліпшення металооброблення на операції точіння, вдалося зменшити штучний час виготовлення деталі на 42 %.

Із урахуванням зміни часу оброблення деталі на всіх операціях і переходах (табл. 2.1) встановлено, що штучний час зменшився від 31 хв до 27 хв або на 13 %.

Для досягнення кращого ефекту слід також провести заміну металооброблювального обладнання: замість універсального токарного верстата моделі 1К62 застосувати токарно-гвинторізний верстат із ЧПУ. Він відрізняється від універсального токарного верстата, головним чином, наявністю пульта управління, керуючого комп'ютера і захисної кабіни, яка повністю закриває доступ до робочої зони верстата при обробленні деталі та захищає робітника від стружки і розбризкування мастильно-охолоджувальної рідини.

Ефективність застосування токарно-гвинторізного верстата із ЧПУ порівняно зі звичайним універсальним токарно-гвинторізним верстатом із ручним управлінням полягає у високому рівні автоматизації технологічного процесу; у зменшенні ролі людського чинника у технологічному процесі оброблення деталі; у зниженні трудовитрат і тривалості здійснення операцій; у виробничій гнучкості (для оброблення різних деталей на токарному верстаті із ЧПУ необхідно задати лише потрібну програму); у забезпеченні високої точності оброблення; у більш тривалому часі напруження на відмову порівняно із універсальними токарними верстатами.

Слід зазначити, що токарно-гвинторізний верстат із ЧПУ є достатньо коштовним і вимагає значних витрат на обслуговування і установлення. Разом із тим, збільшення продуктивності оброблення на даному верстаті з надлишком може компенсувати всі витрати, якщо його вміло використовувати.

Прикладом такого поновлення верстатного парку ПрАТ "ХМЗ "Плінфа" для виробництва деталі "Шків" може бути сучасний високообертовий верстат із ЧПУ типу "оброблювальний центр" – "DOOSAN" (виробництва Південної Кореї), рис. 2.5 [70]. Верстат оснащений револьверною головою для зміни інструменту і системою управління (ЧПУ) Fanuc Oi-TD. Вартість цього верстату складає більше 500 000 євро. Його відмінною особливістю є можливість збільшення частоти обертання шпинделя до значення $n = 40\ 000$ об./хв. Це дозволить збільшити швидкість різання при обробленні сталей до значень $400 \dots 1\ 000$ м/хв, тоді як на діючому обладнанні частота обертання шпинделя змінюється у незначних межах $n = 1\ 000 \dots 2\ 000$ об./хв, а швидкість різання – у межах до 300 м/хв.



Рис. 2.5. Оброблювальний центр "DOOSAN"

Верстат "DOOSAN" дозволяє об'єднати різні операції механічного оброблення (точіння, розточування, фрезерування, свердління та ін.) і виконати їх на одному верстаті, а оброблення деталі здійснити із одного установа, що різко знижує трудомісткість і підвищує продуктивність оброблення.

Тому застосування верстата із ЧПУ "DOOSAN" дозволяє вирішити проблему економічності й продуктивності оброблення в основному шляхом його універсалізації, можливості оброблення різних типів деталей на одному верстаті. Це скорочує витрати на енергоресурси. Наприклад, обслуговувати верстат "DOOSAN" може один робітник, а для оброблення на звичайних агрегатних верстатах необхідно більше 5 робітників, що дозволяє економити фонд заробітної плати робітників. Крім того, змен-

шується кількість бракованих деталей. Верстат "DOOSAN" дозволяє здійснювати оброблення на токарному верстаті деталей різної конфігурації. При зміні конструкції деталі можна швидко переналагодити верстат.

Для оцінювання економічної ефективності запропонованого технічного рішення виконано техніко-економічне обґрунтування від його застосування, яке засновано на урахуванні лише однієї змінної статті витрат – заробітної плати робітника-верстатника у зв'язку зі зменшенням штучного часу оброблення. Прийнято, що статті витрат, які пов'язані зі застосуванням різального інструменту та електричної енергії, менше, ніж статті витрат на заробітну плату робітника-верстатника. Тому ними у першому наближенні знехтували. Виходячи із цього, у загальному вигляді залежність для визначення технологічної собівартості оброблення деталі "Шків" на операції точіння приймає вигляд [68]:

$$C = N \cdot T_{\text{шт}} \cdot S_{\text{тар}} \cdot K_{\text{есв}}, \quad (2.4)$$

де N – кількість оброблюваних деталей;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час оброблення, хв;

$S_{\text{тар}}$ – тарифна ставка робітника-верстатника, грн/хв;

$K_{\text{есв}}$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок.

Економію за статтею витрат на заробітну плату робітника-верстатника, що досягається шляхом зменшення штучного часу оброблення (або підвищення продуктивності праці) у зв'язку із застосуванням нового інструменту під час виконання річної програми випуску деталі "Шків" на операції точіння, можна визначити, виходячи із залежності (2.4):

$$E = N \cdot T_{\text{шт1}} \cdot S_{\text{тар}} \cdot K_{\text{есв}} - N \cdot T_{\text{шт2}} \cdot S_{\text{тар}} \cdot K_{\text{есв}}, \quad (2.5)$$

де $T_{\text{шт1}}$ – штучний час оброблення за базовим варіантом (із застосуванням звичайних твердосплавних різців вітчизняного виробництва), хв;

$T_{\text{шт2}}$ – штучний час оброблення за новим варіантом (із застосуванням різців зі змінними металорізальними твердосплавними пластинами зі зносостійкими покриттями виробництва південно-кореїської компанії *TaeguTec*), хв.

Вихідні дані для розрахунку економії за статтею витрат на заробітну плату робітника-верстатника на операції точіння наведено у табл. 2.4.

Вихідні дані для розрахунку економії за статтею витрат на заробітну плату робітника-верстатника на операції точіння

№ п.п	Найменування показника	Позначення	Одиниця виміру	Позначення за варіантами	
				базовий 1	новий 2
1	Кількість оброблюваних деталей	N	шт.	20 000	20 000
2	Тарифна ставка робітника-верстатника	S _{тар}	грн/год.	14	14
3	Коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок (40 %)	K _{есв}	–	1,4	1,4
4	Штучний час оброблення	T _{шт}	хв	9,8	5,7

У результаті розрахунку економії за залежністю (2.5) встановлено:

$$\begin{aligned}
 E &= N \cdot T_{\text{шт}1} \cdot S_{\text{тар}} \cdot K_{\text{есв}} - N \cdot T_{\text{шт}2} \cdot S_{\text{тар}} \cdot K_{\text{есв}} = \\
 &= 20\,000 \cdot \frac{9,8}{60} \cdot 14 \cdot 1,4 - 20\,000 \cdot \frac{5,7}{60} \cdot 14 \cdot 1,4 = 26\,786,65 \text{ грн.}
 \end{aligned}$$

Як видно, річна економія за статтею витрат на заробітну плату робітника-верстатника лише на операції точіння деталі "шків" становить чималу суму. Якщо урахувати, що на цьому верстаті одним робітником-верстатником із застосуванням нового інструменту буде здійснюватися оброблення не тільки деталі "шків", а й інших деталей, то річна економія може збільшитися у 10 і більше разів. Отже фактична річна економія буде залежати від ступеня зайнятості верстата.

Таким чином, розроблені технічні пропозиції щодо переходу від напайних різців із твердого сплаву ВК8 вітчизняного виробництва на різці зі змінними металорізальними твердосплавними пластинами зі зносостійкими покриттями виробництва компанії *TaeguTec* (Південна Корея) є економічно доцільними для підприємства. Вони дозволяють забезпечити значну економію за статтею витрат на заробітну плату робітника-верстатника. У табл. 2.5 наведено значення штучного часу оброблення T_{шт} для базового і нового варіантів оброблення, а також значення економії E за статтею витрат на заробітну плату робітника-верстатника на операції точіння деталі "шків".

Значення $T_{шт}$ і E

Варіанти оброблення	Базовий	Новий
Штучний час оброблення $T_{шт}$, хв.	9,8	5,7
Економія витрат на заробітну плату робітника E , грн	26 786,65	

2.2. Техніко-економічне обґрунтування вартості виготовлення легованої сталі

Легованими називають сталі, в яких є спеціально введені (легуючі) елементи: Cr, Ni, Mg, Ti, V та ін., що підвищують їх фізико-механічні властивості. Марганець і кремній введені в кількості більше 1 %, також є легуючими елементами.

Легуючі елементи в марках сталі позначають такими літерами: В – W (вольфрам), Г – Mn (марганець), М – Mo (молібден), Н – Ni (нікель), С – Si (кремній), Т – Ti (титан), Х – Cr (хром) тощо (табл. 2.6).

Відносна вартість металів

Метал	Відносна вартість	Метал	Відносна вартість
Залізо (Ж)	1	Титан (Т)	90
Свинець	2,5	Вольфрам (В)	120
Цинк	3	Молібден (М)	170
Алюміній (Ю)	6	Срібло	500
Сурма	6,5	Ванадій (Ф)	750
Мідь (Д)	7,5	Ніобій	800
Магній	8	Тантал	1 500
Марганець (Г)	10	Рубідій	2 200
Нікель (Н)	17	Паладій	5 000
Олово	22	Золото	11 000
Хром (Х)	25	Реній	12 000
Кобальт (К)	35	Іридій	25 000
Вісмут	50	Осмій	25 000
Ртуть	65	Платина	27 000
Кремній (С)	3,5	Родій	45 000

Число на початку марки конструкційної сталі вказує на вміст вуглецю в сотих частках відсотка, цифри після літерів – середній вміст позначеного цими літерами елемента у відсотках. Наприклад, марка 12X2H4B позначає сталь з середнім вмістом 0,12 % C, 2 % Cr, 4 % Ni та близько 1% W.

Вартість основних легуючих хімічних елементів для приготування легованих сталей можна оцінити через коефіцієнти відносної вартості щодо поточної вартості заліза, яка прийнята за одиницю (табл. 2.6).

Знаючи хімічний склад легованої сталі, можна легко розрахувати масу кожного із компонентів, що входять в одиницю маси легованої сталі, наприклад, в 1 кг або в 1 т. Приймаючи поточну вартість заліза як вартість якісної низьковуглецевої сталі (наприклад, сталі марки 10), можна визначити вартість легуючих елементів, що входять до складу легованої сталі, із урахуванням коефіцієнтів відносної вартості (табл. 2.6).

Приклад. Визначити орієнтовну вартість 1 т легованої сталі 30ХГС.

Хімічний склад сталі: 0,3 % C; близько 1 % Cr; близько 1 % Mn; близько 1 % Si; інше – 96,7 % Fe.

Середні світові ціни на Сталь 10 коливалися в межах 600 ... 650 \$/т. Приймаємо 600 \$/т.

Вартість заліза в сталі: $1 \times 600 \times 0,967 = 580,2$ \$.

Вартість хрому в сталі: $25 \times 600 \times 0,01 = 150,0$ \$.

Вартість марганцю в сталі: $10 \times 600 \times 0,01 = 60,0$ \$.

Вартість кремнію в сталі: $3,5 \times 600 \times 0,01 = 21,0$ \$.

Сумарна орієнтовна вартість сталі 30ХГС:

$$580,2 + 150,0 + 60,0 + 21,0 = 811,2 \text{ \$}.$$

Таким чином, вартість сортового прокату зі сталі 30ХГС на ринку металів складає 830 ... 890 \$.

Завдання:

1. Для наведених марок легованих сталей слід визначити поваріантно (табл. 2.7) відносні вартості легованих сталей, приймаючи середні значення елементів, які зазначено у марці (похибка 10 ... 40 %).

Результати необхідно подати у вигляді таблиці із зазначенням відсоткового вмісту кожного елемента, що входить до конкретної марки легованої сталі, її вартість. Останній стовпець таблиці – вартість легованої сталі.

2. Необхідно визначити найбільш коштовну леговану сталь.

3. Самостійно, використовуючи довідкові дані (або з Інтернету) щодо механічних характеристик легованих сталей (межі міцності, межі теку-

чості, твердості, відносного подовження, умовного показника, рівного добутку відношення межі текучості та межі міцності на відносне подовження сталі), доповніть дані в табл. 2.6 відомостями щодо відносних переваг сталей порівняно із залізом (або маловуглецевою сталлю).

Таблиця 2.7

Варіанти завдань

Варіант	Марки	Варіант	Марки
1	40X10C2M, 30XH3A, 40XMΦA	12	15XГH2TA, 35XM, 35Г2
2	10X13CЮ, 18H10, 30XГC	13	15X11MΦ, 40X, 18H10
3	15X11MΦ, 30XMA, 35XГCA	14	55Г9H9X3, 30Г, 10XCHД
4	15X12BHMΦ, 38XHГ, 20X2H4A	15	30XГCH2A, 9XC, 12XH2
5	40X9C2, 50HX, 15X11MΦ	16	30X3MΦ, 45Г2, 45X
6	12X18H10T, 17X, 38XHГ	17	40X9C2, 15XΦ, 50HX
7	15XГH2TA, 35X, 30X3MΦ	18	10X13CЮ, 40X13, 40XMΦA
8	15Г2CΦ, 4X5MΦC, У8Г	19	11X4B2MΦ3C2, 6X6B3MΦC, X12
9	9X5BΦ, 8X6HΦT, 85X6HΦT	20	9XBГ, AC35Г2, P18
10	40X10C2M, 40X9C2, 55Г9H9X3	21	10X13CЮ, 15X11MΦ, P6M5
11	15X12BHMΦ, AC14, P12Φ3	22	P6M5Φ3, 18H10, P18K5Φ2

2.3. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу використання газової суміші у якості захисного газу під час дугового зварювання

Зварювання у захисних газах є одним із способів дугового зварювання. Відомі наступні різновиди зварювання в захисному газі: в інертних одноатомних газах (аргон, гелій), у нейтральних двохатомних газах (азот, водень) та у вуглекислому газі. На практиці найбільш широке застосування одержало зварювання у вуглекислому газі [45].

Із кожним роком все більша кількість промислових підприємств, на яких застосовують зварювальні роботи, використовують зварювання в середовищі захисних газів, про що свідчить аналіз ринку обладнання для дугового зварювання плавленням. За останні 10 років частка зварювання в захисних газах зросла із 64 % до 75,7 %. Якщо розглядати застосуван-

ня зварювальних газів із точки зору отримання найкращого захисту реакційного простору зварювальної дуги від зовнішнього повітря, то оптимальний захисний газ – це аргон. Аргон важчий за повітря (густина $1,78 \text{ кг/м}^3$), характеризується низьким потенціалом іонізації (15,7 В), не вступає в хімічні взаємодії з іншими елементами і в достатніх кількостях міститься у вільному вигляді. Це дозволяє отримувати його із повітря у ректифікаційних установках.

Зараз аргон широко застосовують як захисний газ при зварюванні алюмінієвих сплавів і високолегованих сталей (особливо нержавіючих хромонікелевих). Однак при зварюванні вуглецевих і низьколегованих сталей основних структурних класів на ПрАТ "ХМЗ "Плінфа" основним захисним газом залишається вуглекислий газ CO_2 . Між тим, застосування аргону забезпечує підвищення температури зварювальної дуги, що покращує проплавлення зварного шва, та збільшення продуктивності зварювання в цілому. При цьому проплавлення набуває "кинджальної" форми, що дозволяє виконувати однопрохідні зварювання в щілину обробляємого металу великої товщини. При зварюванні в середовищі аргону мінімізується вигорання активних легуючих елементів. Це дозволяє використовувати більш дешеві зварювальні дроти [97].

У табл. 2.8 наведено дані, які показують вплив газової суміші на параметри зварювання: струм зварювання $I_{зв}$; напруга дуги U_d ; кількість наплавленого металу в одиницю часу Q ; коефіцієнт втрат металу на розбризкування ψ ; коефіцієнт розбризкування $A_{нб}$, який визначає трудовитрати на видалення бризок із поверхні зварюваних деталей.

Таблиця 2.8

Вплив газової суміші на параметри зварювання

Захисний газ	$I_{зв}$, А	U_d , В	Q, кг/год.	ψ , %	$A_{нб}$, %
CO_2	200 – 210	22 – 23	2,3	4,7	1,5
	300 – 310	30 – 33	4,3	6,7	2
82 % Ar + 18 % CO_2	200 – 210	24 – 25	3,7	3,8	0,3
	300 – 310	30 – 31	6	2,9	0,3
78 % Ar + 20 % CO_2 + 2 % O_2	200 – 210	25 – 26	3,7	3,2	0,2
	300 – 310	30 – 31	6	2,9	0,2
86 % Ar + 12 % CO_2 + 2 % O_2	200 – 210	21 – 22	3,1	1,4	0,2
	300 – 310	29 – 30	4,4	0,5	0

Проаналізувавши ці дані, можна зробити висновок, що зварювання у середовищі аргону дозволить отримувати більшу кількість наплавленого металу за одиницю часу. При цьому втрати металу на розбризування, а, відповідно, і трудовитрати на видалення бризок менше, ніж при зварюванні із застосуванням вуглекислого газу. Але слід звернути увагу на результат від застосування суміші 78 % Ar, 20 % CO₂ і 2 % O₂, який подано у табл. 2.9 [113].

Таблиця 2.9

Порівняння параметрів зварювання із використанням CO₂ та суміші 78 % Ar + 20 % CO₂ + 2 % O₂

Параметри зварювання	При використанні CO ₂	При використанні суміші 78 % Ar + 20 % CO ₂ + 2 % O ₂
Кількість наплавленого металу в одиницю часу, кг/год.	2,3 – 4,3	3,7 – 6
Коефіцієнт втрат металу на розбризування, %	4,7 – 6,7	2,9 – 3,2
Коефіцієнт розбризування, що визначає трудовитрати на видалення бризок з поверхні зварювальних деталей, %	1,5 – 2	0,2

Як видно, використання суміші 78 % Ar + 20 % CO₂ + 2 % O₂ підвищує обсяг наплавленого металу в одиницю часу порівняно із використанням аргону, а втрати металу на розбризування менше порівняно із використанням вуглекислого газу. Отже, менше і трудовитрати на видалення бризок із поверхні зварювальних деталей, ніж при використанні вуглекислого газу. Це свідчить про більш доцільне використання суміші 78 % Ar + 20 % CO₂ + 2 % O₂.

Далі слід визначити економію від запропонованого заходу. При зварюванні за однакових умов із використанням різних захисних газів отримано наступні результати.

За 60 хвилин зварювання із застосуванням захисного газу CO₂ витрачається 960 л. газу. При застосуванні газової суміші, яка складається із 78 % Ar, 20 % CO₂ і 2 % O₂ на виконання такої самої роботи необхідно 43 хвилини, відповідно, витрачається 688 л. суміші. Середня ціна газу CO₂ становить 2,6 грн/л., а вартість готової суміші 3,5 грн/л., відповідно,

вартість захисного газу при такому зварюванні слід визначати за наступною залежністю:

$$C_{\text{в газу}} = V \cdot \text{Ц}, \text{ грн}; \quad (2.6)$$

$$C_{\text{в CO}_2} = 960 \cdot 2,6 = 2\,466,15 \text{ грн}; \quad (2.7)$$

$$C_{\text{в суміші}} = 688 \cdot 3,5 = 2\,422,65 \text{ грн}, \quad (2.8)$$

де V – необхідний обсяг захисного газу, л;
 Ц – ціна 1 л. захисного газу, грн.

Економія E_1 від використання суміші із урахуванням залежностей (2.6) – (2.8) дорівнює:

$$E_1 = 2466,15 - 2422,65 = 43,5 \text{ грн}. \quad (2.9)$$

Витрати електроенергії на зварювання у загальному вигляді визначають за залежністю [113]:

$$E_{\text{зв}} = \frac{U \cdot J \cdot t}{\eta \cdot 1\,000}, \text{ кВт. год}, \quad (2.10)$$

де U – напруга зварювальної дуги, яку приймають за технологічним режимом, В;
 J – сила струму (визначається виміром), А;
 T – час горіння дуги, год.;
 η – ККД джерела живлення дуги (0,8).

Тоді необхідна кількість електроенергії для даної зварювальної операції $E_{\text{зв CO}_2}$ складає:

$$E_{\text{зв.CO}_2} = \frac{300 \cdot 32 \cdot 1}{1\,000 \cdot 0,8} = 12 \text{ кВт/год.}; \quad (2.11)$$

$$E_{\text{зв.суміші}} = \frac{300 \cdot 32 \cdot 0,71}{1\,000 \cdot 0,8} = 8,6 \text{ кВт/год.} \quad (2.12)$$

Економія електроенергії E_2 від використання сумішей:

$$E_2 = (12 - 8,6) \cdot 0,671 = 2,28 \text{ грн/год.} \quad (2.13)$$

Загальна економія:

$$E_{\text{заг/год.}} = 2,28 + 43,5 = 45,78 \text{ грн/год.} \quad (2.14)$$

Розраховані показники зведено у табл. 2.10 для визначення ефективності використання газових сумішей у якості захисного газу.

Таблиця 2.10

Вихідні дані для розрахунку ефекту від застосування газових сумішей

з/п	Витрати	до	після	Відхилення (+; -)
		CO ₂	суміш 78 % Ar + + 20 % CO ₂ + 2 % O ₂	
1	Витрати часу на зварювання, хв	60	43	17
2	Захисний газ, л/60 хв	960	688	272
3	Ціна, грн/л	2,6	3,5	0,9
4	Електроенергія, кВт/год.	12	8,6	3,4

При використанні газових сумішей (які включають 78 % Ar, 20 % CO₂ й 2 % O₂) час зварювання скорочується із 60 хвилин до 43 хвилин, а економія становить 45,78 грн/год. Отже, отриманий ефект вказує на економічну доцільність запропонованих заходів.

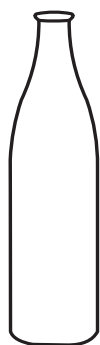
2.4. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення упакування продукції

ПП "Чугуївський завод мінеральних вод" виготовляє безалкогольні газовані напої. Основні потужності заводу направлені на виготовлення продукції ТМ "LimCo". У 2013 році було виготовлено та реалізовано продукції даної марки в Україні на 16 797 тис. грн. [106].

Процес виготовлення готової продукції складається із етапів:

- виготовлення скляної тари місткістю 0,5 л.;
- виготовлення напою та розлив у пляшки;
- виготовлення етикеток та нанесення їх на скляну тару.

Скляну тару (пляшку) для ТМ "LimCo" виготовляють у ТОВ "Мереф'янська скляна компанія" зі скла зеленого кольору, призначеного для напоїв (рис. 2.6).



Об'єм: 500 мл
Вага: 224 гр
Висота: 240 мм
Діаметр: 64,7 мм

Рис. 2.6. Характеристики скляної тари ТМ "LimCo"

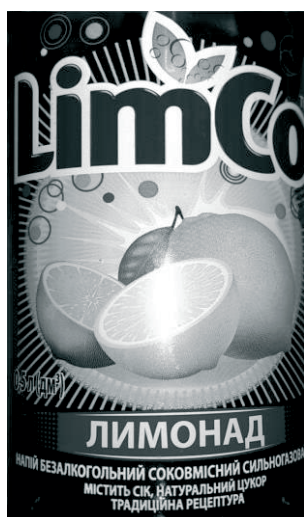


Рис. 2.7. Дизайн етикетки продукції ТМ "LimCo"

Найбільш складним етапом виготовлення готової продукції є виготовлення етикетки. Етикетка ТМ "LimCo" містить інформацію про продукт, виробника, вміст, термін зберігання тощо. Вона допомагає споживачу звернути увагу на потрібний товар серед розмаїття інших товарів. Ефективно розроблена етикетка виділяє продукт із числа його подібних. Тому за інших рівних умов, завдяки цьому споживач надає перевагу продукту. Дизайн етикетки ТМ "LimCo" зображено на рис. 2.7.

Важливими технологічними характеристиками етикетки є: багатокольорний друк високої якості; яскраві й чисті кольори штрихових зображень, тексту; якісні напівтонові (растрові) зображення; дрібний текст, а іноді і мікро-текст; тиснення, припресування фольги і голограм, фігурна висічка самої етикетки і мікровисічка на етикетці (при спробі переклеювання етикетки із оригіналу на підробку завдяки мікро-висічці етикетка розшарується).

Виготовлення етикеток для ТМ "LimCo" здійснюють на підприємстві "Фактор-друк" із застосуванням машини флексографічного способу друку "Graficon UNIQ 340". Флексографія є одним із найефективніших різновидів високого способу друку для виготовлення етикеток, у якій використовують пружно-еластичні друкарські форми та малов'язкі швидковисихаючі фарби. У флексографії друкарська форма виконує не тільки свою основну функцію, але ще й функцію декеля. Це дозволяє друкувати ма-

теріали із різною фактурою (мікрогеометрією) та мінімально необхідним тиском, що є дуже важливим для якісного друку.

Для друку на флексографічній машині характерними є висока тиражостійкість друкарських форм та велика продуктивність друку [24].

Технологія флексографічного друку на машині "Graficon UNIQ 340" відрізняється простотою, низькими витратами й, водночас, високою продуктивністю, не потребує багато робітників – машина має простий друкарський апарат. Друк є екологічно чистим, використовують фарби на водяній основі.

Устаткування має низьку енергомісткість (на 40 – 50 % меншу порівняно із офсетним способом друку). Флексографічний друк характеризується поточністю виробництва – всі операції, починаючи від розмотування рулону та закінчуючи розрізанням або фальцюванням готових виробів, виконуються за один прогін.

Потреба у виробничих площах на 50 – 60 % є меншою, ніж при офсетному друці. Капіталовкладення також є меншими, ніж у традиційних видах друку: машини виконують друк, оброблення й, в той самий час, коштують дешевше від офсетних. Завдяки агрегуванню машин усуваються сторонні операції, відсоток макулатури є низьким за рахунок спрощеної конструкції друкарського апарата. Можливість застосування фарб УФ-затвердження підвищує якість продукції та швидкість друку [15].

Для ефективного порівняння офсетного та флексографічного способів друку слід виконати аналіз їх основних показників. Обидві машини флексографічного та офсетного друку мають схожі конфігурації, а саме: формат А2, 4 барвистих секцій і секцію УФ-лакування. При виготовленні етикетки ТМ "LimCo" використовують друкарську машину MITSUBISHI серії 3H-2 і автоматичний тигельний прес KLUGE EDH 13x19. Задля покращення технологічного процесу пропонують використання наявної на підприємстві флексографічної машини "Graficon UNIQ 340", оснащеної пристроєм висікання, гарячого тиснення, розрізання на листи і ламінатором. Результати порівняння цих машин, їх продуктивності та інших виробничих характеристик наведено у табл. 2.11 [56].

Як зазначалося, тиражостійкість флексографічних форм дуже велика. Це приводить до здешевлення продукції за умови здійснення великих тиражів. Унікальна властивість флексографічного друку – можливість практично довільно міняти як довжину, так і ширину друку – дозволяє використовувати форму саме того розміру, який необхідний для друку. Більш того, флексографічна машина даної конфігурації дозволяє дру-

кувати етикетки ТМ "LimCo" на листах більшого розміру (33×61 см). Це збільшує місткість більшої кількості етикеток, а саме – до 32 етикеток на лист. Таким чином, кожні 2 місяці в середньому можна друкувати не 13 334 листів, а 12 500 листів, що скорочує витрати на самоклеючий папір, фарби та оплату працівникам друкарні.

Таблиця 2.11

Порівняльні характеристики офсетного та флексографічного друку

	Офсетна машина і тигельний прес	Флексографічна машина
1	2	3
Максимальний формат	36×52 см	33×61 см
Швидкість друку (отт./год.)	13 000	21 000
Продуктивність (м ² /год.)	2 433	3 049
Мінімальна технологічна площа	80 м ²	30 м ²
Обслуговуючий персонал	3 – 4 людини	1 – 2 людини
Екологічність застосованої фарби	низька	висока
Шар нанесення фарби	середня товщина	мінімальна товщина
Вид багатофарбованої машини	секційна	планетарна
Необхідність додаткового обладнання	використання тигельного пресу	немає необхідності у додатковому обладнанні

Для визначення ефективності запропонованого поліпшення технологічного процесу для ПП "Чугуївський завод мінеральних вод" встановлено витрати на друк 400 000 екземплярів етикеток "LimCo": офсетний друк – 68 360 грн/тираж; флексографічний друк – 36 240 грн/тираж.

У результаті витрати на друк зменшуються на:

$$1 - \frac{36\,240}{68\,360} \cdot 100\% = 47\%$$

Економія на 1 тираж від зміни способу друку дорівнює:

$$E = 68\,360 - 36\,240 = 32\,120 \text{ грн.}$$

Оскільки замовлення етикеток на ПП "Чугуївський завод мінеральних вод" здійснюється 1 раз на 2 місяці, то річний економічний ефект становить:

$$E_{\text{фр}} = 32\,120 \cdot 6 = 192\,720 \text{ грн.}$$

Таким чином встановлено, що із економічної точки зору використання флексографічного друку при виготовленні етикетки "LimCo" для ПП "Чугуївський завод мінеральних вод" цілком виправдано: витрати на друк значно менші, а продуктивність та якість набагато вищі.

2.5. Техніко-економічне обґрунтування удосконалення технології фільтрування під час виробництва олігоефіракрилатів МГФ-9

Технологічний процес виробництва олігоефіракрилатів МГФ-9 на ПрАТ "Армопласт" має дві важливі стадії, під час яких відбувається фільтрація толуольного розчину та очисне фільтрування безпосередньо олігоефіракрилату [108]. Процеси фільтрації в хімічному виробництві мають, як правило, більш складний характер, ніж фільтрація в інших галузях. Від якості фільтрації залежить якість кінцевого продукту, а значить, прибуток підприємства та його репутація.

У цеху ДЦСС (відділенні № 1), де відбувається виробництво олігоефіракрилату МГФ-9, встановлені два друк-фільтри. Друк-фільтр – це ємкісний фільтр, що працює під тиском. Такі фільтри призначені для фільтрації невибухонебезпечних речовин в температурних рамках від – 20 °С до +200 °С [51, 111]. У цих фільтрах використовують фільтруючий матеріал – бельтинг.

При аналізі роботи всього підприємства та цеха ДЦСС (відділення № 1) із виготовлення олігоефіракрилату МГФ-9 було виявлено, що фільтри, які використовують на виробництві, мають низькі показники продуктивності та якості фільтрації. Тому для вдосконалення технологічного процесу запропоновано використовувати новий фільтруючий матеріал, тобто змінити фільтруючі перегородки у фільтрах. Це дозволить підвищити якість фільтрації, її чистоту, та скоротити час операцій фільтрування, а відповідно, покращити якість продукту, що виготовляється.

Недоліками бельтинг-полотна, як фільтруючої тканини, є її швидке зношування (оборотність 60 – 80 разів) та забивання полотна частинками маси, різке погіршення фільтрації. Кращі результати досягають від використання нейлонового або капронового полотна або від спільного

використання із бельтинг-полотном, оскільки поліпшуються умови фільтрації, подовжується термін служби, скорочується витрата полотна на 1 т фільтрувальної маси до 0,42 м².

Тому на ПрАТ "Армопласт" для покращення якості фільтрації та зменшення витрат на супутні матеріали фільтруючу перегородку (бельтинг) вдосконалили шляхом комбінування двох фільтруючих тканин – бельтингу та капрону. Ці дві тканини мають різні властивості, які доповнюють одна одну та покращують якість фільтрації, подовжуючи термін служби фільтруючої перегородки.

Наприклад, поліамідна тканина має більшу водопроникність, тобто спочатку велика кількість рідини буде проходити через капрон, залишаючи на ньому великі частинки домішок, а потім вже через бельтинг-полотно, щоб зовсім відфільтрувати маленькі частки домішок.

Це дозволить підвищити якість фільтрації завдяки подвійному бар'єру та знизити зношення полотна, а, отже, скоротити витрати на допоміжні матеріали. Тобто, якщо раніше на 1 т олігоєфіракрилату МГФ-9 необхідно було 2,6 м² бельтинг-полотна, то тепер витрати на 1 т фільтрувальної маси скорочуються до 0,42 м² кожного полотна – усього потрібно 0,84 м². Продуктивність фільтру, завдяки високій водопроникності капрону, не знизилася, тобто кількість фільтрата за певну одиницю часу є тією ж.

Таким чином, вимоги щодо вибору оптимальної фільтруючої перегородки задовільнені: термін служби подовжується, якість фільтрації покращується, продуктивність фільтру не змінюється, витрати на допоміжні матеріали скорочуються.

Розрахунок і порівняння витрат і собівартості установки (у цінах 2000 р.) лише бельтинг-полотна та використання фільтруючої перегородки із двох тканин – поліамідної та бельтингу – подано у табл. 2.12.

Економію коштів досягнуто завдяки підвищенню терміну служби фільтруючого полотна та скороченню інтенсивності його зношування. У результаті витрати на фільтруючі матеріали зменшилися.

Крім того, використання подвійної фільтруючої перегородки дозволило підвищити якість фільтрування. Олігоєфіракрилат МГФ-9 може бути вищого сорту та першого сорту, які відмінні між собою співвідношенням олігоєфіракрилатів і толуолу.

Ціна на продукт різного сорту також відрізняється. Продукт вищого сорту має більш широке застосування, а значить і більший попит.

У табл. 2.13 наведено розрахунок прибутковості у результаті збільшення частки виробництва олігоєфіракрилату МГФ-9 вищого сорту.

Таблиця 2.12

Порівняльна таблиця витрат

№	Вид витрат	Бельтинг	Бельтинг + капрон	
1	2	3	4	
1	Ціна за 1 м ² без ПДВ, грн.	83	Бельтинг Капрон	83 54
2	Ціна за 1 м ² з ПДВ 20%, грн.	99,6	Бельтинг Капрон	99,6 64,8
3	Кількість матеріалу на 1 т фільтрату, м ²	2,6	Бельтинг Капрон	0,42 0,42
4	Всього кількість матеріалу на 1 т фільтрату, м ²	2,6	0,84	
5	Всього випуск олігоєфіракрилату МГФ-9, т/рік	10	10	
6	Витрати на фільтруючий матеріал на 1 т, грн	258,96	69,05	
7	Витрати на фільтруючий матеріал на річну програму, грн	2 589,6	690,5	
8	Загальна економія, грн.	1 899,1		

Таблиця 2.13

Розрахунок додаткового прибутку

Найменування показника та одиниці виміру	Значення величини с граничними відхиленнями	
	Вищий сорт	Перший сорт
1	2	3
Зовнішній вигляд	Прозора рідина від жовтого, зеленого до темно-коричневого кольору без механічних домішок	Прозора рідина від жовтого, зеленого до темно-коричневого кольору. Допускається наявність невеликої кількості часток у вигляді волокон і точок
Масова частка толуолу, %, не більше	1,8	2,5
Масова частка води, %, не більше	0,1	Не нормується

Закінчення табл. 2.13

1	2	3
Масова частка основної речовини, %, не менше	98,0	97,5
Співвідношення часток виробництва до зміни технологічного процесу, %	45	55
Співвідношення часток виробництва після зміни технологічного процесу, %	60	40
Ціна продукту за 1 кг, грн	100	77
Річний прибуток від виробництва 10 т олігоефіракрилату МГФ-9 до зміни технологічного процесу, тис. грн.	450	423,5
Всього до зміни технологічного процесу, тис. грн	873,5	
Річний прибуток від виробництва 10 т олігоефіракрилату МГФ-9 після зміни технологічного процесу, тис. грн.	600	308
Всього після зміни технологічного процесу, тис. грн	908	
Додатковий прибуток, тис. грн.	34,5	

Отже, після вдосконалення процесу фільтрації на виробництві загальна економія на допоміжних матеріалах склала 1 899,1 грн., а додатковий прибуток від збільшення частки продукту вищого сорту склав 34 500 грн. Все це досягнуто завдяки покращенню якості фільтрації.

2.6. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виробництва хлібобулкових виробів

Одним із основних шляхів насичення ринку конкурентоспроможними товарами є широке впровадження у виробництво прогресивних способів переробки традиційної сировини і ресурсозберігаючих технологій, що забезпечують підвищення якості продукції та скорочення виробничого циклу [99].

Першим заходом для покращення діяльності підприємства є заміна одного з компонентів. Крім основної сировини, яку використовують в технології виготовлення хліба, традиційно використовують і харчові добавки. Пекарський порошок в основному застосовують для швидкого бродіння продовольчих продуктів, що прискорює технологічний процес.

Із боку хлібопекарських підприємств існує стійкий попит на солодові екстракти, які підвищують вихід хліба, покращують органолептичні характеристики і сприяють тривалому збереженню свіжості. Також все частіше на підприємствах застосовують активні дріжджі з сильною здатністю до бродіння. При застосуванні звичайних дріжджів тривалість бродіння опари складає 1,5 – 3 години, якщо застосовують активні дріжджі, то тривалість бродіння скорочується до 1 години. Це дозволяє скоротити час технологічного процесу, а отже виготовляти більшу кількість виробів, що збільшує прибуток підприємства. Тривалість технологічного процесу за операціями наведено у табл. 2.14.

Таблица 2.14

Тривалість технологічного процесу за операціями

№ операції	Назва операції	Тривалість (хв)
1	Підготовка сировини до виробництва	30 – 40
2	Заміс опари	10 – 15
3	Бродіння опари	90 – 180
4	Заміс тіста	5 – 10
5	Бродіння тіста	60 – 80
6	Розподіл тіста на шматки	7 – 10
7	Округлення	10 – 15
8	Формування виробів і вистоювання	60 – 120
9	Випічка	55 – 60

Загальна середня тривалість виготовлення хлібобулкових виробів склала 450 хв (7,5 год.). Якщо використати активні дріжджі, то тривалість технологічного процесу зменшиться на 1 год. і складе 390 хв (6,5 год.), що дозволить збільшити обсяги виготовлення хлібобулкових виробів.

У ТОВ "Мечта-1" споживають 15 кВт за годину, а отже 4,2 грн за годину.

Тому слід розрахувати економію виплати заробітної плати у грошовому еквіваленті для директора підприємства ТОВ "Мечта-1" (враховуючи 10-годинний робочий день і 6-денний робочий тиждень) та для 60 працівників, які зайняті виготовленням хлібобулкових виробів. Середня заробітна плата складає 3 500 грн на місяць (у цінах 2010 року). Отже, витрати на заробітну плату складають 210 000 грн.

Розрахунок денної заробітної плати на 1 працівника:

$$Зп_{\text{дн1}} = \frac{Зп_{\text{міс}}}{К_{\text{роб.днів}}}, \quad (2.15)$$

де $Зп_{\text{міс}}$ – місячна заробітна плата, грн.;

$К_{\text{роб.днів}}$ – кількість робочих днів.

Розрахунок годинної заробітної плати на 1 працівника:

$$Зп_{\text{год1}} = \frac{Зп_{\text{дн1}}}{Тз}, \quad (2.16)$$

де $Зп_{\text{дн1}}$ – денна заробітна плата, грн.;

$Тз$ – тривалість зміни, год.

Розрахунок витрат на заробітну плату при тривалості технологічного процесу 7,5 год.:

$$Зп_{7,5} = \frac{Зп_{\text{год1}}}{Ттп}, \quad (2.17)$$

де $Ттп$ – тривалість технологічного процесу, год.

Розрахунок витрат на заробітну плату при тривалості технологічного процесу 6,5 год.:

$$Зп_{6,5} = \frac{Зп_{\text{год1}}}{Ттп}. \quad (2.18)$$

У результаті розрахунків за залежностями (2.15) – (2.18) встановлено, що денна заробітна плата на одного працівника склала 146 грн, годинна заробітна плата, відповідно, склала 14,6 грн, витрати на заробітну плату при тривалості технологічного процесу 7,5 год. склали 109,5 грн, а при тривалості технологічного процесу 6,5 год. – 94,9 грн.

Також для скорочення часу на виробництво і збільшення випуску продукції доцільно замінити існуюче обладнання. На ТОВ "Мечта-1" слід замінити машину для розкатки тіста марки "Rollmatic" SH-50 на машину "Rollmatic" SH 6002 (рис. 2.8), яка є більш продуктивною. Якщо порівняти ці моделі, то потужність машини SH-50 складає 0,55 кВт, швидкість стріч-

ки на виході 25 м/хв, а потужність машини SH 6002 складає 0,75 кВт, швидкість стрічки на виході 30 м/хв. При виготовленні батонів закруглені заготовки отримують загортанням тіста. Цей процес займає 7 – 10 хв у залежності від потрібної кількості заготовок. Усередині апарату розташовано один над одним два вали, нижній з яких нерухомо закріплений на корпусі, а верхній – на полозах, завдяки чому можна регулювати товщину розкочування тіста.



Рис. 2.8. Машина для розкатки тіста "Rollmatic" SH 6002



Рис. 2.9. Хлібопекарська піч "Unox" XB 895

Для випічки хлібобулкових та кондитерських виробів використовують хлібопекарську піч моделі "Unox" XB 603G. Країна-виробник Італія пропонує більш вигідну піч моделі "Unox" XB 895 (рис. 2.9), перевагами якої є: потужність (електрична) 15,8 кВт, тоді як моделі XB 603G потужність складає 9,1 кВт; місткість 10 шт. деків, а моделі XB 603G – 7 шт.

Виходячи із цього, можна розрахувати зміну прибутку підприємства за добу. На одному деко випікають 6 виробів. У печі моделі XB 603G є 7 деків, тобто випікають 42 вироби. За добу підприємство випікає вироби у два етапи, тобто одна піч випікає 84 вироби.

Впровадження нового обладнання, а саме печі "Unox" XB 895, дозволяє збільшити виробництво: $10 \text{ деків} \times 6 = 60$ виробів, за добу – 120 виробів. Отже виробництво збільшилося на 36 виробів із однієї печі. Враховуючи ціну 4 грн за одну одиницю виробу, маємо: $84 \text{ шт.} \times 4 \text{ грн} = 336 \text{ грн.}$ – із печі XB 603G; $120 \text{ шт} \times 4 \text{ грн} = 480 \text{ грн.}$ – із печі XB 895. Різниця складає 144 грн (із однієї печі за добу). На підприємстві 3 таких печі, а отже ТОВ "Мечта-1" зможе отримувати на 432 грн за добу більше.

Таким чином, при заміні обладнання ТОВ "Мечта-1" може отримувати більший дохід від операційної діяльності.

Питання для самостійного контролю

1. У чому полягає сутність техніко-економічного обґрунтування рекомендацій із удосконалення технологічної операції точіння деталі "шків"?
2. За якими ознаками класифікують витрати на виробництво продукції та як оцінюють якість продукції?
3. Обґрунтуйте призначення деталі "шків" та сформулюйте основні недоліки її виготовлення.
4. Назвіть основні механічні операції оброблення деталі "шків". Які поверхні деталі оброблюють?
5. Назвіть основні технологічні переходи токарної операції оброблення деталі "шків". Які поверхні деталі оброблюють?
6. Чим відрізняються інструменти південно-корейської компанії *TaeguTec* від традиційних вітчизняних інструментів?
7. Назвіть основні параметри режиму різання під час точіння та їх кількісні значення.
8. У чому полягає ефект від застосування металорізальних верстатів із ЧПУ типу "оброблювальний центр" порівняно зі звичайними універсальними верстатами?
9. За якою формулою визначається технологічна собівартість оброблення деталі "шків" на операції точіння?
10. Як можна визначити економію за заробітною платою робітника-верстатника на операції точіння деталі "шків" та завдяки яким параметрам можна її збільшити?
11. У чому полягає сутність техніко-економічного обґрунтування вартості виготовлення легованої сталі?
12. Обґрунтуйте ефективність використання газової суміші як захисного газу в умовах дугового зварювання.
13. Завдяки чому досягається ефективність технологічного процесу виготовлення упакування продукції?
14. Назвіть переваги застосування технології фільтрування під час виробництва олігоефіракрилатів МГФ-9.
15. У чому полягає сутність техніко-економічного обґрунтування технологічного процесу виробництва хлібобулкових виробів?

Література: [15, 24, 43, 45, 51, 56, 68, 70, 72, 97, 99, 101, 106, 108, 109, 111, 113].

Розділ 3. Аналіз високих технологій та можливостей їх застосування на практиці

3.1. Сутність високих технологій

Високі технології – це найновіші і найпрогресивніші технології сучасності, які все ширше застосовують на практиці. Впровадження високих технологій у виробництво є важливим чинником успішного економічного розвитку країн. Високі технології дозволяють підвищувати продуктивність праці, забезпечувати лідерство на ринку, зменшувати собівартість виробництва та створювати конкурентноспроможну продукцію. Тому їх слід розглядати основним напрямом розвитку технологій.

Високі технології відрізняються від *"низьких технологій"* – традиційних простих технологій, які використовуються протягом століть та обмежуються виробництвом предметів першої необхідності.

Високі технології характеризуються ознаками [16, 71, 114]:

- наукомісткістю (новітніми досягненнями, результатами фундаментальних досліджень);
- системністю (взаємозв'язком елементів технологічних систем);
- оптимізаційним моделюванням;
- високоефективними робочими процесами;
- комп'ютерним робочим середовищем, яке автоматизує всі етапи і реалізації;
- стійкістю;
- надійністю;
- гарантованою якістю;
- раціональністю природокористування;
- екологічністю.

Однією з головних ознак високих технологій є висока наукомісткість. Однак слід розділяти поняття "наукомістка технологія" і "висока технологія", оскільки поняття "висока технологія" показує пріоритетність "проривного" характеру, високого значення економічного, соціального, екологічного ефекту порівняно із засобами, які застосовують у наукомістких технологіях. Також для високих технологій характерне швидке моральне старіння. Воно настає іноді вже до моменту впровадження високих технологій у виробництво.

До високих технологій належать найбільш наукомісткі галузі промисловості:

- *мікроелектроніка* – це галузь сучасної промисловості, виробництво кремнієвих кристалів інтегральних мікросхем;
- *інформаційні технології* (ІТ) – це сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, об'єднаних із метою збирання, опрацювання, зберігання і розповсюдження інформації в інтересах її користувачів;
- *обчислювальна техніка* – це програмно керований пристрій для обробки інформації;
- *програмування* – це процес проектування, написання, тестування, програмування, зневадження і підтримки комп'ютерних програм;
- *робототехніка* – це прикладна наука, що займається проектуванням, розробкою та експлуатацією роботів, також контролем комп'ютерних систем;
- *нанотехнології* – це колоїдна наука, тісно пов'язана із мікроелектронікою;
- *атомна енергетика* – галузь енергетики, що використовує ядерну енергію для електрифікації і теплофікації;
- *аерокосмічна техніка* – це сукупність космічних підприємств, які займаються розробкою та випробуванням ракет та космічних апаратів;
- *біотехнології* – це використання живих організмів та біологічних процесів у виробництві;
- *фармацевтика* – частина фармації, пов'язана безпосередньо із проблемами виробничо-технологічних процесів;
- *генна інженерія* – це біотехнологічний прийом, спрямований на конструювання рекомбінантних молекул ДНК на основі ДНК, взятої з різних джерел;
- *штучний інтелект* – розділ комп'ютерної лінгвістики та інформатики, що опікується формалізацією проблем та завдань, які подібні до тих, які виконує людина.

Можливе також віднесення технологій до розряду "високих" залежно від міри неучасті в них людини – чим менша участь людини в технологічному процесі, тим вища технологія. До високих технологій відносять не лише промислові технології, але також соціальні технології, наприклад, системи розповсюдження новин, технології колективної роботи та навчання.

3.2. Сутність цифрових технологій

У результаті бурхливого розвитку науково-технічного прогресу відбувся перехід на цифрову техніку. Це значно розширило інформаційні технології та зробило життя людей кращим та комфортнішим.

Зараз важко уявити собі життя без комп'ютерів, мобільного зв'язку та інтернету. Так, у пам'яті комп'ютера знаходиться багато корисної та важливої інформації. Це словники, довідники, енциклопедії, фільми тощо. За допомогою мобільного телефону можна зателефонувати або відправити повідомлення рідним та друзям, зробити якісну кольорову фотографію або зняти відеоролик, а також поспілкуватися з друзями в соціальних мережах. Із розвитком комп'ютерних (високих) технологій у наших лікарнях з'явилися томографи. Вони можуть сканувати організм людини та покращити умови лікування. Тому розвиток медицини і бізнесу, науки та освіти, транспорту та інших сфер людської діяльності неможливо уявити без розвитку високих технологій [112, 119].

Цифрові технології, головним чином, використовують у обчислювальній цифровій електроніці, у першу чергу у комп'ютерах, у різних галузях електротехніки (ігрові автомати, робототехніка, автоматизація, вимірювальні прилади, радіо- та телекомунікаційні пристрої тощо).

Зараз вже існує дуже велика кількість сучасних цифрових технологій (рис. 3.1). Так, у секторі охорони здоров'я технології, що засновані на використанні штучного інтелекту, допомагають рятувати життя людей, діагностувати захворювання і збільшувати тривалість життя. У галузі освіти забезпечується віртуальне навчальне середовище та дистанційне навчання. Це дозволяє приймати участь у навчальних програмах тим учням, які в іншому випадку не мали б такої можливості. У багатьох закладах освіти є електронні дошки, за допомогою електронних журналів батьки можуть стежити за шкільною успішністю дітей. За допомогою смарт-годинників можна відслідкувати місце розташування особи.

Цифрові технології, такі як системи об'єднання даних і штучний інтелект, використовують для відстеження та діагностики проблем у сільському господарстві, у навколишньому середовищі або для виконання повсякденних завдань, наприклад, об'їзд транспортних заторів або оплати рахунків.

Цифрові технології можна використовувати як для захисту і здійснення прав людини, так і для їх порушення, наприклад, шляхом відстеження наших переміщень, покупок, розмов і поведінки.



Смартфон



Монітор



Клавіатура



Цифрова фото-,
відео- камера



Ноутбук



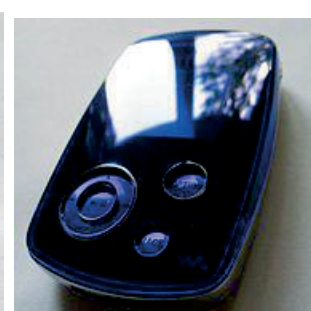
Веб-камера



3-D телевизор



Цифрова фотокамера



Цифровий плеєр

Рис. 3.1. Сучасні цифрові пристрої

Цифровими системами із комп'ютерним управлінням можна управляти за допомогою програмного забезпечення, додаючи нові функції без заміни апаратних засобів. Часто це можна виконувати без участі заводо-виробника шляхом простого оновлення програмного продукту. Подібна функція дозволяє швидко адаптуватися до вимог, що змінюються. Крім того, можливе застосування складних алгоритмів, які в аналогових системах неможливі або здійсненні, але тільки з дуже високими витратами.

Зберігання інформації у цифрових системах простіше, ніж у аналогових. Перешкодостійкість цифрових систем дозволяє зберігати та забирати дані без пошкодження. У аналоговій системі старіння та зношення

може погіршити записану інформацію. У цифровій системі, доки загальні перешкоди не перевищують певного рівня, інформацію можна відновити абсолютно точно.

Як вже зазначалося, нині цифровізацію застосовують у побуті, на виробництві, на роботі, у державних структурах, у бізнесі.

Основними напрямками *цифровізації* є:

- розробка нової цифрової бізнес-моделі;
- створення цифрових товарів та послуг;
- управління життєвим циклом продукту;
- автоматизований збір, зберігання та обробка інформації;
- використання цифрового проектування;
- управління виробничими процесами та мережами поставок;
- виконання адміністративних функцій;
- автоматизація ручної праці за допомогою використання роботів та електронного документообігу.

Цифровізація застосовується у *цифровій економіці* – це онлайн-послуги, торгівля через інтернет, електронні платежі, реклама у інтернеті, електронний документообіг тощо.

У бізнесі цифровізація дозволяє оптимізувати та підвищити точність роботи, забезпечує перехід компаній на електронні платформи. Виділяють три етапи цифрової трансформації – це автоматизація, цифровізація, цифрова трансформація. На останній стадії змінюється вся система управління бізнесом, починаючи із методів виробництва та закінчуючи економічною стратегією підприємства.

У промисловості цифровізація компаній дозволяє вивести на якісно новий рівень ряд процесів, включаючи проектування, виробництво та управління підприємством. Цифровізація виробництва прискорює обробку інформації, покращує роботу із клієнтами, підвищує гнучкість бізнес-процесів.

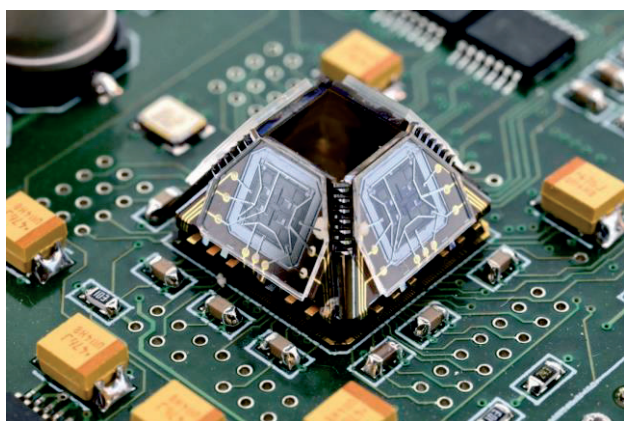
До основних переваг цифровізації освіти слід віднести:

- привчання учнів до самостійності з раннього віку;
- усунення паперової тяганини: учням не доведеться постійно носити із собою численні зошити та підручники, а вчителям – всілякі посібники та інші навчальні матеріали, оскільки один планшет може замінити собою кілограми макулатури;
- вища доступність знання для людей у віддалених населених пунктах.

3.3. Сутність мікротехнології

Мікротехнологія – це способи реалізації процесів виготовлення структур, характерні розміри яких вимірюються мікронами. Історично процеси мікротехнології використовують у мікроелектроніці для виробництва інтегральних схем [91].

На початку 1990-х років застосування процесів мікротехнологій поширилося завдяки появі та масовому виробництву мікроелектромеханічних систем (MEMS), аналітичних мікросистем, твердих дисків, рідкокристалічних дисплеїв, сонячних панелей тощо (рис. 3.2). Завдяки спільним рисам оригінальних технологічних методів, що набули поширення, та їх універсальності, ці технології сформувалися до кінця ХХ ст. у науково-технічний напрям, який отримав назву "мікротехнологія".



MEMS



Сонячні панелі

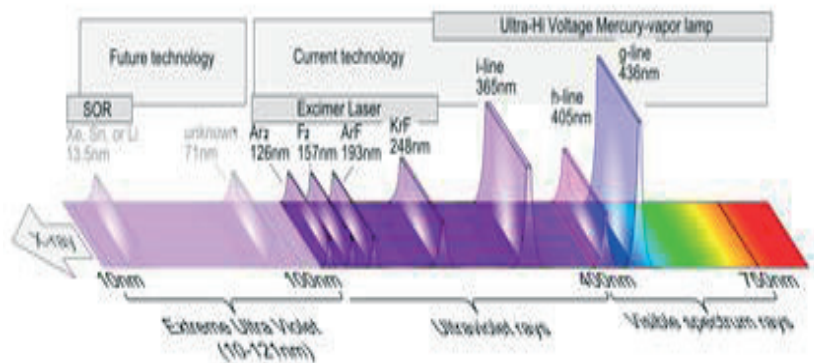
Рис. 3.2. Області застосування процесів мікротехнологій

Мініатюризація різноманітних пристроїв вимагає в процесі їх виготовлення застосовувати досягнення різних галузей науки і техніки: фізики, хімії, матеріалознавства, інформатики, вакуумної техніки, гальванотехніки та ін.

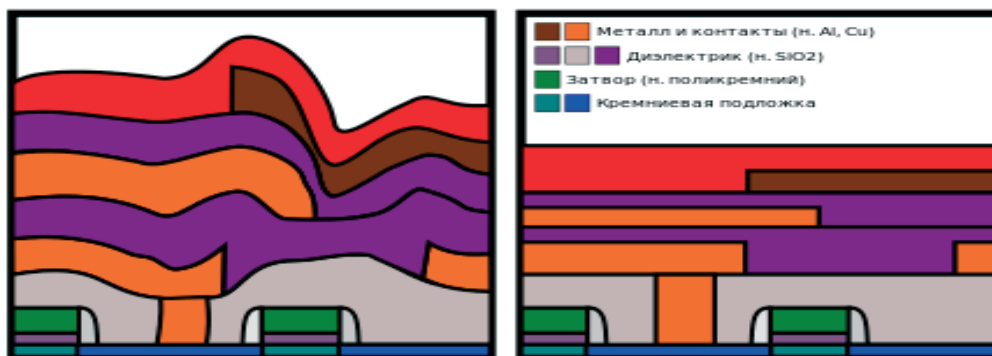
Мікротехнологія включає процеси, які виконують у певній послідовності. Виготовлення мікропристроїв здійснюють чергуванням операцій нанесення тонких шарів і видалення окремих зон. При цьому одночасно виготовляють велику кількість пристроїв, як правило, розміщених на одній підкладці та які розділяють лише на фінальній стадії виробництва.

Процесами мікротехнології є: фотолітографія, підкладки, осадження, травлення, мікрооброблення локальною дією мікроінструмента, легування з використанням дифузії або іонної імплантації, планаризація

(згладжування нерівностей методами механічного і хімічного полірування, наприклад, хіміко-механічна планаризація), очищення підкладок, мікроскладання виробів (монтаж кристалів на комутаційну плату чи у корпус, розпаювання виводів методами лазерного або ультразвукового зварювання, а також герметизацію), рис. 3.3.



Фотолітографія



без CMP

із використанням CMP

Хіміко-механічна планаризація

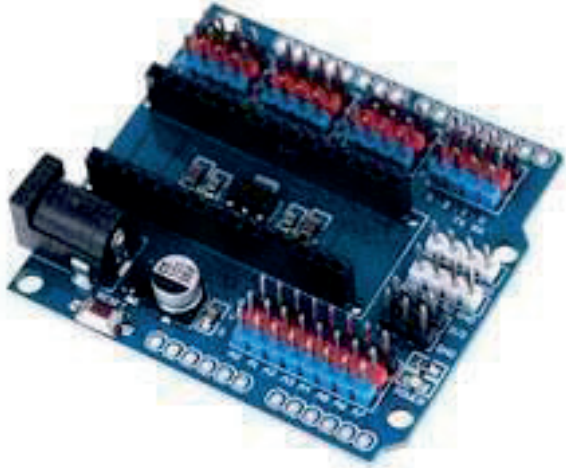


Плазмове оброблення

Рис. 3.3. Процеси мікротехнологій

Для здійснення мікротехнології проводять строгий контроль температури і вологості, повітря очищають від зважених часток пилу. Також вживають заходи для зниження вібрацій і електромагнітних завад. Дим, пил, мікроорганізми і клітини живих організмів мають мікронні розміри, тому їх потрапляння на підкладку може привести до непрацездатності прилада, який виготовляється. Тому проводять також і активне очищення підкладок різними методами [50].

За допомогою мікротехнології виготовляють: паливні елементи, РК-дисплеї, головки струменевих принтерів, жорсткі диски, сонячні батареї, інтегральні схеми "мікрочіпи", мікроелектромеханічні системи (MEMS), мікродатчики (рис. 3.4).



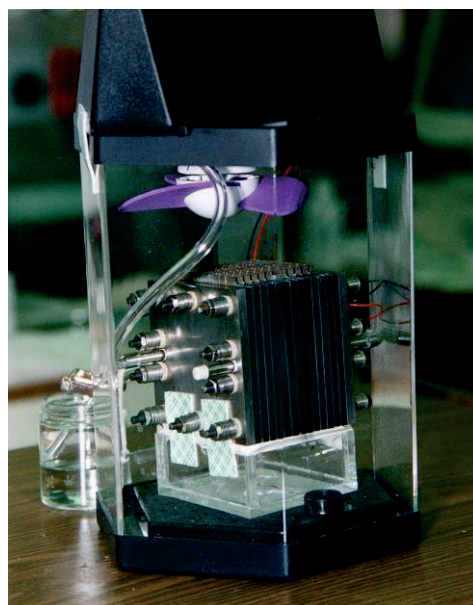
Мікродатчик



Принтер



Радіокристалічний дисплей



Метаноловий паливний елемент

Рис. 3.4. Продукція мікротехнологій

Паливний елемент – це електрохімічний генератор, який забезпечує пряме перетворення хімічної енергії на електричну. На відміну від традиційних електричних акумуляторів, де відбуваються аналогічні перетворення, паливні елементи мають дві важливі особливості:

- вони функціонують доти, доки паливо (відновник) та окислювач надходять із зовнішнього джерела;
- хімічний склад електроліту в процесі роботи не змінюється, тобто паливний елемент не треба перезаряджати.

3.4. Сутність інформаційних технологій

Інформаційні технології – це технології переробки інформації на базі комп'ютерних обчислювальних систем. До них відносять процеси, де "вихідним матеріалом" і "продукцією" є інформація. Чим ширше використання комп'ютерів, тим більше виникає видів інформаційних технологій. Це технології планування та управління наукових досліджень і розробок, експериментів, проектування, грошово-касових операцій, криміналістики, медицини, освіти та ін. [119].

Сучасні інформаційні технології – це сукупність методів і засобів одержання і використання інформації на базі обчислювальної та інформаційної техніки, із широким застосуванням інформаційних методів (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Інструментарії сучасних інформаційних технологій

У сучасних інформаційних технологіях виділяють три складові: апаратне забезпечення (засоби обчислювальної техніки та оргтехніки); програмне забезпечення (прикладне та системне програмне забезпе-

чення, методичне та інформаційне забезпечення); організаційне забезпечення (включення людини в системи інформаційних технологій, взаємодія людини з цими системами, системне використання технічних і програмних засобів).

Інформаційні технології – це широкий клас дисциплін і сфер діяльності, які відносяться до технологій створення, збереження, управління та обробки даних, у тому числі із застосуванням обчислювальної техніки. Останнім часом під інформаційними технологіями найчастіше розуміють *комп'ютерні технології*. Зокрема, ІТ мають справу із використанням комп'ютерів та програмного забезпечення для створення, зберігання, обробки, обмеження до передачі та отримання інформації. Фахівців із комп'ютерної техніки та програмування часто називають *ІТ-фахівцями*.

Відповідно до визначення, прийнятого ЮНЕСКО, *інформаційні технології* – це комплекс взаємопов'язаних наукових, технологічних, інженерних дисциплін, які вивчають методи ефективної організації праці людей, зайнятих обробленням та зберіганням інформації; обчислювальну техніку та методи організації та взаємодії з людьми та виробничим обладнанням, їх практичні додатки, а також пов'язані з усім цим соціальні, економічні та культурні проблеми. Самі ІТ вимагають складної підготовки, великих початкових витрат і наукомісткої техніки. Їхнє впровадження має починатися зі створення математичного забезпечення, моделювання, формування інформаційних сховищ для проміжних даних та рішень.

Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури, скорочено ЮНЕСКО (англ. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO*) – це міжнародна організація, спеціалізована установа Організації Об'єднаних Націй, яка при співпраці своїх членів-держав у галузі освіти, науки, культури сприяє ліквідації неписьменності, підготовці національних кадрів, розвитку національної культури, охороні пам'яток культури тощо).

Основні риси сучасних ІТ:

- структурованість стандартів цифрового обміну даними алгоритмів;
- широке використання комп'ютерного збереження та надання інформації у необхідному вигляді;
- передача інформації у вигляді цифрових технологій на практично безмежні відстані.

У широкому розумінні ІТ охоплює усі галузі створення, передачі, зберігання та сприйняття інформації – і не тільки комп'ютерні технології.

При цьому ІТ часто асоціюють саме із комп'ютерними технологіями, і це не випадково: поява комп'ютерів підняло ІТ на новий рівень – як колись телебачення, а ще раніше друкарська справа.

Галузь інформаційних технологій займається створенням, розвитком та експлуатацією інформаційних систем. Інформаційні технології покликані (грунтуючись і раціонально використовуючи сучасні досягнення в галузі комп'ютерної техніки та інших високих технологій, новітніх засобів комунікації, програмного забезпечення та практичного досвіду) вирішувати завдання ефективної організації інформаційного процесу для зниження витрат часу, праці, енергії та матеріальних ресурсів у всіх сферах людського життя та сучасного суспільства. Інформаційні технології взаємодіють і часто складовою частиною входять у сфери послуг, галузі управління, промислового виробництва, соціальних процесів.

Початок розвитку ІТ – це 1960-х роки, разом із появою та розвитком перших інформаційних систем (ІС). Інвестиції у інфраструктуру та послуги Інтернет викликали бурхливе зростання галузі ІТ наприкінці 1990-х років.

Основна мета використання інформаційних технологій – це автоматизація виробничої або адміністративної роботи [39].

Основним засобом автоматизації інформаційно-управлінської діяльності є комп'ютер, який дозволяє реалізувати різні інформаційні процеси: отримання, реєстрації, накопичення, перетворення, генерації, відображення і передачі інформації. Ефективно комп'ютер застосовувати у поєднанні з різними засобами зв'язку (комунікаціями), що дозволяє підключати його у глобальні та локальні комп'ютерні мережі. Глобальна мережа може бути обмежена лише розмірами земної кулі.

Локальна мережа – це об'єднання комп'ютерів, розташованих на порівняно невеликій території (одного підприємства, офісу, однієї кімнати). Особливо це важливо для офісів, оскільки забезпечує перехід від автоматизації індивідуальної роботи службовців до розподіленої обробки даних в умовах взаємопов'язаних автоматизованих робочих місць (АРМ).

АРМ – це інформаційна система управління, яка обладнана засобами, що забезпечують участь людини у реалізації функцій автоматизованих систем управління (АСУ).

Повна інтегрована автоматизація виробничої та адміністративної роботи припускає охоплення наступних інформаційно-управлінських процесів: зв'язок, збирання, збереження і доступ до необхідної інформації, аналіз інформації, підготовка тексту, підтримка індивідуальної діяльності, програмування і рішення спеціальних задач.

Основні напрями *автоматизації інформаційно-управлінської діяльності* компаній такі: автоматизація процесу обміну інформацією, що включає управлінську АТС, "електронну пошту".

До сучасних технічних засобів *автоматизації інформаційно-управлінської діяльності* відносять:

- персональні комп'ютери, об'єднані в мережі;
- електронні друкарські машинки;
- текстооброблюючі системи (проблемноорієнтовані комп'ютерні системи, які мають великі функціональні можливості);
- копіювальні машини;
- комунікаційні засоби, телефонну техніку;
- засоби для автоматизації введення архівних документів і пошуку інформації (до них відносять нетрадиційні носії інформації: магнітні диски і стрічки, мікрофільми, диски з оптичними записами);
- засоби для обміну інформацією – "електронна пошта";
- відеоінформаційні системи;
- локальні комп'ютерні мережі;
- інтегровані мережі установ.

Сутність взаємодії інформаційних технологій та бізнесу полягає у наступному:

- ІТ-технології підвищують ефективність та конкурентоспроможність практично будь-якого бізнесу;
- зараз весь бізнес переміщається до Інтернету, тому будь-якій компанії треба мати стратегію для нової реальності;
- якщо компанія не має такої стратегії, то вона не має майбутнього.

3.5. Віртуальна реальність

Віртуальна реальність – це такий різновид реальності, поданий у формі матеріального та ідеального, що створюється завдяки іншій реальності. Іншими словами *віртуальна реальність* – це ілюзія дійсності, яка створена за допомогою комп'ютерних систем, що забезпечують зорові, звукові та інші відчуття.

Термін "віртуальна реальність" поширився із 1980-х років. Він позначав комп'ютерні системи, які своєю чергою давали можливість користувачеві бачити інтерактивне стереоскопічне зображення. У результаті це поширилося як імітація дійсності.

Сфери використання віртуальної реальності [11, 12, 58]:

1. Навчання – моделювання складної чи небезпечної діяльності, наприклад, керування транспортом або хірургічною операцією.

2. Дизайн – побудова й редагування тривимірних моделей механізмів, споруд тощо; симуляція та дослідження різних впливів на них.

3. Наука – візуалізація внутрішньої будови об'єктів, молекулярних і атомних структур. У медицині віртуальна реальність забезпечує дистанційне і точне керування інструментами.

4. Розваги – віртуальні тури, екскурсії, відеоігри з ефектом занурення в ігровий світ.

5. Військова сфера – тренування пілотів, водіїв, операторів, підрозділів із імітацією збройних сутичок тощо.

Найпоширенішим способом для заглиблення у віртуальну реальність є так звані спеціальні шоломи/окуляри (рис. 3.6). На дисплей, який розташований перед очима користувача, виводиться відео в 3D форматі. Прикріплені до корпусу гіроскоп і акселерометр відстежують повороти голови і передають дані в обчислювальну систему, що змінює зображення на дисплеї залежно від показань датчиків. У кінцевому результаті це дає змогу користувачу відчувати себе, як у реальному світі.



Рис. 3.6. Спеціальні шоломи/окуляри

VR-окуляри – це спеціалізований пристрій, здатний симулювати різноманітні аудіовізуальні тривимірні простори. Складається він із пластикового корпусу, екрана із перегородкою та асферичних лінз, які й фокусують зображення. Ефект присутності створюється завдяки передачі адаптивної картинки на кожне око окремо.

Віртуальна реальність має безліч переваг у перерахованих сферах життя. По-перше, це переваги у найголовнішій сфері для життя людини –

медицині. За допомогою спеціальних програм віртуальну реальність почали використовувати у лікуванні різних захворювань (рис. 3.7). Так, мали місце випадки, коли люди могли навіть подолати свій страх їздити у ліфті, вони робили це у віртуальній реальності. Також коли люди страждають на головну біль, зазвичай, вони використовують медичні препарати, але були випадки, коли поглиблення у віртуальну реальність полегшувало біль і фантомні болі зникали.



Рис. 3.7. Застосування віртуальної реальності

Друга, не менш важлива сфера, – це освіта. Віртуальна реальність дозволяє учням краще та цікавіше вивчати щось нове, особливо через високу інтерактивність цієї технології. Так, на уроках географії можна опинитися у будь-якій країні світу за лічені хвилини, на уроках біології вивчати рослини зсередини, а на уроках астрономії подорожувати космосом. Також віртуальну реальність застосовують у архітектурі та дизайні. За допомогою цієї технології учні можуть побачити нереалізовані проекти "на власні очі".

Таким чином, віртуальна реальність створює новий світ, який нам доведеться підганяти під наш світ, але це завжди буде лише копія. Доповнена реальність додає в наш світ додаткові можливості та пояснення, й може перетворити навчання у цікаву гру.

3.6. Сутність нанотехнології

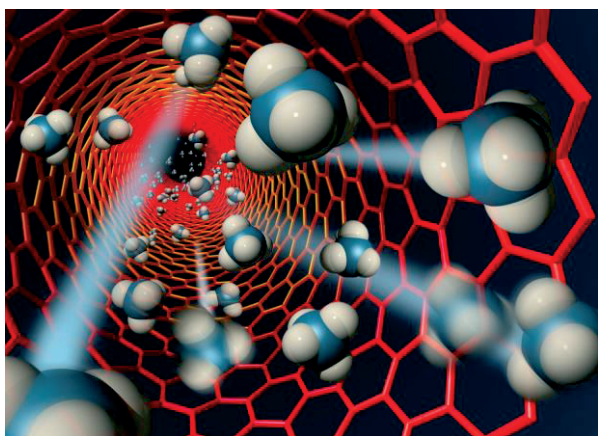
Термін "нанотехнологія" вперше було виголошено японським фізиком Норіо Танігучі в 1974 році. Він описував цим терміном процес створення об'єктів розміром в кілька нанометрів.

Нанотехнології – це сукупність процесів, що дозволяють створювати матеріали, пристрої та технічні системи, функціонування яких визначається наноструктурою, тобто її впорядкованими фрагментами розміром від 1 до 100 нм (10^{-9} м; атоми, молекули). Грецьке слово "нанос" приблизно означає "гном". При зменшенні розміру частинок до 100^{-10} нм і менш, властивості матеріалів (механічні, каталітичні та ін.) суттєво змінюються [90, 120].

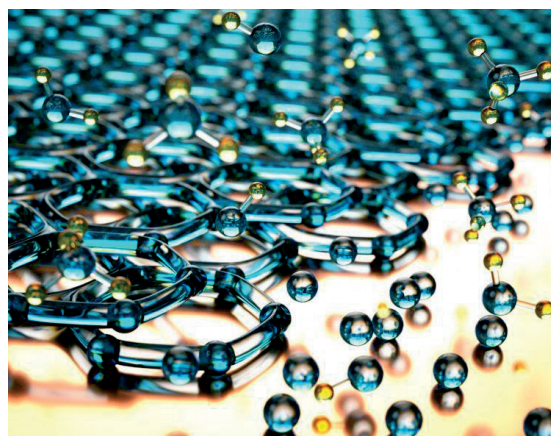
Розвиток нанотехнологій вважають найбільшою із інженерних інновацій із часів індустриальної революції. Зміни у виробництві на молекулярному рівні кардинально відображаються не лише на технологічних рішеннях, а й на суспільних відносинах, зокрема щодо відповідальності при введенні в глобальний обіг речовин і матеріалів з новими, особливими властивостями.

Нанотехнології застосовують у різних сферах діяльності. Мікроскопічні частинки, або як їх зараз прийнято називати наночастинки, можна синтезувати із різноманітних матеріалів. Розміри зазначених часток не перевищують 100 нм.

Найяскравішим і популярним прикладом використання наночасток і нанотехнологій є смартфони, планшети і різні кишенькові комп'ютери. Вражаючими прикладами є фарба, здатна змінювати свій колір, зубна паста з ефектом відновлення зубної емалі, лейкопластир із найтоншим срібним покриттям для кращого і швидшого загоєння ран і багато інших (рис. 3.8).



Нанотехнології в медицині



Наноматеріали і нанотехнології

Рис. 3.8. Приклади використання наночасток і нанотехнологій

Нанотехнологія – це міждисциплінарна область фундаментальної і прикладної науки і техніки, що має справу з сукупністю теоретичного обґрунтування, практичних методів дослідження, аналізу та синтезу, а та-

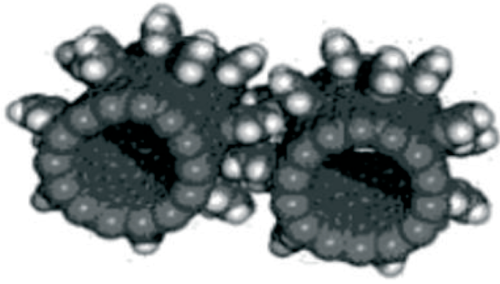
кож методів виробництва і застосування продуктів із заданою атомною структурою шляхом контрольованого маніпулювання окремими атомами і молекулами. *Нанотехнологія, нанонаука* – це наука і технологія колоїдних систем, це колоїдна хімія, колоїдна фізика, молекулярна біологія, вся мікроелектроніка.

Нанотехнології якісно відрізняються від традиційних дисциплін, оскільки на таких масштабах звичні, макроскопічні технології поводження з матерією часто непридатні, а мікроскопічні явища, зневажливо слабкі на звичних масштабах, стають набагато значніше: властивості та взаємодії окремих атомів і молекул або агрегатів молекул (наприклад, сили Ван-дер-Ваальса), квантові ефекти.

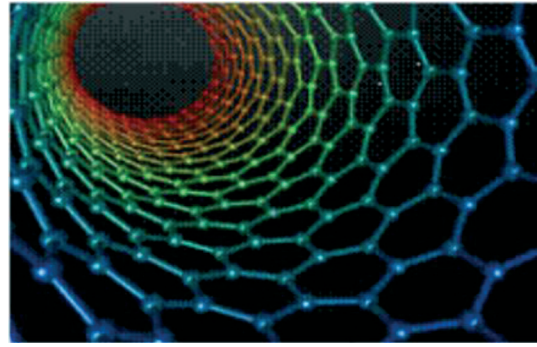
Нанотехнології і особливо молекулярна технологія нові, дуже мало досліджені дисципліни. Основні відкриття, що передбачаються в цій області, поки не зроблені. Однак, проведені дослідження вже дають практичні результати. Використання у нанотехнології передових наукових досягнень дозволяє відносити її до високих технологій.

Розвиток сучасної електроніки йде шляхом зменшення розмірів пристроїв. Із іншого боку, класичні методи виробництва підходять до свого природного економічного та технологічного бар'єру, коли розмір пристрою зменшується ненабагато, зате економічні витрати зростають експоненціально. Так, у 1965 році було можливим умістити на одному чіпі лише 30 транзисторів, а у 1971 році – уже 2 тисячі. Нині один чіп містить близько 40 млн. транзисторів величиною 130 – 180 нанометрів, і з'явилися повідомлення, що вдалося створити транзистор розміром в 90 нанометрів. Цей процес зробив складну електронну і комп'ютерну техніку доступною для більшості споживачів: у 1968 році один транзистор коштував у США \$1. Нині за ці гроші можна придбати 50 млн. транзисторів. Тому нанотехнології – наступний логічний крок розвитку електроніки та інших наукоємних виробництв.

Властивості наносистем багато в чому відрізняються від властивостей крупніших об'єктів, що складаються із тих самих атомів і молекул. Наприклад, наночастки платини набагато ефективніше очищають автомобільні вихлопи від токсичних забруднювачів, ніж звичні платинові каталізатори. Одношарові й багатшарові графітні циліндри нанометрової товщини, так звані вуглецеві нанотрубки, прекрасно проводять електрику і тому можуть стати заміною мідним дротам. Нанотрубки також дозволяють створювати композитні матеріали виняткової міцності й принципово нові напівпровідникові та оптоелектронні пристрої (рис. 3.9).



Шестерні молекулярного розміру
на основі нанотрубок



Погляд зсередини вуглецевих
нанотрубок

Рис. 3.9. Продукція нанотехнологій

На сучасному етапі нанотехнології використовують під час виробництва особливих сортів скла, на яких не осідає бруд (застосовують в автомобіле- і авіабудуванні), під час виробництва чорнил; для виробництва одягу, який неможливо забруднити і пом'яти та ін.

Оскільки *нанотехнологія* – міждисциплінарна наука, то для проведення наукових досліджень використовують одні й ті ж методи, що і "класичні" біологія, хімія, фізика. Одним із відносно нових методів досліджень у галузі нанотехнології є скануюча мікроскопія зондова (СМЗ). Зараз у дослідницьких лабораторіях використовують не тільки "класичні" зондові мікроскопи, а й СМЗ у комплексі з оптичними мікроскопами, електронними мікроскопами, спектрометрами комбінаційного (раманівського) розсіювання і флуоресценції. Тому важливо розглянути конкретні розроблення у галузі нанотехнологій.

Центральні процесори. 15 жовтня 2007 року компанія Intel заявила про розробку нового прототипу процесора, що містить найменший структурний елемент розмірами приблизно 45 нм. Надалі компанія має намір досягти розмірів структурних елементів до 5 нм. Основний конкурент Intel, компанія AMD, також давно використовує для виробництва своїх процесорів нанотехнологічні процеси, розроблені спільно із компанією IBM.

Скануючий зондовий мікроскоп – мікроскоп високої роздільної здатності, заснований на взаємодії голки кантильовери (зонда) із поверхнею досліджуваного зразка. Зазвичай, під взаємодією розуміють тяжіння або відштовхування кантильовери від поверхні завдяки силам Ван-дер-Ваальса. Але при цьому можна вивчати й електричні та магнітні властивості поверхні. СЗМ може досліджувати як провідні, так і непровідні поверхні навіть через шар рідини, що дозволяє працювати з органічними молекулами (ДНК). Просторова роздільна здатність скануючих зондових мікроскопів залежить

від характеристик використовуваних зондів. Дозвіл досягає атомарного по горизонталі та суттєво перевищує його по вертикалі.

Антенна-осцилятор. 9 лютого 2005 року в лабораторії Бостонського університету було отримано антену-осцилятор розмірами порядку 1 мкм. Цей пристрій нараховує 5 000 мільйонів атомів і здатний осцилювати з частотою 1,49 гігагерц, що дозволяє передавати з його допомогою величезні обсяги інформації.

Молекулярні ротори – синтетичні нанорозмірні двигуни, здатні генерувати крутний момент за умови підводу до них достатньої кількості енергії (рис. 3.10).

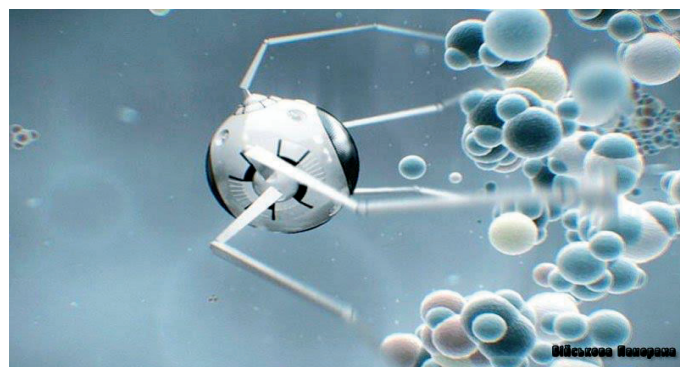
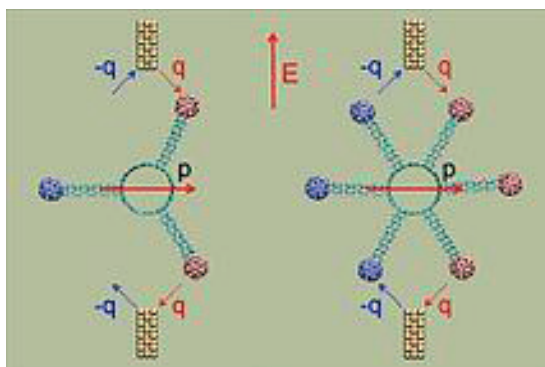


Рис. 3.10. Молекулярні ротори

Рис. 3.11. Наноробот у медицині

Нанороботи – це роботи, створені з наноматеріалів і розміром, співставним із молекулою, що мають функції руху, оброблення і передачі інформації, виконання програм. Нанороботи, які здатні створювати свої копії, тобто самовідтворення, називають реплікаторами.

Молекулярні пропелери – це нанорозмірні молекули у формі гвинта, здатні здійснювати обертові рухи завдяки своїй спеціальній формі, аналогічній формі макроскопічного гвинта.

Нанотехнології використовуються при виготовленні цифрових відеодисків. У галузі медицини можливе створення роботів-лікарів, здатних "жити" всередині людського організму й усувати усі виникаючі ушкодження, або запобігати їх виникненню (рис. 3.11). Теоретично нанотехнології здатні забезпечити людині фізичне безсмертя завдяки тому, що наномедицина зможе нескінченно регенерувати клітини, що відмирають. Вже у найближчому майбутньому з'являться медичні пристрої, розміром із поштову марку. Їх достатньо накласти на рану і цей пристрій самостійно проведе аналіз крові, визначить, які медикаменти необхідно використовувати і впорсне їх у кров.

Очікується, що вже у 2025 році з'являться перші роботи, створені на основі нанотехнологій. Теоретично можливо, що вони зможуть конструювати із готових атомів будь-який предмет. Також нанотехнології спроможні зробити революцію в сільському господарстві: молекулярні роботи здатні будуть готувати їжу, замінивши сільськогосподарські рослини і тварин. Наприклад, теоретично можливо виробляти молоко безпосередньо із трави, минаючи проміжну ланку – корову. Нанотехнології здатні також стабілізувати екологію планети. Нові види промисловості функціонуватимуть без відходів, що отруюють планету, а нанороботи зможуть знищувати наслідки старих забруднень.

Неймовірні перспективи відкриваються у галузі інформаційних технологій. Нанороботи здатні втілити в життя мрію фантастів відносно колонізації інших планет – ці пристрої зможуть створити на них середовище, придатне для життя людини (рис. 3.12).

Приклади нанотехнологій сьогодні



- Випуск DVD-дисків** - матриця для виробництва цих дисків.
- Випуск мікропроцесорів** для мобільних комунікаторів.
- Створення **зброї** нового покоління.
- Створення срібних нанопокриттів**, знищують 99,9% мікробів.
- Косметика** - наночастинки запобігають різні алергічні реакції, затримують потрапляння в пори пилу.
- Одяг** - нові полімерні матеріали з нанопорами, які в 20 разів краще зберігають тепло.
- Спорт** - так, нанопокриття для тенісних м'ячів допомагає краще долати опір повітря.
- Фарба** з додаванням наноматеріалів зменшує ймовірність налипання будь-якої бруду на поверхні.

Рис. 3.12. Практичні розроблення у галузі нанотехнологій

Таким чином, можна стверджувати, що настала ера нанотехнологій, відбувся перехід від роботи із речовиною до оперування окремими атомами.

Існують три напрями розвитку нанотехнологій, які тісно пов'язані між собою:

- виготовлення електронних схем (у тому числі об'ємних) із активними елементами, чиї розміри порівняні з розмірами одиничних молекул або атомів;
- розроблення та виготовлення наномашин, тобто механізмів-роботів величиною із молекулу, використання яких відкриває перед людством небачені перспективи;
- безпосередня маніпуляція атомами і молекулами та складання із них всіляких матеріалів (як будівля збирається із цегли).

Зараз нанотехнологія практично проникла в усі галузі науки і техніки: фізику, хімію, матеріалознавство, біологію, медицину, екологію, сільське господарство та ін. Прогнозується, що нанотехнології і наноречовини здатні перебудувати усі галузі промислового виробництва, привести до нової науково-технічної революції та вплинути на розвиток соціальної структури суспільства.

Так, нанотехнології здатні стабілізувати екологічне становище. По-перше, завдяки насиченню молекулярними роботами-санітарами, які перетворюють відходи діяльності людини у вихідну сировину, а по-друге, завдяки застосуванню у промисловості й сільському господарстві безвідходних нанотехнологічних методів. Наприклад, у перспективі наноматеріали дозволять багаторазово знизити вартість автомобільних каталітичних конверторів, що очищають вихлопи від шкідливих домішок, оскільки завдяки їх застосуванню можна в 15 – 20 разів знизити витрату платини та інших цінних металів, які використовують у цих приладах.

Перспективними напрямками екології є використання фільтрів і мембран на основі наноматеріалів для очищення води і повітря, опріснення морської води. Також ефективним є використання різних сенсорів для швидкого біохімічного визначення хімічного і біологічного впливів, синтез нових екологічно чистих матеріалів, біосумісних і біодеградіруємих полімерів, створення нових методів утилізації та переробки відходів. Крім того, суттєве значення має перспектива застосування нано-препаративних форм на основі бактеріородопсина. Так, дослідження, проведені із натуральними зразками ґрунтів, уражених радіаційно і хімічно (у тому числі й чорнобильськими), показали можливість відновлення їх за допомогою розроблених препаратів до природного стану мікрофлори і плодоносності за 2,5 – 3 місяці за умов радіаційних уражень і за 5 – 6 місяців за умов хімічних уражень.

Стратегічним завданням є розроблення батарей високої ємності, які дозволять забезпечити рух електромобілів на значні дистанції, а також зможуть гарантувати більш економічні режими роботи поновлюваних джерел енергії, таких як сонячні батареї і вітроенергетичні установки шляхом акумулювання надлишків енергії (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Батареї високої ємності

Освоєно виготовлення супутників наноприладів до 20 кілограм. Створена система мікросупутників. Вона менш вразлива при спробах її знищення. Одна справа збити на орбіті супутник масою у кілька сот кілограмів, а то і тонн, відразу вивівши із ладу весь космічний зв'язок або розвідку, а інша – коли на орбіті знаходиться цілий рій мікросупутників. Виведення із ладу одного із них у цьому випадку не порушить роботу системи в цілому. Відповідно, можуть бути знижені вимоги до надійності роботи кожного супутника.

Нанотехнології і наноматеріали дозволяють на два порядки знизити масу і габарити приладів, що виводяться у космос. Наприклад, міцність наноікеля у 6 разів вище, що дає можливість при використанні його у ракетних двигунах зменшити масу сопла на 20 – 30 %. Зменшення маси космічної техніки вирішує безліч завдань: подовжує термін перебування апарата у космосі, дозволяє йому літати на більші відстані та нести більше будь-якої корисної апаратури для проведення досліджень. Одночасно вирішується завдання енергозабезпечення. Тому мініатюрні космічні апарати скоро будуть застосовувати для вивчення багатьох явищ, наприклад, впливу сонячних променів на процеси, які відбуваються на Землі та у навколосемному просторі.

3.7. Робототехніка

У світі сучасних технологій нас все більше оточує робототехніка, яка є важливою частиною сучасного світу. У повсякденному житті людина використовує величезну кількість технічних пристроїв: мобільні телефони, пральні машини, комп'ютерну техніку тощо, які, за суттю, є роботами.

Робот – це автоматичний пристрій, що імітує рухи і дії людини, це механічні помічники людини, здатні виконувати операції за закладеною в них програмою та реагувати на оточення.

Із кожним роком наука розвивається і це приводить до дуже швидкого удосконалення роботів.

Робототехніка – це прикладна наука, що займається розробкою автоматизованих технічних систем і є найважливішою технічною основою розвитку виробництва [40, 49].

Поняття "робототехніка" належить Айзеку Азімову, вперше воно з'явилося в 1941 році.

Мета *робототехніки* – розробляти програмування для контрольованої співпраці електроніки і механіки роботів.

Робототехніка спирається на такі дисципліни, як електроніка, механіка, кібернетика, телемеханіка, мехатроніка, інформатика, радіотехніка і електротехніка. Розглядають будівельну, промислову, побутову, медичну, авіаційну та екстремальну (військову, космічну, підводну) робототехніку. Тому важливо провести аналіз основних видів роботів.

Промислові роботи

На виробництві роботи успішно використовують вже протягом десятиліть. Вони успішно замінюють людину під час виконання рутинних, енергомістких та небезпечних операцій. Роботи не втомлюються, їм не потрібні паузи на відпочинок, вода та їжа. Як правило, промислові роботи не мають штучного інтелекту. Типовим є повторення тих самих переміщень маніпулятора за жорсткою програмою.

Значних успіхів досягнуто, наприклад, у застосуванні роботів на конвеєрах автомобільних заводів (рис. 3.14). Вже існують плани підприємств автомобільної промисловості, де всі процеси складання автомобілів та транспортування напівфабрикатів здійснюватимуть роботи, а люди лише їх контролюватимуть. Поява верстатів із числовим програмним управлінням привела до створення програмованих маніпуляторів для різноманітних операцій із завантаження та розвантаження верстатів.

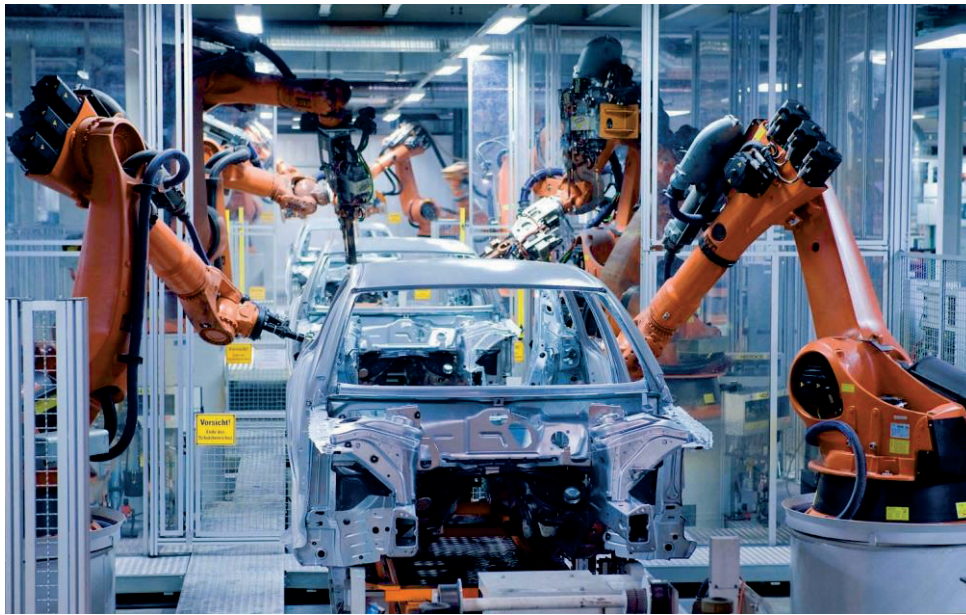


Рис. 3.14. Роботизоване виробництво

У атомній та хімічній промисловості роботи широко використовують при виконанні робіт у радіоактивних та хімічно небезпечних для людини середовищах.

У промисловості всіх країн світу у 2016 році використали 1,8 млн. штук роботів, а у 2020 році їх кількість перевищила 3,5 млн. штук.

Поява у 1970-х роках мікропроцесорних систем управління та заміна спеціалізованих пристроїв управління на програмовані контролери дозволили знизити вартість роботів у три рази, зробивши рентабельним їх масове впровадження у промисловість. Цьому сприяли об'єктивні передумови розвитку промислового виробництва.

Незважаючи на високу вартість, чисельність промислових роботів у країнах із розвиненим виробництвом швидко зростає. Основна причина масової роботизації полягає у тому, що роботи виконують складні виробничі операції на протязі 24 годин на добу із високою якістю продукції, що випускається. Роботи не схильні до впливу температури навколишнього середовища або впливу газів, або викидів агресивних речовин, небезпечних для життя людини.

Роботи у медицині

Зараз роботи отримують все більше застосування у медицині, зокрема, розробляються різні моделі хірургічних роботів (рис. 3.15).

Ще у 1985 році робот Unimation Puma 200 був використаний для позиціонування хірургічної голки при виконанні біопсії головного мозку, що проводилася під управлінням комп'ютера. У 1992 році розроблений у Ім-

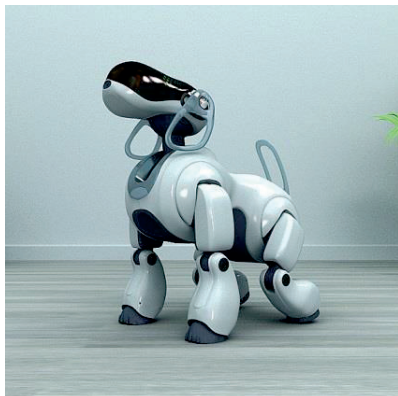
перському коледжі Лондона робот ProBot вперше здійснив операцію на передміхуровій залозі, поклавши початок практичній роботизованій хірургії.



Рис. 3.15. Застосування роботів у медицині

Побутові роботи

Одним із перших прикладів вдалої масової промислової реалізації побутових роботів стала механічна собачка Aibo корпорації Sony (рис. 3.16).



Робот собачка Aibo



Робот-пилосос

Рис. 3.16. Побутові роботи

У вересні 2005 року у вільний продаж вперше надійшли перші людиноподібні роботи "Вакамару" виробництва фірми Mitsubishi. Робот вартістю \$15 тис. здатний розпізнавати обличчя, розуміти деякі фрази, давати довідки, виконувати деякі секретарські функції, стежити за приміщенням.

Все більшої популярності набирають роботи-прибиральники (за своєю сутністю це автоматичні пилососи), здатні самостійно прибрати у квартирі та повернутися на місце для підзарядки без участі людини.

Бойові роботи

Бойовим роботом називають автоматичний пристрій, що замінює людину в бойових ситуаціях або при роботі в умовах, несумісних із можливостями людини, у військових цілях (розвідка, бойові дії, розмінування та ін.).

Бойовими роботами є не тільки автоматичні пристрої із антропоморфною дією, які частково або повністю замінюють людину, але й діючі у повітряному і водному середовищі, що не є місцем існування людини (авіаційні безпілотники із дистанційним управлінням, підводні апарати та надводні кораблі), рис. 3.17.



Рис. 3.17. **Авіаційний безпілотник із дистанційним управлінням**

У даний час більшість бойових роботів є пристроями телеприсутності й лише далеко не всі моделі мають можливість виконувати деякі завдання автономно, без втручання оператора.

Набули поширення у військах роботи, що літають. На початок 2012 року військові в усьому світі використали близько 10 тисяч наземних і 5 тисяч роботів, що літають; 45 країн світу розробили або закупили військові роботи.

Роботи-вчені

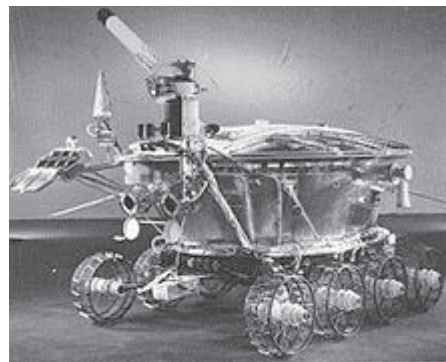
До роботів-вчених можна віднести роботи, за допомогою яких досліджували вентиляційні шахти Великої Піраміди Хеопса. Із їх допомогою були відкриті так звані "Дверки Гантенбрінка" і так звані "Ніші Хеопса".

Система пересування

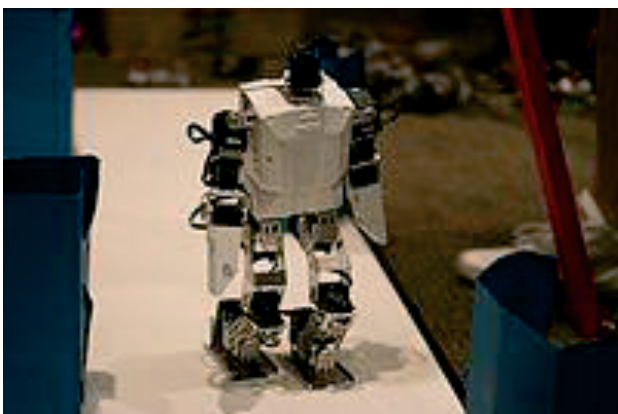
Для пересування відкритою місцевістю найчастіше використовують роботи на колісному або гусеничному ході (прикладомі подібних роботів можуть служити Warrior і PackBot). Для нерівних поверхонь створюють гібридні конструкції, що поєднують колісний або гусеничний хід зі складною кінематикою руху коліс. Таку конструкцію було застосовано на місяцеході. Рідше використовують крокуючі системи (прикладомі подібних роботів можуть служити BigDog і Asimo), рис. 3.18.



Робот на гусеничному ході



Лунохід-1 на колісному ході



Крокуючий робот, зібраний з набору Robotis Bioloid



Роботи BigDog і Asimo

Рис. 3.18. Системи пересування

Також відомі роботи, що використовують способи руху живих організмів – змій, черв'яків, риб, птахів, комах та інших типів роботів біонічного походження (рис. 3.19).

Система розпізнавання образів

Системи розпізнавання вже здатні визначати прості тривимірні предмети, їх орієнтацію і композицію у просторі, а також можуть добудувати відсутні частини, користуючись інформацією із своєї бази даних (наприклад, збирати конструктор Lego).

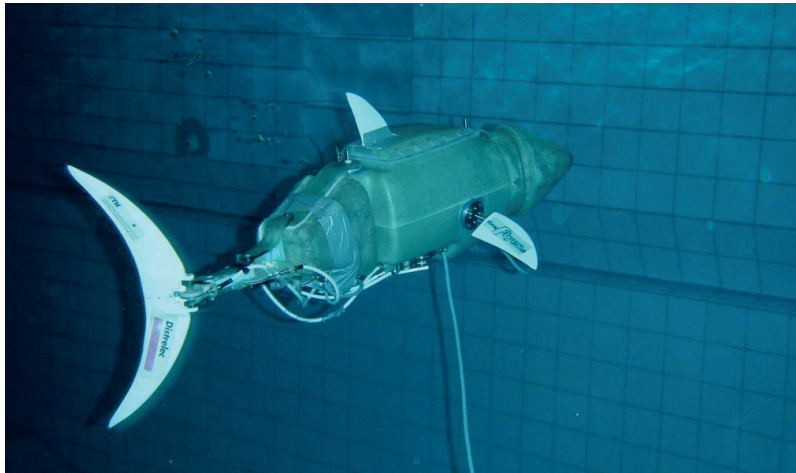


Рис. 3.19. Робот біонічного походження

Двигуни

У даний час в якості приводів зазвичай використовують двигуни постійного струму, крокові електродвигуни та сервоприводи.

Існують розробки двигунів, що не використовують у своїй конструкції моторів: наприклад, технологія скорочення матеріалу під дією електричного струму (або поля), яка дозволяє домогти більш точної відповідності руху робота натуральним плавним рухам живих істот.

Математична база

Окрім нейромережевих технологій, які широко застосовуються, існують алгоритми самонавчання взаємодії робота із навколишніми предметами у реальному тривимірному світі. Так, робот собачка Aibo під керуванням таких алгоритмів пройшов ті ж стадії навчання, що і новонароджене немовля, самостійно навчившись координувати рухи своїх кінцівок і взаємодіяти із навколишніми предметами (брязкальцями у дитячому манежі). Це дає ще один приклад математичного розуміння алгоритмів роботи вищої нервової діяльності людини.

Навігація

Системи побудови моделі навколишнього простору з ультразвуку або скануванням лазерним променем широко використовують у гонках роботизованих автомобілів (які вже успішно і самостійно проходять реальні міські траси і дороги на пересіченій місцевості із урахуванням перешкод, що несподівано виникають).

Зовнішній вигляд

У Японії не припиняють розроблення роботів, що мають зовнішній вигляд, який, на перший погляд, не відрізняється від людського. Розвивається техніка імітації емоцій і міміки "особи" роботів (рис. 3.20).

У червні 2009 року вчені Токійського університету представили людиноподібного робота "KOBIAN", здатного виражати свої емоції – щастя, страх, здивування, смуток, гнів, відраза – за допомогою жестів і міміки.

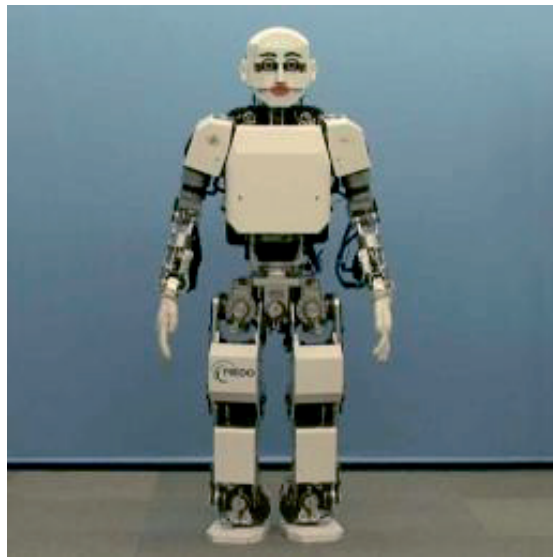


Рис. 3.20. Людиноподібний робот "KOBIAN"

Робот здатний відкривати і закривати очі, рухати губами і бровами, використовувати руки і ноги.

Таким чином, робототехніку застосовують абсолютно в усіх сферах і професіях: у промисловості, медицині, космосі, на війні, у побуті. У недалекому майбутньому роботи можуть замінити багато професій людини взагалі. Це полегшить наше життя, зробить його більш комфортним та доступним. Роботи завжди будуть потрібні людям із обмеженими можливостями, а також тим людям, чиї професії пов'язані з ризиком. Із кожним роком робототехніка вдосконалюється і розвивається. Але все ж штучний інтелект не зрівняється із людським, оскільки створюють його люди.

3.8. Сутність 3D-технології

Адитивні технології (3D-друк) – це одна із форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (друку, вирощування) за даними цифрової моделі. Друк здійснюється спеціальним пристроєм – *3D-принтером*, який забезпечує створення фізичного об'єкта шляхом послідовного накладання пластичного матеріалу на основі віртуальної 3D-моделі. 3D-принтери, як правило, швидші, більш доступні та простіші у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва. 3D-принтери пропо-

нують розробникам продукції можливість друку деталей і механізмів із декількох матеріалів та із різними механічними й фізичними властивостями за один процес складання [100].

Аддитивні технології або технології пошарового синтезу, 3D-друк – сьогодні один із найбільш динамічних напрямів "цифрового" виробництва. Проведений економіко-правовий аналіз показав, що вони дозволяють значно прискорити виконання НДДКР і вирішення задач підготовки виробництва, виготовлення продукції. Технології можуть збільшити в середньому на 23% прибутковість виробництва окремої одиниці продукції і зменшити бар'єри для організації виробництва на 90%. 3D-друк здатний здійснити революцію в багатьох сферах життя. За динамікою розвитку ринок адитивних технологій випереджає інші галузі виробництва [1].

3D-друк часто називають "магічною" технологією, оскільки він дозволяє перетворювати отримані за допомогою CAD-систем готові вироби. У реальності процес 3D-друку вимагає також багато ручної праці, що включає попередню підготовку і подальшу обробку надрукованих деталей для досягнення їх бажаної якості. Із 2003 року спостерігається значне зростання у продажі 3D-принтерів, їх вартість постійно зменшується. Ця технологія також знаходить застосування у сфері виробництва ювелірних виробів, взуття (рис. 3.21), промислового дизайну, архітектури, проектування та будівництва в атомній, автомобільній, аерокосмічній, стоматологічній та інших галузях. Наприклад, за допомогою 3D-принтерів домашнього користування виготовляють макети, різні дрібні моделі. В медицині на основі тривимірного друку розробляють інновації біомедичного друку (виготовлення штучних людських органів і тканин тіла).

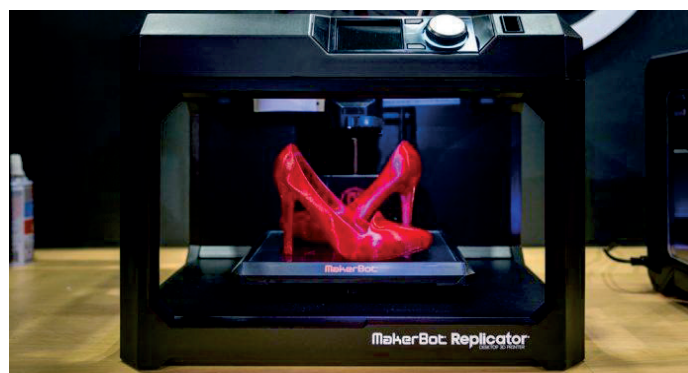


Рис. 3.21. 3D-принтер для виробництва взуття

На середину 2010-х рр. стала доступною велика кількість конкуруючих технологій, що дозволяють створити 3D-модель. Їхні основні відмінності стосуються етапу побудови шарів при створенні деталі. Деякі

технології використовують плавлення або розм'якшення матеріалу для виробництва шарів (SLS, FDM), інші використовують рідкі матеріали, які твердіють за різними принципами.

Адитивні технології (AM-технології) розрізняють за:

- методом фіксації шару: фотополімеризація, сплавлення, склеювання;
- типом конструктивних матеріалів: рідкі, сипучі, ниткоподібні чи пруткові, листові або плівкові;
- ключовою технологією: лазерні, нелазерні.

За класифікацією стандарту ASTM F2792/1549323-1 адитивні технології поділено на 7 категорій:

1. Material Extrusion – видавлювання матеріалів або пошарове нанесення розплавленого конструкційного матеріалу через екструдер.
2. Material Jetting – розбризкування або пошарове струменеве нанесення конструкційного матеріалу.
3. Binder Jetting – розбризкування або пошарове струменеве нанесення зв'язуючого матеріалу.
4. Sheet Lamination – з'єднання листових матеріалів або пошарове формування виробу з листових конструкційних матеріалів.
5. Vat Photopolymerization – фотополімеризація у ванні або пошарове затвердження фотополімерних смол.
6. Powder Bed Fusion – розплавлення матеріалу в попередньо сформованому шарі або послідовне формування шарів порошкових конструкційних матеріалів і вибіркоче (селективне) спікання частин конструкційного матеріалу.
7. Directed Energy Deposition – прямий підвід енергії безпосередньо в місце конструювання або пошарове формування виробу методом внесення конструктивного матеріалу безпосередньо в місце підведення енергії.

AM-технології сьогодні – це галузь матеріального виробництва, що найбільш динамічно розвивається та дозволяє отримувати нові властивості виробів, економити час та матеріали в процесі їх виготовлення.

Характерною тенденцією останніх років є постійне зростання асортименту та кількості деталей, що виготовляються за адитивними технологіями. Особливо важливим є прогрес у найбільш важкому та інноваційному секторі AM-технологій – "вирощуванні" виробів із металу. Наприклад, компанія "Боїнг" десятками тисяч виготовляє сотні найменшуваних деталей для військових та комерційних літаків, а компанія "Дженерал

Електрик" планує протягом 5 ... 10 років наростити обсяги виробництва АМ-технологіями та досягнути виготовлення приблизно половини деталей енергетичних турбін та авіадвигунів цими методами.

Перехід на цифрове описання виробу – CAD і використання АМ-технології здійснив кардинальні зміни у ливарному виробництві. Отримання ливарних синтез-форм та синтез-моделей шляхом пошарового нарощування суттєво скоротило термін створення першого дослідного зразка деталі. Наприклад, термін створення блоку циліндрів автомобільного двигуна традиційними методами становить близько 6 місяців. Основний час витрачається на створення модельного оснащення. Використання АМ-технології для "вирощування" ливарної моделі скорочує термін отримання першої відливки блоку циліндрів до двох тижнів, тобто в 10 ... 15 разів.

Окрім суттєвого скорочення часу, перевагами методу є раціональне використання матеріалів. При виготовленні деталей складної форми традиційними методами відношення маси використаного матеріалу до готового виробу може сягати 15 ... 20 разів. Застосування адитивних технологій для виготовлення аналогічних деталей дозволяє звести цей показник до 1,5 ... 2,0.

Машина, які за адитивними технологіями створюють деталі з металу, – це вершина інженерного мистецтва, адже в них сконцентровано найпередовіші знання з металургії, лазерної техніки, оптики, електроніки, систем управління, вимірювальних пристроїв, механіки, вакуумної техніки та інших.

Використання адитивних технологій дозволяє втілити в життя найвибагливіші ідеї конструктора, створити якісно нові машини та досягнути суттєвого прогресу в машинобудуванні.

Області використання 3D-технології

Розглянемо технології у конструюванні та прототипуванні.

Для швидкого прототипування, тобто швидкого виготовлення прототипів моделей і об'єктів для подальшого доведення, вже на етапі проектування можна кардинально змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому. У інженерії такий підхід здатний суттєво знизити витрати у виробництві та освоєнні нової продукції [26].

Технології застосовують у промисловості для швидкого виробництва, наприклад, виготовлення готових деталей із матеріалів, які підтримуються 3D-принтерами. Це важливе рішення для малосерійного виробництва.

Технології застосовують для виробництва складних, масивних, міцних і, головне, малокоштовних систем. Прикладом є безпілотний літак Polecat компанії Lockheed, велику частину деталей якого було виготовлено методом швидкісного тривимірного друку.

Технології знайшли застосування для виготовлення ракетних двигунів та космічних ракет. Технології також застосовують для виготовлення моделей і форм для ливарного виробництва.

Способи та принципи друку.

3D-друк можна здійснювати різними способами та із використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого із них лежить принцип пошарового створення (вирощування) твердого об'єкта.

Застосовують дві принципові технології – це *лазерна та струменева технології*.

Лазерний друк – це коли ультрафіолетовий лазер поступово, піксель за пікселем, засвічує рідкий фотополімер, або фотополімер засвічується ультрафіолетовою лампою через фотошаблон, мінливий із новим шаром. При цьому він твердне і перетворюється на міцний пластик.

Лазерне спікання – при цьому лазер випалює в порошок з легкосплавного пластику, шар за шаром, контур майбутньої деталі. Після цього зайвий порошок струшують із готової деталі.

Ламінування – деталь створюють із великої кількості шарів робочого матеріалу, які поступово накладають один на одного і склеюють. При цьому лазер вирізає в кожному шарі контур перерізу майбутньої деталі.

Струменеві технології

Застигання матеріалу при охолодженні – роздавальна голівка видавлює на охолоджувану платформу-основу краплі розігрітого термопластика. Краплі швидко застигають і злипаються між собою, формуючи шари майбутнього об'єкта.

Полімеризація фотополімерного пластику під дією ультрафіолетової лампи – цей спосіб схожий на попередній, але пластик твердне під дією ультрафіолету.

Склеювання або спікання порошкоподібного матеріалу – те ж саме що і лазерне спікання, лише порошок склеюється клеєм, що надходить із спеціальної струменевої голівки. При цьому можна відтворити забарвлення деталі, завдяки використанню сполучних речовин різних кольорів.

Програми створення 3D-моделей

Після створення 3D-моделі використовують САПР або CAD-системи, що підтримують управління 3D-друком.

Технології швидкого прототипування

Стереолітографія (Stereolithography – SL). Під дією керованого комп'ютером ультрафіолетового випромінювання відбувається затвердіння шару завтовшки у декілька сотих міліметра. При цьому платформа із майбутньою деталлю опускається вниз і знову покривається рідиною. Далі все повторюється і в результаті ультрафіолетовий промінь "малює" об'ємну фігуру. Переваги технології: відносно точний процес, висока деталізація деталей, гладка поверхня вихідної деталі. Недоліки технології: обмежений набір матеріалів, які фізично можна використовувати у процесі та неможливість створення кольорових моделей. Вартість установок сягає 40 – 60 тисяч доларів США.

Селективне лазерне спікання (Selective Laser Sintering – SLS). Сутність технології полягає у пошаровому спіканні лазерним променем порошкового матеріалу. У робочій камері його попередньо підігрівають, майже до температури плавлення. Після розрівнювання порошку на поверхні зони оброблення, лазером (як правило, це вуглекислотний лазер) спікають потрібний контур. Далі насипають новий шар, розрівнюють, і процес повторюють. Готову модель виймають із камери, а надлишки порошку видаляють. Цю технологію використовують такі компанії, як DTM корпорації і EOS.

Переваги технології: широкий спектр недорогих і нетоксичних матеріалів (порошкові полімери, ливарний віск, нейлон, кераміка, металеві порошки), низькі деформації та напруження, можливість одночасно виготовляти відразу кілька моделей в одній камері. Недоліки технології: менш точний процес, груба вихідна поверхня, неможливо створювати кольорові моделі.

Цей вид друку застосовують при роботі з такими матеріалами, як метал, полімер, глауконітовий пісок. Вартість таких установок становить близько 400 тис. доларів США. Вони наразі представлені й в Україні.

Моделювання плавленням (Fused Deposition Modeling – FDM). Основною частиною принтера, що з'явився на ринку у 1991 р., є екструдована голівка. У ній матеріал (ливарний віск або пластик, що надходять із котушок) нагрівають до температури плавлення і подають у зону друку. Головка переміщається, синтезуючи певний шар моделі. Потім платформа опускається, створюється новий шар тощо.

Переваги технології: легкість перебудови із одного нетоксичного матеріалу на інший, низькі витрати і досить висока продуктивність, малі температури переробки, а також мінімальне втручання оператора у

функціонування обладнання, можливість створення кольорових моделей, відносно точний процес.

Недоліки технології: між шарами утворюються шви; головка екструдера повинна постійно рухатися, інакше матеріал застигне і засмітить її; можливе розшарування у разі температурних коливань протягом циклу обробки; груба вихідна поверхня. Орієнтовна вартість FDM-принтера 50 – 220 тис. доларів США.

Друк FDM застосовують для наступних видів пластику:

- ABS-пластик (похідна нафти, термопластична смола);
- PLA-пластик (полі-молочна кислота, виготовляється із зерна);
- HIPS-пластик (удароміцний полістирол);
- PC-пластик (матеріал наповнений вуглецевим волокном, твердий полімер, здатний пропускати світло);
- Laywoo-D3 (полімер);
- Laybrick (імітує текстуру пісчаника);
- PVA: PVAc і PVAI (добре поглинають вологу, можуть розчинятися у воді, використовують для покращення друку основним пластиком);
- нейлон (легкий та гнучкий пластик).

Етапи друку із застосуванням технології FDM:

- моделювання виробу, додавання необхідних текстур;
- друк плавленим пластиком шляхом екструзії (видавлювання);
- постоброблення: за допомогою ацетону поверхня виробу стає гладкою.

Пошарове формування об'ємних моделей із листового матеріалу (Laminated Object Manufacturing – LOM). LOM-технологію винайде-но Михайлом Фейгеном у 1985 р., а сьогодні на її основі виготовляють промислові установки такі фірми, як Helisys, Paradigm і Sparx AB. Листовий матеріал (папір, пластик, кераміка, композити або поліестер) розкріюють за заданим контуром за допомогою лазера (можна одночасно розкрити більше одного аркуша, проте точність при цьому зменшується). Потім нагрівають валик, який здійснює склеювання шарів. У разі помилки у процесі синтезу об'ємного виробу частину шарів можна видалити.

Переваги технології: LOM-установки, для яких орієнтовна вартість коливається у межах 90 – 250 тис. доларів США, дозволяють застосовувати широкий діапазон малокоштовних листових матеріалів і синтезувати моделі з мінімальними деформаціями завдяки відсутності фізико-

хімічних перетворень. Недоліки технології: із-за того, що лазер не завжди повністю прорізає лист, ускладнюється видалення відходів і навіть не виключено пошкодження деталей, а властивості матеріалу можуть змінюватися. Шорстку поверхню виробу важко обробляти із-за можливості розшарування, в робочому приміщенні необхідна вентиляція.

Струменева полімеризація (Polyjet and Ployjet Matrix). У процесі друку на площину побудови згідно із програмним алгоритмом блоком друкуючих головок наносять рідкий фотополімер. Блок складається із 8 головок – це 768 сопел малого діаметра, що здатні створювати близько 16 млн. крапель на хвилину. На друкуючій голівці розміщено дві ультрафіолетові (УФ) лампи, які замінюють лазер у SLA-установках. Після нанесення фотополімер полімеризують під дію УФ світла. Цим завершують побудову одного шару. Далі площину побудови зміщують на дуже малий рівень і головки створюють наступний шар.

Зараз існують дві платформи обладнання: Іден (англ. *Eden*) та Коннекс (англ. *Connex*). Іден підтримує технологію побудови моделей PolyJet, а Коннекс – технологію PolyJet_Matrix.

Переваги технології: мала товщина шару в 16 мікрон задовольняє навіть ювелірів, які мають підвищені вимоги до деталізації моделей. Як наслідок малої товщини – криволінійність поверхонь. Гладкість висока, роздільна здатність друку 600×600 крапок на дюйм. Точність виготовлення моделей до 0,1 мм. Можливість виготовляти вертикальні перегородки із товщиною до 0,4 мм, хоча виробником заявляються 0,6 мм. Дуже висока швидкість виготовлення моделей. Недоліки: отримують менш міцний матеріал.

3.9. Штучний інтелект

Штучний інтелект (ШІ) – це здатність механічної системи отримувати, обробляти та застосовувати отримані знання та вміння. Основною метою його створення на початку була допомога людині при здійсненні певної роботи, аби полегшити її, або взагалі замінити, економлячи при цьому час. Так були створені обчислювальна техніка, винаходи у сфері мореплавства, промисловості. Комп'ютерні технології та мобільний зв'язок змінили світ [37].

Штучний інтелект сьогодні – це здатність машин і програм аналізувати отриману інформацію, робити висновки, приймати на їхній основі рішення. Ключова характеристика ШІ-пристроїв – вміння постійно навча-

- ШІ не потрібен сон і перерва на обід, він не допускає помилок через перевтому;
- використовувати штучний інтелект можна там, де людині небезпечно перебувати.

Використання машин, які навчаються, і програм може значно скоротити час, фінансові витрати і сприяти продуктивності праці. Наприклад, за допомогою штучного інтелекту, який вміє діагностувати хворого, лікарі зможуть більш точно ставити діагнози і витратити на кожного з пацієнтів менше часу.

Штучний інтелект застосовують у багатьох сферах: медицині, фінансах, промисловості, торгівлі та побуті людини.

Сьогодні під штучним інтелектом розуміють "машини, які реагують на стимуляцію, що відповідає традиційним реакціям людей, враховуючи здатність людини до споглядання, судження і намірів". Такі системи мають три якості, які визначають сутність і характеристики штучного інтелекту – це намір, інтелект і адаптивність.

Намір (цінності)

Алгоритми штучного інтелекту призначені для прийняття рішень, часто використовуючи дані реального часу. Вони відрізняються від пасивних машин, що здатні лише механічно або заздалегідь визначити відповідь. Використовуючи датчики та цифрові дані, вони поєднують інформацію з різних джерел, миттєво аналізують матеріал і діють на основі інформації, отриманої з цих даних. Тому вони мають певні наміри і цілі.

Наприклад, як відбувається управління безпілотними автомобілями. Автономні транспортні засоби оснащено дистанційними датчиками, які збирають інформацію з оточення транспортного засобу. Використовують радар, щоб побачити об'єкти попереду і навколо транспортного засобу та прийняти миттєві рішення щодо наявності об'єктів, відстаней і загроз автомобілю зіткненням. Бортові комп'ютери об'єднують цю інформацію з датчиками даних, щоб визначити, чи є якісь небезпечні умови, або транспортний засіб повинен змінити смугу, або він повинен сповільнитися або повністю зупинитися. Весь матеріал аналізується негайно, щоб уникнути аварійного стану і тримати автомобіль в правильному напрямку.

Завдяки масовим вдосконаленням систем зберігання даних, швидкості обробки і аналітичних методів, ці алгоритми, очевидно, здатні до величезної складності в аналізі та прийнятті рішень.

Аналогічні алгоритми застосовують у системах підігріву, які використовують датчики для визначення того, хто знаходиться в кімнаті, і ав-

томатично регулюють нагрівання, охолодження та освітлення на основі цієї інформації. Це забезпечує оптимальне збереження енергії і використання ресурсів.

До тих пір, поки ці системи відповідають важливим людським цінностям, існує незначний ризик того, що штучний інтелект поставить під загрозу людей. Комп'ютери, аналізуючи інформацію таким чином, допомагають людям. Однак, якщо програмне забезпечення недостатньо розроблене або засноване на неповній чи упередженій інформації, це може загрожувати людям.

Штучний інтелект

Звичайно, часто дійсність далека від бажаної. Так, для батьків, вчителів та адміністраторів шкіл існують різні погляди на те, чи завжди учні повинні навчатися в ближній до дому школі, чи є інші критерії вибору школи? З цих причин дизайнери програмного забезпечення повинні збалансувати різні конкуруючі інтереси і досягти розумних рішень, які відображають важливі значення в цьому конкретному випадку.

Ухвалення такого роду рішень все більше відноситься до комп'ютерних програмістів. Вони повинні створювати інтелектуальні алгоритми, які визначають рішення на основі ряду різних міркувань. Це може включати такі основоположні принципи, як ефективність і справедливість. Визначення того, як узгодити конфліктні цінності, є однією з найважливіших задач, що стоїть перед дизайнерами штучного інтелекту. Дуже важливо, щоб вони включали інформацію, яка є неупередженою і недискримінаційною. Недотримання цих вимог приводить до неправильних алгоритмів штучного інтелекту.

Адаптивність штучного інтелекту

Останньою якістю, якою відзначається штучний інтелект, є здатність до навчання та адаптації, оскільки завдяки цій якості здійснюється збір інформації та прийняття рішень.

Ефективний штучний інтелект повинен відрегулювати обставини або умови змін. Це може включати зміни у фінансовій ситуації, дорожніх умовах, екологічних або у військових обставинах. Штучний інтелект повинен інтегрувати ці зміни в свої алгоритми і приймати рішення про те, як адаптуватися до нових можливостей.

Побудова адаптованих систем, які навчаються у своїй роботі, має потенціал підвищення ефективності. Такі алгоритми можуть обробляти складні завдання і приймати рішення, які повторюють або перевершують те, що може зробити людина.

Головними завданнями науковців у даний час вважається створення моделі мозку, розкриття таємниць мислення та процесів розуміння. І це вже не далеке майбутнє, а сьогодення. Тут мова йде про створення комп'ютерних технологій, роботів. Тому вже існують роботи, які можуть розуміти, розмовляти, жартувати. Це добре відомий усім людодобідний робот Софія – перша добре сконструйована інженерами модель робота людини. Її створила у 2015 р. гонконгська інженерно-робототехнічна компанія Hanson Robotics, яка спеціалізується на розробленні роботів зі штучним інтелектом. Софія брала участь у роботі ООН, дає поради у банківській сфері, має громадянство Саудівської Аравії. За словами "батька" Софії, науковця, який її створив, Девіда Генсона, "вже через 20 років роботи будуть жити серед людей та допомагати їм у повсякденних справах, і при цьому їх навіть складно буде відрізнити від справжніх людей". Науковець вважає, що роботи можуть бути особливо корисними тоді, коли люди страшенно самотні й соціально ізольовані.

Робот Софія є першим великим проривом людини у майбутнє, де роботи, цілком імовірно, будуть жити серед нас, вони будуть створені або полегшити наше життя, або змінити його нагірше. І тут думки науковців щодо необхідності створення штучного інтелекту, який би повністю замінив людину, розходяться. Якщо Генсон Д. вважає, що роботи будуть допомагати людині, робити її життя легшим, перебираючи на себе велику частину роботи, то на думку відомого науковця, фізика-теоретика Стівена Хокінга розроблення роботів із самостійним процесом мислення створює велику загрозу існуванню людства. Та й Ілон Рів Маск (інженер, підприємець, винахідник, інвестор, мільярдер) закликає науковий світ із обережністю ставитись до такого швидкого розвитку штучного інтелекту, вважаючи його найбільшою серед загроз ХХІ століття, яка може призвести до світової війни.

Розглянемо аспекти, у яких штучний інтелект зможе допомогти людству, а у яких вбачається загроза.

Штучний інтелект великою мірою дійсно забирає багато функцій, дій людини, цим самим економить її час та кошти. Марк Цукерберг, програміст і засновник мережі Фейсбук, переконаний, що штучний інтелект, навпаки, допоможе людству впоратися із багатьма проблемами: люди зможуть отримувати більш якісне лікування, діагностування захворювань, знизити кількість ДТП (що є наразі найбільшою причиною смертності людей) і т. д.

"Якщо не говорити про апокаліпсис, то у людства з'являються величезні можливості. Ми зможемо практично безпомилково аналізувати великі масиви даних, які зібрані людством із медичної статистики, генетичного захворювання та ін. Є можливість прогнозувати перебіг подій, завдяки аналізу великого масиву даних", – зазначає Олексій Резніченко – засновник та керівник мережі Центрів робототехніки "Ботеон". Він вважає, що: "Технології вже сьогодні допомагають виправляти ситуацію із забрудненням навколишнього середовища, а далі можуть взагалі врятувати людей від цієї проблеми".

Переваги:

1. *Діагностування захворювань.* Згідно дослідження міжнародного аналітичного агентства Global Market Insights, із 2017 до 2024 рр. очікується щорічне зростання використання штучного інтелекту у сфері охорони здоров'я на 40 %. Тобто вплив штучного інтелекту на медицину збільшиться майже на половину. Технології штучного інтелекту вже зараз застосовують при діагностиці захворювань, дослідженні генома, розробці лікарських засобів. Вони дозволяють більш якісно надавати відомості, обслуговувати пацієнтів, економити час та кошти.

2. *Правова сфера.* Технології штучного інтелекту застосовують в правоохоронній діяльності. Це, зокрема, судові та правоохоронні реєстри, бази даних, системи, які можуть ідентифікувати особу, надати про неї необхідну запитувану інформацію тощо.

3. *Аналіз та обробка великого обсягу даних* у всіх сферах промисловості, економіки, інших сферах.

Жодна людина не здатна так багато, швидко та точно отримувати, аналізувати та давати чіткий результат, як штучний інтелект. Якщо людина може помилятися у розрахунках, зважаючи на людський чинник, то штучний інтелект запрограмований на те, щоб у максимально короткі строки дати максимально правильну відповідь.

4. *Допомога технологій штучного інтелекту у космічній сфері та науці.* Науковці розробили для астронавтів віртуальних інтелектуальних помічників під назвою Simon, які можуть виявляти небезпеки в умовах тривалих космічних польотів, несправності у космічному кораблі. Для планування місії на Марс та безпосереднього знаходження там через обмеженість та недоступність у повному обсязі інформації штучний інтелект є єдиною розумною системою, яка зможе допомогти. Технології штучного інтелекту можна використовувати там, де людина або фізично не зможе перебувати, або це буде небезпечно.

5. *Економія часу*. Штучний інтелект не потрібно взагалі навчати – він вже запрограмований на виконання певних видів робіт, на відміну від людини.

6. *Економія коштів та ефективність застосування в банківській сфері*. Штучний інтелект допомагає при виявленні шахрайства у банківському секторі, а також розробці інвестиційної політики. Банки мають програмні системи на основі штучного інтелекту, які допомагають запобігти відмиванню грошей.

Загрози штучного інтелекту:

1. *Масове безробіття*. Воно може спричинити економічну кризу, конфлікти, шлях до беззаконня та злочинів.

2. *Втрата контролю над штучним інтелектом*. Створення штучного інтелекту з людською моделлю мозку може викликати неконтрольованість роботів з боку людини. Це все в далекому майбутньому, як нам здається, але ми бачимо стрімкий розвиток роботоподібних технологій, які прямо впливають на людську життєдіяльність.

3. *Розвиток конфліктів на релігійному, соціальному, економічному підґрунті*. До 2030 року від 400 до 800 мільйонів людей у всьому світу можуть втратити свої робочі місця через автоматизацію, про це йдеться у звіті глобальної консалтингової компанії. Люди зможуть перекваліфікуватись на іншу діяльність.

Із огляду на сказане, немає єдиної думки та достовірно правильного твердження щодо позитивного чи негативного впливу штучного інтелекту на людство. Технології ШІ можуть як допомогти людині досягти ще однієї науково-технічної революції, так і стати загрозою. Вони забезпечують суспільство необхідними елементами для життєдіяльності, тим самим роблячи його вразливим та залежним.

3.10. Біотехнологія

Біотехнологія – це використання живих організмів і біологічних процесів у виробництві [48, 71].

Біотехнологія – це міждисциплінарна галузь, що виникла на стику біологічних, хімічних і технічних наук. Із розвитком біотехнології пов'язують вирішення глобальних проблем людства – ліквідацію недостатності продовольства, енергії, мінеральних ресурсів та поліпшення стану .

Біотехнологія – це сукупність фундаментальних і прикладних наук, технічних засобів, спрямованих на отримання і використання клітин мік-

роорганізмів, тварин і рослин, а також продуктів їхньої життєдіяльності: ферментів, амінокислот, вітамінів, антибіотиків та ін. Це технологія, де поєднуються природознавчі та інженерні науки з метою використання організмів, клітин, їх частин або їх молекулярних аналогів для виробництва певних хімічних речовин та матеріалів.

Біотехнологія, яка охоплює промислову мікробіологію, ґрунтується на використанні знань і методів біохімії, мікробіології, генетики і хімічної технології, що дає змогу отримувати ефект у технологічних процесах із властивостей мікроорганізмів та клітинних культур (рис. 3.23). Сучасніші біотехнологічні процеси базуються на методах рекомбінантних ДНК, а також на використанні іммобілізованих ферментів і клітин.



Рис. 3.23. Інструментарії біотехнології

Основні напрями досліджень:

- розроблення наукових основ створення нових біотехнологій за допомогою методів молекулярної біології, генетичної та клітинної інженерії;
- одержання й використання біомаси мікроорганізмів і продуктів мікробіологічного синтезу;
- вивчення фізико-хімічних та біохімічних основ біотехнологічних процесів;
- використання вірусів для створення нових біотехнологій.

Історія біотехнології. Із найдавніших часів людина використовувала біотехнологічні процеси під час хлібопечення, приготування кисломолочних продуктів, у виноробстві тощо (рис. 3.24). Але лише завдяки роботам Луї Пастера у середині XIX століття, що довели зв'язок процесів шумування з діяльністю мікроорганізмів, традиційна біотехнологія одержала наукову основу.



Рис. 3.24. **Броварництво – найстаріша біотехнологія сільського господарства**

У 40 – 50-ті роки ХХ століття, коли був здійснений біосинтез пеніцилінів методами ферментації, почалася ера антибіотиків, що дала поштовх розвитку мікробіологічного синтезу і створенню мікробіологічної промисловості. У 60 – 70-ті роки ХХ століття почала бурхливо розвиватися клітинна інженерія.

Зі створенням у 1972 р. групою Берга П. у США першої гібридної молекули ДНК *in vitro* формально пов'язане народження генетичної інженерії, що відкрила шлях до свідомої зміни генетичної структури організмів таким чином, щоб ці організми могли робити потрібні людині продукти і здійснювати необхідні процеси. Ці два напрями визначили образ нової біотехнології, що має мало спільного з тією примітивною біотехнологією, яку людина використовувала протягом тисячоріч. У 1970-ті роки дістав поширення і термін "біотехнологія". Із цього часу біотехнологія нерозривно пов'язана з молекулярною і клітинною біологією, молекулярною генетикою, біохімією і біоорганічною хімією. За стислий період свого розвитку (25 – 30 років) сучасна біотехнологія не тільки досягла суттєвих успіхів, але і показала необмежені можливості використання організмів і біологічних процесів у різноманітних галузях виробництва і в господарстві.

Біологічний метод полягає у використанні для захисту рослин від шкідливих організмів їхніх природних ворогів (хижаків, паразитів, гербіфагів, антагоністів), продуктів їхньої життєдіяльності (антибіотиків, феромонів, ювеноїдів, біологічно активних речовин) та ентомопатогенних мікроорганізмів для зменшення їхньої кількості та шкодочинності й створення сприятливих умов для діяльності корисних видів у агробіоценозах, тобто застосування "живого проти живого". Позитивним чинником у застосуванні біологічного методу є його екологічність.

Біотехнологія застосовується навколо нас у багатьох предметах щоденного вжитку – від одягу, який ми носимо, до сиру, який ми споживаємо. Протягом століть фермери, пекарі та пивовари використовували традиційні технології для зміни та модифікації рослин та продуктів харчування – пшениця може бути найдавнішим прикладом, а нектарин – одним із останніх. Сьогодні біотехнологія використовує сучасні наукові методи, які дозволяють покращити чи модифікувати рослини, тварини, мікроорганізми з більшою точністю та передбачуваністю.

Біотехнологія допомагає довкіллю. Дозволяючи фермерам зменшити кількість пестицидів та гербіцидів, біотехнологічні продукти першого покоління привели до зменшення їхнього використання у сільськогосподарській практиці, а майбутні продукти біотехнологій мають принести ще більше переваг. Зменшення пестицидного і гербіцидного навантаження означає менший ризик токсичного забруднення ґрунтів та ґрунтових вод.

Величезний потенціал біотехнологія має в боротьбі з голодом. Розвиток біотехнологій пропонує значні потенційні переваги для країн, що розвиваються, де понад мільярд жителів планети живуть у бідності та страждають від хронічного голоду. Через зростання врожайності та виведення культур, стійких до хвороб та посухи, біотехнологія може зменшити нестачу їжі для населення планети. Вчені створюють сільськогосподарські культури з новими властивостями, які допомагають їм виживати у несприятливих умовах посух та повеней. Біотехнологія допомагає боротися з хворобами. Розвиваючи та покращуючи медицину, вона дає нові інструменти у боротьбі з ними.

Біотехнологія у сільському господарстві полегшує традиційні методи селекції рослин і тварин та дозволяє розробити нові технології, що підвищують ефективність сільського господарства. У багатьох країнах методами генетичної та клітинної інженерії створено високопродуктивні й стійкі до шкідників, хвороб, гербіцидів сорти сільськогосподарських рослин.

Біотехнологічні процеси із використанням мікроорганізмів і ферментів на сучасному технічному рівні широко застосовують у харчовій промисловості. Промислове вирощування мікроорганізмів, рослинних і тваринних клітин використовують для одержання багатьох цінних сполук – ферментів, гормонів, амінокислот, вітамінів, антибіотиків, метанолу, органічних кислот (оцтової, лимонної, молочної) тощо. За допомогою мікроорганізмів здійснюють біотрансформацію одних органічних сполук в інші.

Біонанотехнологія – це розроблення біологічних матеріалів та спеціальних процесів, де використовують наноматеріали чи нанотехно-

логії, вона охоплює молекулярні мотори, біоматеріали, технологію маніпуляції з окремими молекулами, технологію біочипів.

Питання для самостійного контролю

1. Чим відрізняються високі технології від традиційних технологій?
2. Поясніть сутність високих технологій.
3. У яких галузях промисловості застосовують високі технології?
4. Надайте характеристику та назвіть прилади цифровізації.
5. Обґрунтуйте основні напрями застосування цифровізації.
6. Надайте характеристику та наведіть приклади сучасних процесів мікротехнологій.
7. Обґрунтуйте сутність інформаційних технологій.
8. Яка основна мета практичного використання інформаційних технологій?
9. Чи є відмінності між інформаційними та комп'ютерними технологіями?
10. Назвіть сучасні технічні засоби автоматизації інформаційно-управлінської діяльності.
11. Що таке віртуальна реальність?
12. Назвіть сфери використання віртуальної реальності.
13. Надайте характеристику та наведіть приклади розроблень у галузі нанотехнологій.
14. Назвіть напрями розвитку нанотехнологій.
15. Яка мета робототехніки? Надайте характеристику та наведіть приклади практичного застосування роботів.
16. Обґрунтуйте сутність та практичне застосування 3D-технологій.
17. Що таке адитивні технології?
18. Охарактеризуйте напрями використання 3D-технології у конструюванні та прототипуванні.
19. Надайте характеристику лазерній та струменевій технологіям.
20. Обґрунтуйте сутність штучного інтелекту.
21. Назвіть напрями успішно розвитку штучного інтелекту.
22. Що таке біотехнологія? Наведіть приклади її практичного застосування.
23. Чим відрізняється біонанотехнологія від біотехнології?

Література: [1, 11, 12, 16, 26, 37, 39, 40, 48 – 50, 58, 71, 90, 91, 100, 112, 119, 120].

Розділ 4. Підходи техніко-економічного обґрунтування доцільності здійснення технічної модернізації виробничого підприємства

4.1. Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування сучасних технологій виробництва

Модернізація виробничого підприємства – це комплекс дій щодо підвищення техніко-економічного рівня окремих виробництв, цехів і ділянок на основі впровадження сучасної техніки і технологій, механізації та автоматизації виробництва, модернізації та заміни застарілого і фізично зношеного устаткування новішим і продуктивнішим, а також поліпшення роботи загальнозаводського господарства та допоміжних служб. Технічне переозброєння діючих підприємств здійснюється за проектами і кошторисами на окремі об'єкти або види робіт, які розробляються на основі єдиного техніко-економічного обґрунтування та згідно з планом підвищення техніко-економічного рівня галузі (підгалузі), як правило, без розширення виробничих площ.

Метою *технічного переозброєння підприємств* є збільшення виробничих потужностей і випуску продукції, поліпшення її якості та забезпечення зростання продуктивності праці, зниження матеріаломісткості й собівартості продукції, економії матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів, поліпшення інших техніко-економічних показників роботи підприємства в цілому.

Особливістю проведення модернізації виробництва є рішення різних завдань, що залежать від загальної стратегії підприємства. Можна стверджувати, що модернізація виробництва суттєво впливає на план грошових потоків проекту, оскільки визначає джерело доходу. Зокрема, якщо очікуваним результатом модернізації виробництва є збільшення обсягу продажу продукції, то доходом проекту буде збільшення виручки від реалізації.

Якщо мета проекту – зниження витрат ресурсів на одиницю продукції, то доходом розглядається не виручка від реалізації, а економія собівартості. Коли проект спрямований на підтримку на рівні, що склався, обсягу продаж в умовах висококонкурентного ринку, то доходом проекту є "збережений" обсяг продаж. Отже, в залежності від джерела доходу проекти технічного переозброєння можна розподілити за видами:

1. Проекти технічного переозброєння, пов'язані зі зміною виручки від реалізації продукції, які в тому числі передбачають:

- освоєння випуску нових видів продукції. Основним доходом проєктів даного виду є виручка від реалізації нових видів продукції;
- підвищення продуктивності парку машин і обладнання. Основним доходом є збільшення виручки від реалізації продукції, що випускається;
- підвищення якості продукції, що випускається, яке дозволить змінити цільовий сегмент споживачів і підняти ціну реалізації і / або збільшити обсяг продаж. Основним доходом, як і в попередньому випадку, є збільшення виручки від реалізації продукції.

2. Проекти технічного переозброєння, що передбачають зниження витрат виробничих ресурсів. Основним доходом є економія собівартості продукції в цілому і за окремими статтями калькуляції.

3. Проекти технічного переозброєння зі змішаними ефектами.

Таким чином, незалежно від джерела доходу будь-який успішно завершений проєкт модернізації виробництва підвищує конкурентоспроможність підприємства завдяки зниженню витрат, збільшенню виручки або підвищенню якості продукції.

Зараз під час вибору обладнання вирішальним є ціновий чинник. При цьому покупці часто довіряють тому, в якій країні розміщується офіс компанії-виробника або дистриб'ютора, і за цей поверхневий підхід отримують свого роду покарання – малоефективне обладнання з коротким життєвим циклом, тим самим, переплачуючи за товар.

Конкуренція на українському ринку обладнання для оброблення металів залежить від тенденцій ринків-споживачів. Наприклад, тиск конкурентів змушує підприємства безперервно скорочувати час, необхідний для повного оброблення деталі, кількість же висококваліфікованих верстатників зменшується. У результаті безліч механічних та інструментальних цехів проявляють зацікавленість у застосуванні сучасних виробничих технологій із використанням *верстатів із числовим програмним управлінням* (ЧПУ). Це завдання (а за можливістю, й підвищення якості готової продукції) можна виконати завдяки установленню сучасних систем ЧПУ на наявне обладнання або ж завдяки придбанню нового обладнання із ЧПУ. І це найважливіше ринкове питання. Сучасні системи ЧПУ дозволяють створювати, зберігати, накопичувати і за необхідністю знову задіяти управляючі програми, які можна швидко перебудувати на новий технологічний цикл виготовлення деталі. А використання систем CAD-CAM

і CNC-технологій дозволяє скорочувати час від отримання файлів із кресленнями клієнта до виготовлення готових деталей.

Верстат із системою ЧПУ дозволяє одним інструментом оброблювати складний контур деталі, тоді як в умовах оброблення на звичайному універсальному верстаті потрібно застосувати декілька інструментів або застосовувати інструменти спеціальної форми. Так само впровадження сучасних систем ЧПУ може фактично вирішити проблему відсутності досвідчених верстатників, оскільки банк програм дозволяє знизити вимоги до кваліфікації оператора під час оброблення деталей складної форми. Опції діалогу із оператором розширюють можливості механічного оброблення. При цьому один працівник може обслуговувати кілька верстатів, хоча, на думку експертів, комп'ютер ніколи повністю не замінить висококваліфікованого фахівця.

Під час вибору верстата із системою ЧПУ досвідчені покупці намагаються ретельно аналізувати, що містить кожен пропонований комплект. Так, деякі комплекти складаються тільки із пульта управління, екрану і комп'ютера. Даний варіант придбання обладнання використовується у разі, коли технологи виробничого підприємства самостійно завантажують верстат вже після його придбання. У основному придбають верстати стандартних позицій із мінімальним набором функцій.

Комплекси "під ключ" можуть коштувати дорожче, оскільки включають серводвигуни, підсилувачі, програмований логічний контролер (PLC), пульт управління оператора та ін. У таких випадках підприємству-постачальнику вказують деталі, які будуть оброблюватися на даній одиниці обладнання, і вибирають верстат конкретно для оброблення цих деталей. Для придбаного обладнання "під ключ" потрібно значно більше часу на переналаштування під оброблення іншої деталі. Тому доцільно придбання обладнання "під ключ" здійснювати за умов серійного і масового виробництва деталі.

Ефективному проведенню модернізації виробництва значно сприяють досягнення у галузі мікропроцесорної техніки, які відкрили нові перспективи створення високоефективних металооброблювальних верстатів із ЧПУ типу "оброблювальний центр". В умовах раціонального використання ці верстати забезпечують підвищення в 10 – 100 разів продуктивності праці та досягнення високих показників якості виготовлення деталей машин. Це створює об'єктивні передумови кардинальної перебудови виробництва, виходу виробничих підприємств із кризового стану і організації випуску високоякісної конкурентоспроможної продукції.

Підтвердженням тому є досвід модернізації виробництва на ряді машинобудівних підприємств України і технічного переозброєння передових машинобудівних підприємств новими наукомісткими технологіями виготовлення деталей машин. Значні успіхи у цьому напрямку досягнуто, в першу чергу, на підприємствах авіаційного комплексу, де вирішена проблема виготовлення високоточних деталей. Так, на підприємстві ПрАТ "ФЕД" для вирішення цієї проблеми придбано і ефективно використовують більше 50 одиниць сучасних високооборотних верстатів із ЧПУ виробництва провідних закордонних верстатобудівних фірм. У результаті складні у виготовленні деталі (із високоміцних сплавів і сталей) гідро- і паливорегулюючої апаратури авіаційного призначення оброблюють на цих верстатах за новими технологіями. Це дозволило, по-перше, гарантовано забезпечити високі вимоги за точністю та якістю оброблюваних поверхонь, тобто успішно здійснити прецизійне оброблення деталей. По-друге, у багато разів зменшити трудомісткість оброблення, оскільки за діючими технологіями деталі оброблялися на різних верстатах, а це вимагало їх тривалого налагодження та перевстановлення, що також призводило до зниження точності та якості оброблення. За новими технологіями оброблення деталей здійснюють на одному верстаті фактично із одного установа у автоматизованому режимі. Це забезпечує більш точне позиціонування оброблювальної деталі, різко знижує трудомісткість її виготовлення. Так, складні у виготовленні деталі раніше оброблювали на універсальному обладнанні із застосуванням великої кількості токарних, фрезерних і свердлильних операцій. У даний час ці операції об'єднані в одну операцію, яка виконується на сучасному оброблювальному центрі "Pisomax 60". Якщо раніше для оброблення однієї деталі використовували, наприклад, 47 різних видів різальних інструментів, то за новою технологією – всього 23 інструменти, тобто досягнуто значну економію із витрати різальних інструментів. При цьому стабільно забезпечують високі показники шорсткості та точності оброблення. Продуктивність праці підвищилася у 2,5 рази, що дозволило скоротити кількість верстатників із 8 до 2-х осіб.

Наприклад, встановлено, що застосування збірної кінцевої фрези, оснащеної твердосплавними пластинами зі зносостійким покриттям (закордонного виробництва), порівняно із вітчизняною монолітною фрезою дозволяє до 10 разів зменшити собівартість і приблизно в таку саму кількість разів збільшити продуктивність оброблення. Ефект досягається, головним чином, завдяки зниженню статті витрат, пов'язаної із заробітною

платою верстатника. При цьому стаття витрат, що пов'язана із витратою різальних інструментів, незначна і становить лише 3 – 5 % у сумарних витратах оброблення. Із цього випливає можливість збільшення вартості інструменту без помітного збільшення сумарних витрат на оброблення. Це передбачає застосування більш продуктивних різальних інструментів, що забезпечують суттєве збільшення продуктивності та зниження витрат, пов'язаних із заробітною платою верстатника, та в загалі – зниження собівартості оброблення.

Перспективним напрямом вирішення завдань модернізації промислових підприємств України стало застосування високошвидкісного оброблення на сучасних високооборотних металорізальних верстатах із ЧПУ: "PICOMAX", "HERMLE", "SPINNER" та ін. Оброблення корпусних деталей на цих верстатах із ЧПУ здійснюють із підвищеними швидкостями різання: 4 000 – 20 000 об./хв і подачами 6 – 30 м/хв. Широко застосовують прогресивні різальні інструменти фірм "KORLOY", "ISKAR", "GUHRING", "TAEGUTEC" та ін., що дозволяє різко підвищити продуктивність, точність і якість оброблення. Незважаючи на високу вартість цих верстатів із ЧПУ і різальних інструментів, в умовах високошвидкісного оброблення термін їх окупності незначний.

Для реалізації високошвидкісного оброблення можуть бути рекомендовані металорізальні верстати із ЧПУ типу "оброблювальний центр" виробництва компанії Doosan (Південна Корея). Верстати призначені для високошвидкісного оброблення деталей із різних матеріалів зі складними просторовими формами. Ексклюзивним дистриб'ютором компанії Doosan в Україні є ТОВ "ВаріТек" (м. Дніпро). Також ефективним є застосування сучасних різальних збірних високопродуктивних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями в умовах високошвидкісного різання однієї з найбільших металооброблювальних компаній світу *TaeguTec* (Південна Корея), філією якої в Україні є фірма "ТаегуТек Україна".

Компанії *TaeguTec* та *Doosan* тісно співпрацюють із Технічним Центром "ВаріУс" (м. Дніпро), який є найбільшою компанією на промисловому ринку України, що спеціалізується на забезпеченні підприємств обладнанням, інструментами, запасними частинами тощо. Технічний Центр "ВаріУс" надає повний комплекс робіт із розроблення та впровадження технологій механічного оброблення. Також забезпечує постачання та обслуговування металооброблювального обладнання практично для всіх працюючих підприємств машинобудівної, металургійної та інших галузей

промисловості, включаючи багато підрозділів залізниць. Директором Технічного Центру "ВаріУс" є кандидат технічних наук Жовтобрюх В. О.

Нижче розглянуто технологічні можливості запропонованих Технічним Центром "ВаріУс" металорізальних верстатів й інструментів та розроблені на їх основі високоефективні технології високошвидкісного механічного оброблення різних деталей.

Як показано раніше, високошвидкісне механічне оброблення є одним із пріоритетних напрямів сучасної технології виготовлення деталей літальних апаратів. Впровадження такої технології оброблення у авіаційну промисловість дозволяє суттєво підвищити продуктивність праці та одночасно підвищити точність оброблення й якість виготовлення деталей для літака [69]. У авіаційних конструкціях знаходять широке застосування високоміцні алюмінієві, магнієві та титанові сплави. При виготовленні деталей та вузлів літаків до 25 – 35 % від загальної трудомісткості виготовлення виробів становлять операції механічного оброблення на металорізальних верстатах (рис. 4.1). Використання у конструкціях агрегатів літака великогабаритних монолітних деталей складних форм із матеріалів, що важко обробляються, викликає збільшення обсягу робіт із механічного оброблення.



Рис. 4.1. Деталі та вузли літака, що підлягають механічному обробленню

Компанія Doosan (Південна Корея), орієнтуючись на замовника, постійно розробляє та впроваджує передові технології металооброблення у машинобудуванні, створюючи обладнання відмінної якості. Щорічно компанія інвестує у свій розвиток, внаслідок чого з'являються нові моделі обладнання та рішення, які успішно застосовують на підприємствах авіаційної та космічної промисловості для оброблення різанням складних деталей.

П'ятиосьовий порталний оброблювальний центр Doosan VM 2740U (рис. 4.2) спеціально спроектований для оброблення авіаційних деталей складної форми за один установ. Це дозволяє поліпшити якість виробів, а також знизити собівартість їх виготовлення порівняно із традиційним обробленням на декількох верстатах. Оброблювальний центр Doosan VM 2740U вже в базовому виконанні оснащений цілим набором додаткових опцій, які дозволяють виконувати високошвидкісне прецизійне оброблення цілого ряду традиційних для аерокосмічної галузі деталей. Точність позиціонування за трьома лінійними осями зберігається постійною під час навантаженого режиму роботи завдяки системі термокомпенсації. Крім того, всі лінійні осі в стандарті оснащені прецизійними роликотими напрямними та оптичними лінійками.



Рис. 4.2. Оброблювальний центр Doosan VM 2740U

Універсальна високошвидкісна поворотна головка із прямим приводом дозволяє виконувати безперервне оброблення деталей великих габаритів протягом тривалого часу. Можна одночасно здійснювати 5-ти осьове оброблення деталей зі складним профілем, що дозволяє значно скоротити час оброблення.

Конус шпинделя верстата (HKA63) оснащують системою Dual contact system, яка фіксує інструмент на двох поверхнях. Контакт здійснюється не тільки бічною поверхнею, але й торцем оправки, що надає системі фіксації інструменту додаткову жорсткість та забезпечує високу точність оброблення на швидкостях до 18 000 об./хв і вище. Ця система допомагає звести до мінімуму вібрації, шум та втрати потужності, які, зазвичай, характерні для високошвидкісного оброблення.

Для забезпечення точності оброблювальних деталей в умовах масового виробництва (безперервний графік роботи обладнання, коефіцієнт використання обладнання 0,9 – 0,95, підвищені режими різання, часті переходи від чорнового до чистового оброблення) верстата оснащують системами зворотного зв'язку із датчиками лінійних переміщень (абсолютними вимірювальними лінійками) HEIDENHAIN (Німеччина).

Із цією метою для контролю теплових деформацій та зсувів осі Z компанія Doosan використовує свою розробку – Heat Control Device. Інформація щодо температурних коливань у режимі реального часу із датчиків, розташованих на шпинделі та станині, надходить у операційну програму. При цьому зміна кінематичних та термічних характеристик, а також вплив навантаження на точність у процесі оброблення визначають лінійними датчиками та ураховують системою керування. Це дозволяє досягати найвищої точності позиціонування верстата – до ± 3 мкм.

Оброблювальний центр Doosan VM 2740U управляється системою ЧПУ Heidenhain iTNC 530. Ця система відрізняється оптимізованою системою управління переміщенням за траєкторією, коротким часом оброблення кадру та спеціальними стратегіями оброблення штапованих деталей. Цифрова архітектура та вбудоване цифрове управління приводами із інтегрованим перетворювачем забезпечують високу швидкість оброблення за найвищої точності контуру, що особливо необхідно в процесі оброблення 2D-контурів або 3D-форм. Динамічний контроль зіткнень (опція DCM) системи iTNC 530 постійно контролює робочу зону верстата з точки зору можливих зіткнень робочих органів верстата із затискними пристроями. Адаптивне управління подачею (опція AFC) автоматично регулює подачу контуру залежно від потужності шпинделя та інших параметрів. Такий набір опцій та можливостей верстата дозволяє оптимізувати час оброблення, контролювати інструмент та зберігати механіку верстата. Із урахуванням усіх перелічених особливостей, оброблювальний центр Doosan VM 2740U дозволяє підняти оброблення авіаційних деталей на якісно новий рівень.

Показовим може бути також досвід застосування сучасних високо-оборотних верстатів із ЧПУ типу "оброблювальний центр" у основному виробництві підприємства АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" (м. Харків). Основна продукція цього підприємства – шахтне обладнання, зокрема, шахтні конвеєри. Головною проблемою є виготовлення редуктора приводу. У даний час конструкторським бюро заводу розроблено гаму прогресивних конструкцій редукторів і тому актуальна проблема їх якісного виготовлення. Для успішного вирішення цієї проблеми заводом придбано нові металооброблювальні верстати із ЧПУ типу "оброблювальний центр", які в даний час ефективно експлуатуються. Так, завдяки застосуванню сучасного зубошліфувального верстата із ЧПУ моделі HOFLEER RAPID 1250 (рис. 4.3), що працює за прогресивним методом профільного копіювання, вдалося вивільнити 4 застарілих зубошліфувальних верстати, що працювали за методом обкатування, і всю річну програму оброблення зубчастих коліс виконувати на одному верстаті із забезпеченням високих вимог за точністю та якістю оброблюваних поверхонь. Продуктивність оброблення збільшилася більш ніж у 5 разів. Приблизно в таку саму кількість разів зменшилася собівартість оброблення. Термін окупності придбаного зубошліфувального верстата склав всього 0,5 року, що вказує на високу ефективність застосування нової прогресивної технології зубошліфування.

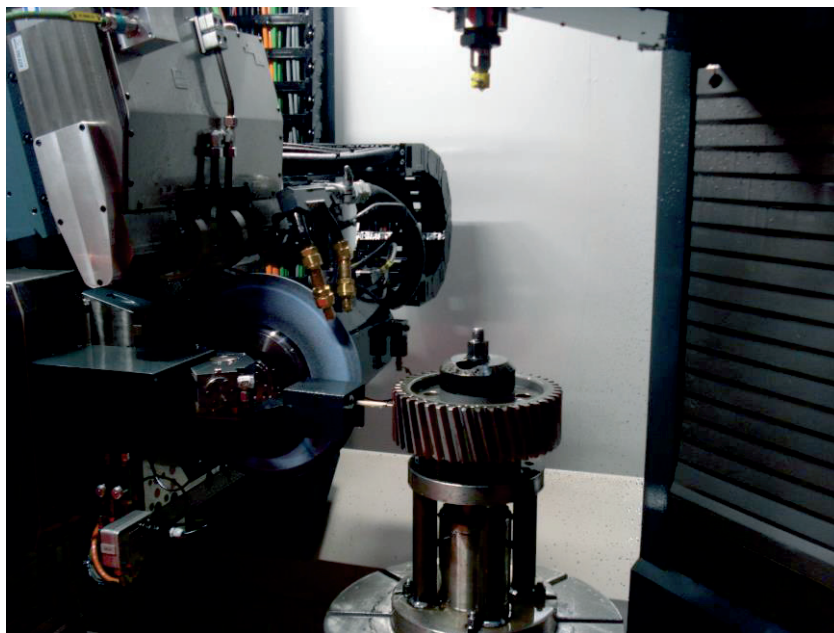


Рис. 4.3. Оброблення зубчастого колеса на зубошліфувальному верстаті моделі HOFLEER RAPID 1250

Із метою подальшого вдосконалення операції зубошліфування на заводі було придбано координатно-вимірвальну машину GLOBAL Perfomance 122210. Вона призначена для автоматизації контрольних вимірювань параметрів точності оброблення зубчастих коліс, а також інших оброблених деталей редукторів шахтних конвеєрів.

Слід зазначити, що традиційно ці вимірювання проводили із використанням різних вимірвальних пристроїв із досить низькою точністю вимірювань і вимагали значного часу на вимірювання, тобто були дуже трудомісткі. Це ускладнювало, по-перше, можливість контролювати розміри оброблених складнопрофільних зубчастих коліс. По-друге, вимагало тривалого налаштування зубошліфувального верстата на заданий розмір. У результаті загальна трудомісткість операцій зубошліфування (включаючи оброблення зубчастого колеса на верстаті, вимірювання його розмірів та налаштування верстата на необхідний розмір) збільшувалася багаторазово.

Застосування нової координатно-вимірвальної машини GLOBAL Perfomance 122210 дозволило докорінно змінити структуру технології зубошліфування. Це пов'язано з тим, що ця машина дозволяє за один установ зубчастого колеса здійснити вимірювання і за допомогою комп'ютера графічно подати всі відхилення від заданих розмірів оброблених поверхонь зубчастого колеса. У результаті суттєво підвищилася точність та багаторазово знизилася трудомісткість вимірювань. Фактично вдалося виключити значні проблеми із підналаштування зубошліфувального верстата на розмір через зношування шліфувального круга та прояви інших чинників. Підналаштування верстата здійснюють значно швидше у часі та з більшою точністю. Зрештою, це призводить до підвищення якості та продуктивності оброблення зубчастого колеса й, відповідно, терміну його служби.

Виготовлений за цією технологією редуктор приводу шахтного конвеєра характеризується високими техніко-економічними показниками і стає цілком конкурентоспроможним із кращими закордонними аналогами. Внаслідок цього продукція підприємства АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" фактично завоювала ринок України, оскільки шахтні конвеєри використовують фактично на всіх вугільних шахтах України, а також на багатьох шахтах за кордоном.

Таким чином, завдяки розробленню нової технології виготовлення редукторів приводів шахтних конвеєрів на основі оптимізації параметрів операцій за критерієм найменшої собівартості оброблення, вдалося сут-

тево знизити трудомісткість і собівартість виготовлення редукторів при забезпеченні високої якості оброблення. Це дозволило зрештою вийти на створення конкурентоспроможної машинобудівної продукції.

Значним досвідом розроблення прогресивних технологічних процесів механічного оброблення із застосуванням сучасних високоточних металооброблювальних центрів та верстатів із ЧПУ володіє ТОВ "Імперія металів" (м. Харків) – основний виробник в Україні складнопрофільної формуючої оснастки для харчової промисловості.

У даний час основне виробництво ТОВ "Імперія металів" оснащено сучасними високоточними металооброблювальними центрами та верстатами із ЧПУ (рис. 4.4 [89]). Це дозволяє забезпечити високі показники точності й повторюваності форм складнопрофільної формуючої оснастки, особливо під час виробництва печива.



Рис. 4.4. Виробнича дільниця для виготовлення складнопрофільної формуючої оснастки для харчової промисловості, яку оснащено сучасними високоточними металооброблювальними центрами і верстатами із ЧПУ

Значне місце у виготовленні складнопрофільної формуючої оснастки займає механічне оброблення високоточних отворів. Традиційно оброблення 8 отворів діаметром 25 мм у технологічному багатомісному пристосуванні для кривошипно-шатунного механізму кондитерської машини (деталі типу шатун) здійснювали в такій послідовності. Спочатку виконували свердління та розфрезування твердосплавною суцільнометалевою фрезою, а потім – остаточне оброблення – розточування. Основним недоліком цієї технології була низька якість оброблюваної поверхні, оскільки на ній утворювалися "рвані поверхні" із-за появи адгезійних явищ в зоні різання. Тому для підвищення якості оброблення застосували технологію координатного внутрішнього шліфування. Однак і ця технологія виявилася малопродуктивною та трудомісткою. У подальшому замість неї застосували традиційну технологію розточування отворів. Виявилось, що за умови досягнення частоти обертання шпинделя 350 об./хв у технологічній системі виникали вібрації. Це приводило до нециліндричності обробленого отвору. Досягали лише 7 квалітету точності оброблення та параметру шорсткості поверхні $R_a = 0,8$ мкм. Це не відповідало технічним вимогам, які пред'являли до якості оброблення отвору.

Тому для здійснення високоточного оброблення отвору застосували вертикально-фрезерний оброблювальний центр із ЧПУ FANUC (моделі MV204P), виробництва компанії QUASER (Тайвань). Швидкість обертання шпинделя – 12 000 об./хв. Потужність двигуна шпинделя 46,5 кВт. Для цього попередньо було проведено балансування розточувальної системи серії TRM виробництва компанії D'ANDREA (Італія). Дисбаланс оцінювали за допомогою балансувального обладнання TOOL DYNAMIC 2009 виробництва компанії HAIMER (Німеччина).

Отримав застосування металорізальний інструмент зі змінною багатогранною пластиною TPGX090202L DC100T (кермет з покриттям TiN), виробник D'ANDREA (Італія). У результаті запропонованої нової технології процес високоточного високошвидкісного розточування отвору став стійким, у технологічній системі зникли вібрації, а на оброблюваній поверхні зникли рвані місця. Це забезпечило формування високоякісного і високоточного отвору (рис. 4.5 – рис. 4.7).

Слід зазначити, що застосування на операції розточування такого самого твердосплавного інструменту, але без покриття, не забезпечило високоякісного та високоточного оброблення. На оброблюваній поверхні утворювалися рвані місця, а в технологічній системі виникали вібрації із-за виникнення адгезійних явищ у зоні різання (внаслідок підвищення

температури різання у результаті інтенсивного тертя різального інструмента із оброблюваним матеріалом).



Рис. 4.5. Процес високоточного високошвидкісного розточування отвору



Рис. 4.6. Змінні багатогранні пластини TPGX090202L DC100T



Рис. 4.7. Контроль виконання обробки поверхні із застосуванням еталону (калібр-пробка, непрохідний)

Заслугує особливої уваги сучасна технологія розфрезування отвору твердосплавними кінцевими фрезами зі зносостійкими покриттями закордонного виробництва на металорізальних верстатах із ЧПУ типу "оброблювальний центр". Сутність технології полягає у тому, що фреза здійснює обертальний рух та рух вздовж оброблюваного отвору. У результаті досягається підвищення точності та продуктивності оброблення. При цьому діаметр фрези повинен бути менше діаметра оброблюваного отвору. За цією технологією можна здійснювати високоточне оброблення отворів у деталях, виготовлених із матеріалів із підвищеними фізико-механічними властивостями, наприклад, із високоміцних сталей та сплавів, кольорових металів та ін. Продуктивність оброблення збільшується в декілька разів щодо традиційних методів оброблення отворів.

Ефективність застосування технології розфрезування отвору значно зростає зі збільшенням швидкості обертання фрези. Тому перехід у діапазон високошвидкісного розфрезування отвору дозволяє кардинально вирішити проблему підвищення точності, якості та продуктивності оброблення. За цією технологією можна виготовляти наскрізні й глухі отвори різної геометричної форми (круглі, квадратні, трикутні та ін.). Наприклад, під час виготовлення отворів у деталях зі сталей і латуні можна забезпечити точність оброблення у межах декількох мікрон і багаторазово збільшити продуктивність оброблення. Це дозволяє різко скоротити трудомісткість виготовлення формуючої оснастки для макаронної та кондитерської галузей харчової промисловості. При цьому з'явилася можливість високоточного виготовлення фрезуванням різних пазів і "кишень" на плоских і циліндричних деталях та ін. (рис. 4.8 – рис. 4.12).



**Рис. 4.8. Деталь – фільєра макаронна "мушля"
(матеріал – латунь ЛС59)**



Рис. 4.9. Монолітні твердосплавні свердла зі зносостійким покриттям виробництва компанії OSAWA (Італія)



Рис. 4.10. Твердосплавна мікрофреза LNE0808 виробництва компанії DHF (Тайвань)

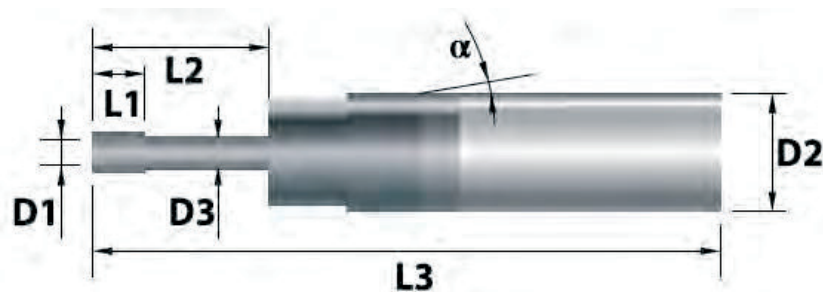


Рис. 4.11. Геометричні параметри мікрофрези LNE0808 :
 $D1 = 0,8$ мм, $D2 = 4,0$ мм, $D3 = 0,75$ мм,
 $L1 = 1,0$ мм, $L2 = 8,0$ мм, $L3 = 50$ мм



**Рис. 4.12. Деталь – кільце вирубне (матеріал – латунь ЛС59).
Режим різання: $n = 11\ 000$ об./хв., $S = 600$ мм/хв. Інструмент – фреза
твердосплавна DHF ВТВ0404. Застосовуване обладнання –
FINETECH SMW1670 (Тайвань)**

Застосування нових технологій оброблення лезовими інструментами дозволило до 10 разів підвищити продуктивність і приблизно у стільки ж разів зменшити трудомісткість оброблення із одночасним підвищенням якості та точності оброблюваних поверхонь. Завдяки застосуванню спеціально розроблених сучасних різальних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями, вдалося скоротити на 90 % персонал слюсарів-складальників, фахівців із ручного доведення поверхонь деталей, які виконували традиційні технології механічного оброблення. У результаті було вирішено важливе завдання – зниження вартості виробів нижче рівня цін ринку. Якість виробів підвищили до світового рівня, при цьому асортимент виробів збільшився до 10 разів.

Випуск виробленої продукції шляхом застосування нових технологій механічного оброблення на верстатах із ЧПУ типу "оброблювальний центр" закордонного виробництва зростає щорічно приблизно на 20 %. Це дозволило ТОВ "Імперія металів" забезпечити виробництво у достатній кількості для підприємств харчової промисловості роторів для печива, обсадних фільтрів, штампів для виробництва цукерок, фільтрів для виробництва нуги та пастили, валків для виробництва пельменів, різних запасних частин для кондитерських і макаронних машин та для інших харчових агрегатів.

Разом із тим, верстати із ЧПУ типу "оброблювальний центр" закордонного виробництва дуже коштовні. Тому питання їх придбання виробничим підприємством вимагають ретельного економічного аналізу і, перш за все, із точки зору зниження собівартості на операціях механічно-

го оброблення. Це пов'язано з тим, що зниження собівартості – найважливіший шлях до збільшення прибутку і рентабельності товарної продукції, підвищення ефективності промислового виробництва.

Аналіз собівартості виробництва продукції на машинобудівних підприємствах України показав, що найбільшими є статті витрат, які пов'язані з заробітною платою працівників і витратами на сировину і матеріали, які в середньому складають до 25 %. Виходячи із цього, зменшити собівартість продукції можна, перш за все, завдяки зменшенню статті витрат, пов'язаної із заробітною платою працівників. Це передбачає збільшення продуктивності праці завдяки застосуванню більш досконаlih технологій, обладнання та інструментів.

Важливу роль у цих умовах відіграє різальний інструмент. Як показано раніше, застосування збірної кінцевої фрези, оснащеної твёрдосплавними пластинами зі зносостійким покриттям (зарубіжного виробництва), порівняно із вітчизняною монолітною фрезею, дозволяє до 10 разів зменшити собівартість і приблизно в таку саму кількість разів збільшити продуктивність оброблення. Ефект досягається, головним чином, шляхом зниження статті витрат, пов'язаної із заробітною платою робітника. При цьому стаття витрат, що пов'язана із витратою різальних інструментів, становить всього 3 – 5 % собівартості виготовлення виробу (рис. 4.13 [30]). Причому, ця величина мало змінюється із застосуванням нових сучасних різальних інструментів, які пропонують провідні зарубіжні верстатострументальні фірми, і які в 10 – 100 разів більш коштовні за вітчизняних різальних інструментів. Це пов'язано із тим, що їх працездатність пропорційна збільшенню ціни.



Рис. 4.13. Розподіл часток статей витрат на операціях металооброблення

Однак, застосування цих різальних інструментів дозволяє збільшити продуктивність праці, що, очевидно, приводить до зниження статті витрат, пов'язаної із заробітною платою робітників, і вирішення проблеми зниження собівартості виготовлення машинобудівної продукції. Так, встановлено, що зниження ціни різального інструменту на 20 % відповідає зниженню собівартості виробу лише на 0,6 %. Збільшення у 2 рази терміну служби різального інструменту також приводить до невеликого зниження собівартості виробу – всього на 1,5 %. А збільшення продуктивності оброблення шляхом застосування більш прогресивного різального інструменту на 20 % приводить до зниження собівартості виробу на 15 %. Отже, зниження собівартості виробу від застосування більш прогресивного різального інструменту відбувається шляхом зниження статті витрат, пов'язаної із заробітною платою робітників, у результаті підвищення продуктивності праці. Тому надзвичайно важливим є завдання ефективного застосування сучасних збірних конструкцій твердосплавних різальних інструментів зі зносостійкими покриттями, що забезпечують суттєве зменшення собівартості та збільшення продуктивності оброблення.

Зараз в Україні сформувався достатньо значний ринок різальних інструментів. На ньому спостерігається гостра конкурентна боротьба світових лідерів із виготовлення інструментів – фірм, що представляють такі економічно розвинені країни як Японія, Південна Корея, Німеччина, Ізраїль та ін. Ринок насичений різними різальними інструментами і завдання полягає лише в тому, щоб правильно орієнтуватися у виборі цих інструментів за принципом ціна / якість.

Необхідно зазначити, що тривалий час керівники промислових підприємств України психологічно не були готові до переходу на нові закордонні різальні інструменти у зв'язку з їх надзвичайно високою вартістю. Однак зараз у результаті значної роботи із рекламування цих інструментів та їх переваг, а також досвіду їх ефективного застосування, сталася психологічна ломка старих стереотипів і підприємства все частіше використовують у виробництві закордонні різальні інструменти. У результаті на деяких провідних машинобудівних підприємствах застосовують до 100 % таких різальних інструментів і це, незважаючи на надзвичайно високі ціни на них.

Основними перевагами цих різальних інструментів є висока стійкість і надійність роботи, чого не досягали раніше використанням традиційних вітчизняних різальних інструментів із твердих сплавів і швидкорізальних сталей. Висока стійкість і надійність роботи дозволяє ефективно

використовувати закордонні різальні інструменти в умовах високошвидкісного різання, забезпечувати високоякісне і високопродуктивне оброблення. Однак для цього необхідно використовувати сучасні високооборотіві металорізальні верстати із ЧПУ типу "оброблювальний центр", оскільки на застарілих верстатах не можна реалізувати умови високошвидкісного різання. Крім того, застарілі верстати мають відносно низьку жорсткість й вібростійкість. Це не дозволяє максимально використовувати високі потенційні технологічні можливості сучасних збірних різальних лезових твердосплавних і керамічних інструментів зі зносостійкими покриттями закордонного виробництва. Таким чином, домогтися високих показників механічного оброблення можна лише при комплексному поєднанні сучасних верстатів із ЧПУ і прогресивних різальних інструментів закордонного виробництва.

Завдяки проведенню модернізації промислові підприємства України, за 20 років пройшли шлях від відновлення своєї діяльності до активного конкурування на світових ринках. Деякі підприємства у даний час займають вагомую частку на закордонних ринках, а вироблена ними продукція характеризується високою якістю і надійністю в експлуатації та здатна конкурувати із найбільшими виробниками в світі. Це досягнуто, в основному, завдяки застосуванню нових технологій виробництва, сучасного обладнання та інструментів для металооброблення.

Промислові виробничі підприємства, що обрали шлях розвитку, усвідомлюють необхідність повного технічного переозброєння основних фондів. На багатьох виробничих підприємствах використовують обладнання 40 – 50-річної давності, яке не відповідає вимогам світового ринку. Тому всі ці підприємства прагнуть використовувати наявні грошові ресурси для придбання нового обладнання та інструментів. Разом з тим, як показує практичний досвід, у зв'язку із високою вартістю даних верстатів (від 200 тисяч доларів до 10 мільйонів доларів за одиницю) і різальних інструментів закордонного виробництва різко зростає собівартість оброблення, і застосування нових технологій високошвидкісного оброблення у ряді випадків стає економічно недоцільним. У цих умовах багато виробничих підприємств прагнуть на початку розвитку переходити лише на використання новітнього закордонного різального інструменту, щоб отримати додатковий економічний ефект, за рахунок якого в подальшому можна придбати сучасне обладнання.

При вирішенні завдань модернізації виробництва важливе значення набуває виконання техніко-економічного обґрунтування технологічних

рішень, що включають правильний вибір оптимальних режимів різання, характеристик прогресивних різальних інструментів та інших умов оброблення, із метою мінімізації собівартості оброблення і зниження до економічно прийняттого рівня терміну окупності придбаного за кордоном обладнання та інструментів.

Перші впровадження в 2000-і році нового коштовного обладнання на промислових виробничих підприємствах показали, що розрахований термін його окупності складає 100 років і більш, що значно перевищує економічно доцільні показники. Це було пов'язано із недостатнім на той час досвідом застосування коштовних металорізальних верстатів із ЧПУ типу "оброблювальний центр". У результаті технологічні процеси механічного оброблення майже не відрізнялися від традиційно застосовуваних на застарілих верстатах.

У подальшому із переходом до високошвидкісного оброблення і значним підвищенням швидкості різання та, відповідно, продуктивності оброблення з'явилася можливість значного зниження собівартості та трудомісткості оброблення. Це привело до суттєвого зниження терміну окупності придбаного за кордоном обладнання та інструментів. Значна роль в цьому належить інжиніринговим компаніям, які, маючи багатий досвід з впровадження у виробництво сучасного обладнання, допомагають промисловим підприємствам провести якісне техніко-економічне обґрунтування ефективного застосування придбаного устаткування, здійснити модернізацію виробництва та отримати економічний ефект.

Заслуговує на особливу увагу досвід роботи групи компаній "ВаріУс" (м. Дніпро), які спеціалізуються на наданні послуг інжинірингу (поставляють обладнання, інструменти, розробляють прогресивні технології, управляючі програми для верстатів із ЧПУ, готують кваліфікований персонал). У результаті впровадження нового різального інструменту за допомогою Групи компаній "ВаріУс" забезпечується підвищення продуктивності оброблення, зменшуються витрати на різальний інструмент. Так, наприклад, у АТ "Сумський завод "Насосенергомаш" тривалий час на операції фрезерування використовували різальний інструмент, виготовлений із твердого сплаву ТТ3540 (виробництва південно-корейської фірми *TaeguTec*). Після застосування різальних інструментів, виготовлених із більш ефективного твердого сплаву ТТ9080 (тієї самої фірми) продуктивність оброблення підвищилась на 33 %. У зв'язку із цим необхідно зазначити, що твердий сплав ТТ3540 був невдало обраний для виготовлення різальних інструментів.

У ЗАТ "Гідросила ГРУП" досягнуто підвищення продуктивності на 73 % і стійкості на 370 % завдяки застосуванню фрез, оснащених твердим сплавом виробництва фірми *TaeguTec*, порівняно із фрезами, оснащеними твердим сплавом виробництва фірми Kennametal.

У ПАТ "Київське центральне конструкторське бюро арматуробудування" досягнуто підвищення продуктивності на 209 % завдяки застосуванню різальних інструментів, оснащених твердим сплавом виробництва фірми *TaeguTec*, порівняно із різальним інструментом, оснащеним твердим сплавом виробництва фірми *ISCAR* (рис. 4.14).



Рис. 4. 14. Твердосплавні різальні інструменти виробництва фірми *ISCAR*

У ТОВ "ТРВЗ" вдалося вилучити операцію шліфування із технологічного процесу обробки деталей та знизити його трудомісткість завдяки впровадженню торцевої фрези фірми *TaeguTec* із різальною пластиною Wiper- геометрію [6, 61]. Wiper – це вид геометрії різальних пластин із зачисною кромкою, призначених для роботи на високих подачах. Wiper-геометрія застосовується в наступних випадках: для збільшення продуктивності обробки за рахунок збільшення подачі без погіршення шорсткості та для зменшення шорсткості поверхні при незмінній подачі. За рахунок зміни геометрії різальної кромки можна досягти потрібної якості поверхні при обробленні різних конструкційних матеріалів.

У ПАТ "Азовмаш" (м. Маріуполь) досягнуто підвищення продуктивності праці в 3,5 рази при обробленні Броні 71, а у ДП "Завод ім. Малишева" (м. Харків) – підвищення продуктивності праці на 60 % і стійкості різального інструмента у 2 рази під час свердління рушничними свердлами фірми *TaeguTec*.

Приклади впровадження нових різальних інструментів (зокрема, виробництва фірми *TaeguTec*) показують на можливість значного підвищення якості оброблених поверхонь деталей і продуктивності оброблення, а також зменшення витрат на різальні інструменти. Це дозволяє виготовляти продукцію із більш низькою собівартістю і високої якості. Отримуючи від впровадження нових різальних інструментів економічний ефект, виробниче підприємство може поступово вкладати кошти у придбання обладнання, яке здатне вивести підприємство на новий рівень виробництва.

Група компаній "ВаріУс" за 20 років роботи на українському ринку реалізувала вже більше 600 проектів із технічного переозброєння промислових підприємств. Кожен із цих проектів значно сприяв розвитку підприємств і економіки України в цілому. За допомогою Групи компаній "ВаріУс" деякі вітчизняні промислові підприємства змогли виграти міжнародні тендери на виробництво комплектуючих, набагато випередивши своїх конкурентів в Україні та за її межами.

Наприклад, у "Антарес-ю." ТОВ у результаті впровадження сучасного верстата DOOSAN PUMA 280 вдалося замінити 3 верстати із ЧПУ ще радянського виробництва. Це дозволило збільшити обсяги виробництва на 20 – 30 %. Термін окупності сучасного верстата DOOSAN PUMA 280 склав 24 – 30 місяців. При цьому з'явилася можливість виробництва нової продукції.

ТОВ "Гідроформа" придбала токарний оброблювальний центр із віссю С – DOOSAN Lynx220LM, що дозволило завдяки більш високим технічним показникам верстата збільшити виробництво на 15 – 20 % порівняно із застосовуваним раніше аналогічним токарним оброблювальним центром Haas. Термін окупності цього верстата склав 24 місяці.

У ПрАТ "Фінпрофіль" впроваджено фрезерний оброблювальний центр DOOSAN DNM500. Він дозволив замінити 2 універсальні верстати та збільшити обсяги виробництва на 40 – 50 %. З'явилася можливість виробництва нової продукції. Термін окупності цього верстата склав 28 місяців.

Впровадження нових верстатів DOOSAN PUMA280 на ПП "Магістр" дозволило у 2 рази (до 2,1 хв) зменшити час виготовлення деталі "Кришка передня". На застарілих верстатах 16K20Ф3 час виготовлення складав 4,2 хв.

У АТ "ДАЗ" у результаті впровадження сучасного верстата Doosan Lynx220LYA під час виготовлення деталі "Черевик" замовник повністю

вилучив доводочні роботи, тобто після оброблення на цьому верстаті він отримує готовий виріб.

ТОВ ПО "Восход" у результаті впровадження верстату типу "оброблювальний центр" Doosan Lynx 300M замінило 5 одиниць застарілого універсального обладнання (2 токарних, 1 фрезерний, 1 свердлильний і 1 шліфувальний верстат). Замість 3 переустановлень деталі зараз здійснюють лише одне переустановлення. Машинний час оброблення деталі знизився у 1,7 рази (був 41 хв, став 24 хв).

ТОВ "Черкасиелеватормаш" впровадило верстат Doosan DNM 750L, що дозволило випускати якісну продукцію, оскільки наявне обладнання не забезпечувало вимог за точністю та шорсткістю оброблення, які пред'являлися до деталей. Продуктивність оброблення підвищилася у 1,5 – 2 рази.

На ПАТ "Дніпроважмаш" завдяки застосуванню верстата Doosan DBC130 суттєво розвантажили парк універсального обладнання (приблизно на 25 – 30 %). Впровадження цього верстата надало можливість виготовляти якісну продукцію, хоча раніше наявне обладнання не забезпечувало вимог за точністю та шорсткістю оброблення, які пред'являлися до деталей.

ТОВ "Завод елеваторного обладнання" придбало верстат Doosan Puma 400LMB, який дозволив об'єднати токарні та фрезерні операції на одному верстаті. Досягнуто також збільшення продуктивності завдяки застосуванню сучасного різального інструмента. У середньому продуктивність оброблення збільшилася у 3 рази.

У ПрАТ "Дніпрополімермаш" впровадження нового верстата Doosan дозволило зменшити трудомісткість із 180 годин до 15,5 годин під час виготовлення прес-форми діаметром 2 200 мм. Це дозволило підприємству виграти міжнародний тендер, випередивши конкурентів, що пропонували виготовлення такої прес-форми за 150 – 160 годин.

Заслужують на увагу техніко-економічні показники діяльності деяких машинобудівних підприємств після проведення модернізації виробництва та його оснащення сучасними металорізальними верстатами.

"Антарес-Ю.В." ТОВ (м. Харків) – мале машинобудівне підприємство, що виробляє гідравлічні деталі. Це підприємство працює на ринку із високою конкуренцією, тому не має явної конкурентної переваги. Одним із основних шляхів залучення нових замовлень є бездоганна репутація та надійність виробника. Однак підприємство має в своєму розпорядженні велику кількість застарілого обладнання ще радянського зраз-

ка. Тому складно домогтися необхідної якості продукції, оскільки вона відноситься до виробів високої точності. У зв'язку із неможливістю стабільного забезпечення виготовлення цієї високоточної продукції багато потенційних клієнтів відмовлялися від співпраці з підприємством.

Прийнятий підприємством план розвитку передбачив підвищення якості продукції та зниження втрат від браку. Для цього був придбаний сучасний металорізальний верстат DOOSAN PUMA 280 вартістю 4,2 млн. грн. Його застосування дозволило значно підвищити точність механічного оброблення й, тим самим, забезпечити вимоги Замовника. У результаті вдалося впровадити нову технологію виготовлення виробів із підвищеною точністю оброблення, а завдяки придбанню металорізального верстата DOOSAN PUMA 280 – знизити собівартість виробництва. Завдяки цьому отримано економічний ефект 2,1 млн. грн на рік. Термін окупності обладнання склав 2 роки.

Придбаний верстат дозволив замінити 3 морально застарілих верстатів із ЧПУ і збільшити виробничі потужності підприємства на 25 %. У зв'язку із цим з'явилася можливість залучення нових потенційних клієнтів. Таким чином, забезпечення виробництва якісної продукції, зменшення витрат та задоволення потреб потенційних клієнтів дозволило підприємству отримати прямий економічний ефект 2,1 млн. грн на рік, а також отримати додатковий прибуток у результаті розширення виробничих потужностей та зменшення часу між отриманням замовлення та його виконанням.

ПрАТ "Фінпрофіль" (сел. Печеніги, Харківська обл.) займається виробництвом устаткування і прокатних верстатів. У результаті проведеного технічного аудиту на підприємстві було виявлено дві основні проблеми: низька продуктивність механічного оброблення й низька якість продукції, що випускається. Це не дозволяло підприємству конкурувати на закордонних ринках. Керівництву було запропоновано два альтернативних рішення: орієнтуватися на внутрішній ринок із низькою конкуренцією і далі виготовляти свою продукцію або модернізувати виробничу базу підприємства і виходити на закордонні ринки. Перший варіант дозволяв підприємству отримувати незначний прибуток та направляти його тільки на виплату дивідендів. Другий варіант – модернізація виробництва – дозволяв зменшити собівартість виготовлення продукції та підвищити її якість, що позитивно вплинуло на зростання прибутку та розвиток підприємства.

Обравши другий шлях розвитку, підприємство придбало за 2,6 млн. грн сучасний верстат із ЧПУ – DOOSAN DNM500, який значно підвищив

продуктивність оброблення, а також зменшив допоміжний час завдяки об'єднанню технологічних операцій, які здійснювали до цього на двох верстатах. Економічний ефект склав 1,2 млн. грн на рік, а термін окупності обладнання – 26 місяців. При цьому застосування нового обладнання ліквідувало "вузьке місце" підприємства в металообробленні, що дозволило підвищити на 44 % рівень виробничих потужностей.

Завдяки придбанню у 2015 році нового обладнання підприємство у 2016 році використало додаткові виробничі потужності, що з'явилися, й залучило додаткові замовлення. Так, дохід підприємства за 2016 рік порівняно із 2015 роком збільшився на 31,6 % (із 18,648 млн. грн до 24,548 млн. грн). Додаткові 5,9 млн. грн отримані у 2016 році в тому числі й шляхом придбання нового обладнання.

Керівництво підприємства підвищило рівень якості продукції, що випускається, та забезпечило розширення підприємства і створення нових робочих місць. У зв'язку із тим, що підприємство знаходиться в смт. Печеніги Харківської області й достатньо віддалено від обласного центра, створені нові робочі місця дозволили знизити переселення людей у великі міста та інтенсивніше розвивати місцеву інфраструктуру.

ПП "Магістр" (м. Мелітополь) виготовляє гідравлічні циліндри для сільськогосподарської техніки. Однією із проблем підприємства є низька продуктивність виготовлення деяких деталей для циліндрів, а також необхідність виконання трудомістких додаткових фінішних операцій оброблення для забезпечення необхідної якості виготовлених деталей. Низька продуктивність оброблення під час застосування застарілого обладнання, й, отже, тривалий виробничий цикл, не дозволяли підприємству ефективно конкурувати на закордонних ринках. Тому керівництво підприємства розглядало як один із варіантів виходу з ситуації, що склалася, зменшення кількості фінішних операцій оброблення завдяки невиконанню деяких із них.

Другий варіант вирішення цієї проблеми – зниження трудомісткості виготовлення окремих деталей циліндрів завдяки застосуванню сучасних технологій виробництва.

На підприємстві обрали другий варіант вирішення проблеми високої трудомісткості. Для цього придбали високопродуктивний верстат DOOSAN PUMA 280 вартістю 4,19 млн. грн. У результаті його застосування й, відповідно, нової більш ефективної технології виробництва продуктивність виготовлення деталей на цьому верстаті у середньому збільшилася у 2 рази. Якість оброблення деталей на новому верстаті

відповідає вимогам креслення, що вилучає необхідність виконання трудомістких додаткових фінішних операцій оброблення.

Збільшення продуктивності оброблення та вилучення трудомістких додаткових фінішних операцій оброблення дозволило підприємству отримати додатково 2,15 млн. грн. за рік. Отже, окупність проекту склала 2 роки. Після значного зниження тривалості виробничого циклу виготовлення гідравлічних циліндрів підприємству вдалося укласти декілька великих закордонних контрактів, запропонувати нижчу ціну і зменшити тривалість виготовлення продукції порівняно із конкурентами.

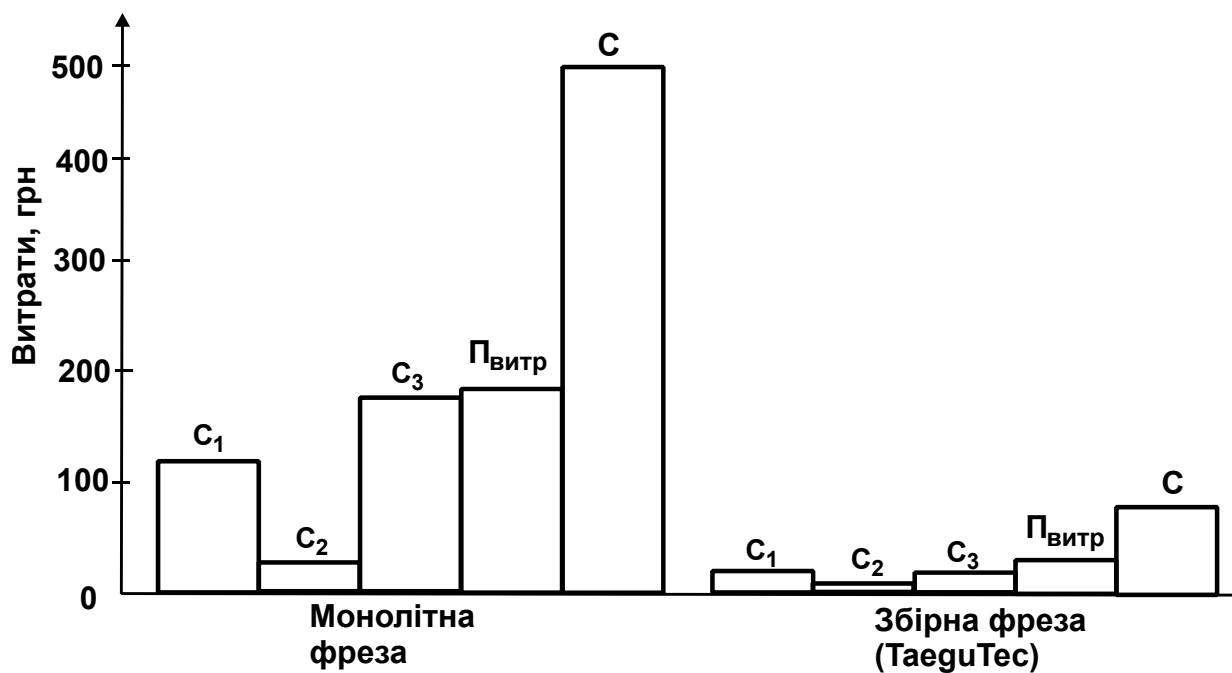
Розглянуті приклади діяльності виробничих підприємств показали, що модернізація власної виробничої бази позитивно впливає на фінансові показники діяльності підприємства. Придбання нового технологічного обладнання та технологій, підвищення кваліфікації персоналу хоча і вимагають великих інвестицій, проте, завдяки зниженню трудомісткості виробництва і відсотка браку продукції, що виготовляється, підприємству вдалося протягом 1 – 2 років повністю окупити кошти, що інвестуються, і отримати додатковий прибуток. При цьому підприємству вдалося збільшити виробничі потужності, що дозволило виготовляти протягом року більший обсяг промислової продукції, в тому числі завдяки виходу на закордонні ринки.

Результати оцінювання економічної ефективності від застосування нового високопродуктивного металорізального інструменту (виробник – Південна Корея) у виробничій діяльності вітчизняних машинобудівних підприємств – ДП "ХМЗ "ФЕД" та АТ "Гідросила" наведено на рис. 4.15 – рис. 4.17 [30].

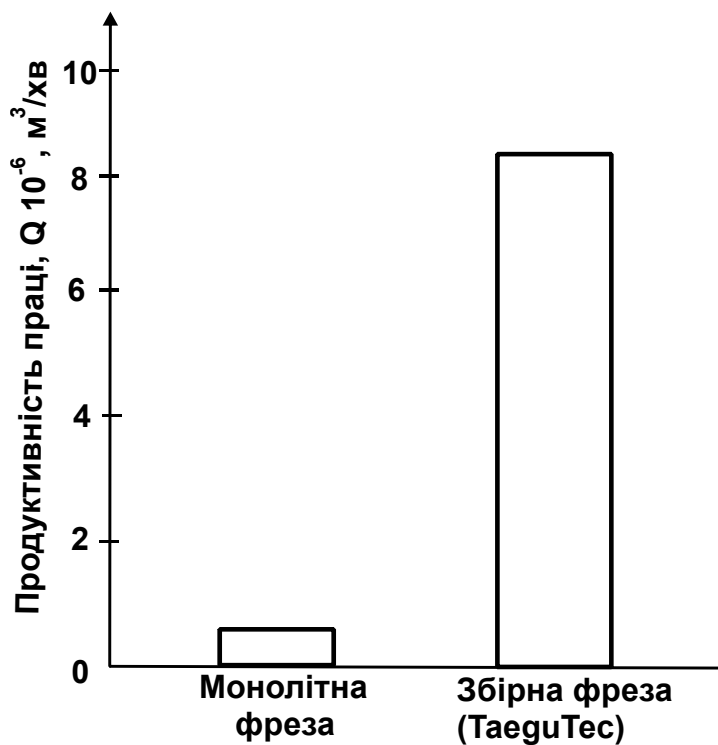
Згідно даним, наведеним на рис. 4.15, завдяки заміні монолітної вітчизняної фрези на збірну фрезу, виготовлену в Південній Кореї, вдалося підвищити продуктивність оброблення у 10 разів.

Змінні витрати (В) зменшилися більш ніж у 5 разів завдяки зменшенню: витрат на заробітну плату основних робітників (C_1), витрат на використаний інструмент (C_2), витрат на амортизацію й утримання обладнання (C_3) та інших витрат ($\Pi_{\text{витр}}$).

На рис. 4.16 і рис. 4.17 наведено економічні показники результатів впровадження нових високопродуктивних металорізальних інструментів (виробник – Японія) на операціях точіння і фрезерування в розрахунку на оброблення однієї деталі. У результаті вдалося знизити змінні витрати на 40 %, при цьому доля статей змінних витрат залишилася практично незмінною як на операції точіння, так і на операції фрезерування.



а



б

Рис. 4.15. Економічні показники результатів впровадження нового високопродуктивного металорізального інструменту на АТ "Гідросила": а – змінні витрати процесу фрезерування; б – продуктивність оброблення

Таким чином, застосування нових технологій та високопродуктивних металорізальних інструментів, завдяки підвищенню їх технологічних можливостей, дозволяє підприємству провести ефективну модернізацію.

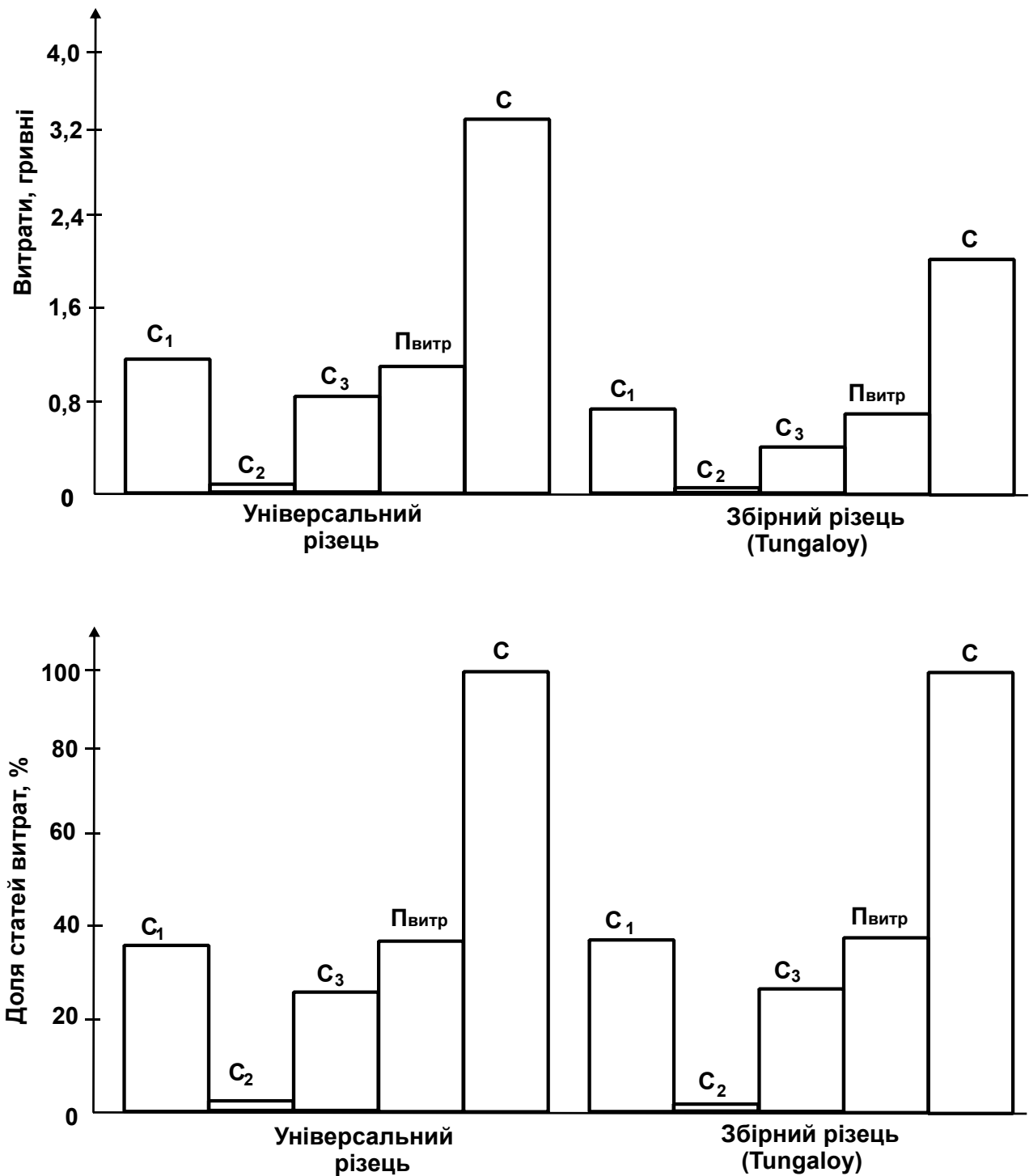


Рис. 4.16. Економічні показники результатів впровадження нового високопродуктивного токарного інструменту на ДП "ХМЗ" ФЕД

Наведені дані показують, що під час впровадження у виробничу діяльність нових високопродуктивних різальних інструментів підприємству вдається збільшити продуктивність оброблення на конкретних операціях до 10 разів та суттєво знизити змінні витрати. Це дозволяє зменшити собівартість виготовлення продукції, підвищити її якість й, відповідно, конкурентоспроможність.

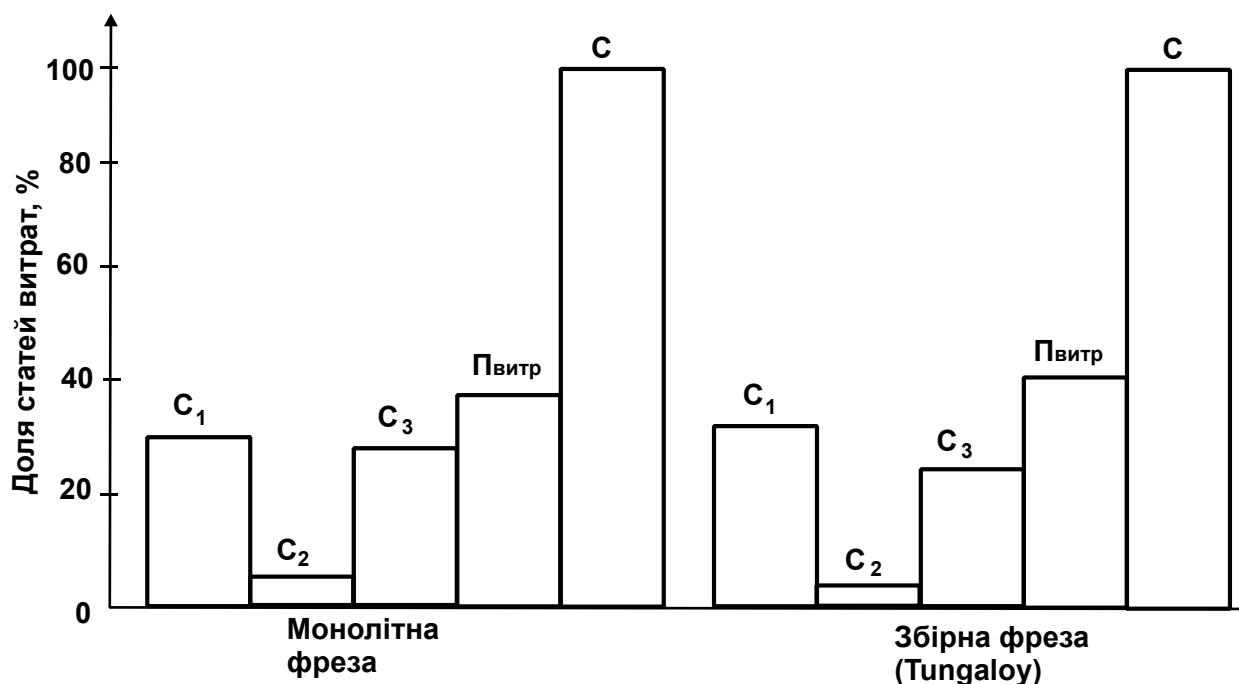
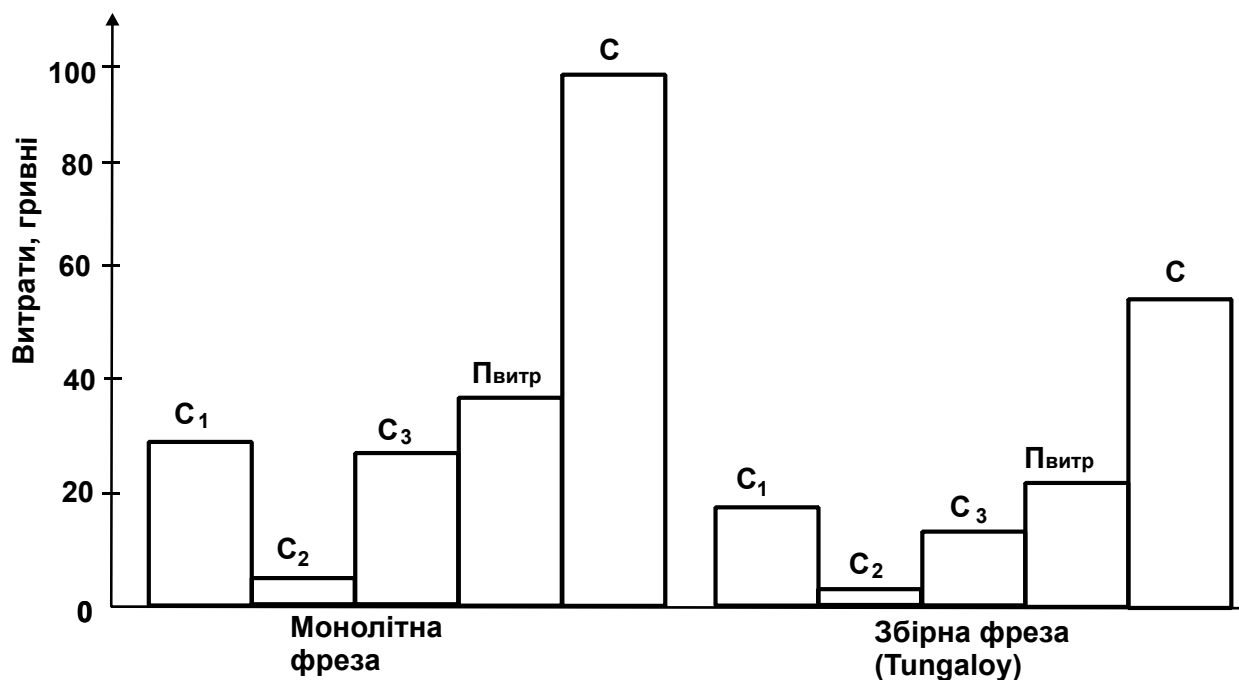


Рис. 4.17. Економічні показники результатів впровадження нового високопродуктивного фрезерного інструменту на ДП "ХМЗ" ФЕД

Таким чином, наведені приклади технічного переозброєння промислових підприємств України показують, що вкладення коштів у модернізацію виробничих фондів є одним із найбільш вигідних вкладень, проте довгострокових (2 – 3 роки).

Промислові підприємства, які активно співпрацюють із інжиніринговими організаціями, розвиваються швидше, ніж підприємства, які опи-

раються на власні сили у вирішенні всіх виробничих питань. Тому кожному промисловому підприємству, яке ставить завдання реального розвитку і виходу на світові ринки, слід проаналізувати можливість співпраці з інжиніринговими організаціями. Це пов'язано з тим, що у цих організаціях працюють кваліфіковані співробітники, які знають можливості обладнання, що постачається, та інструментів і оснащення, а також найкращі умови їх експлуатації.

4.2. Методика техніко-економічного обґрунтування доцільності придбання виробничим підприємством сучасного обладнання

Часто наводять інформацію, що виробниче підприємство вирішило придбати нове обладнання і своїми силами впровадити його у свій виробничий процес. Однак при цьому, зазвичай, виникають проблеми ще на етапі запуску обладнання або ж після певного періоду його роботи. Як показує практика, собівартість оброблення деталі на цьому обладнанні зростає або знижується незначно. Це не дозволяє окупити кошти, вкладені у придбання нового обладнання, тобто термін його окупності значно перевищує економічно доцільні показники.

Причинами цього є:

- 1) недостатні знання щодо ефективної експлуатації придбаного конкретного обладнання;
- 2) відсутність проведення попередніх техніко-економічних розрахунків та обґрунтування ефективного застосування у виробництві придбаного обладнання співробітниками підприємства.

Для зниження терміну окупності придбаного обладнання у першому випадку слід активно співпрацювати із великими інжиніринговими компаніями, які мають значний досвід роботи на українському ринку та які вже впроваджували подібне обладнання на інших виробничих підприємствах. Фахівці інжинірингових компаній на підставі власного досвіду впровадження або у результаті обміну досвідом із іншими дистриб'юторами з інших держав приблизно знають, як буде працювати це обладнання.

У другому випадку слід провести ретельний техніко-економічний аналіз доцільності придбання конкретного обладнання ще на етапі узгодження – підписання контракту. Це дозволить обґрунтувати вибір необхідного обладнання, яке забезпечить виробничому підприємству ви-

конання всіх технічних вимог із оброблення деталей та отримання прибутку. У противному випадку підприємство буде витратити додаткові кошти на доопрацювання обладнання, залучення сторонніх фахівців, які будуть повторно налаштовувати обладнання.

Виходячи із цього, запропоновано нову методику техніко-економічного обґрунтування доцільності придбання нового обладнання. Вона базується на необхідності розглядати питання придбання обладнання за наявності підписаних контрактів на виробництво продукції або ж підписаних домовленостей із покупцями продукції, що виготовляється, на розширення портфеля замовлень у найближчі роки. При цьому необхідно не допускати ситуації, коли придбання обладнання здійснюється на підставі лише бажання деяких керівників підприємства у подальшому займатися пошуком нових замовлень.

Запропонована методика також базується на необхідності під час обґрунтування доцільності придбання обладнання аналізувати постачальника, який готовий поставити цю модель обладнання. Це вилучає ситуації, коли контракт на поставку обладнання підписують із постачальником, який не має достатнього досвіду впровадження сучасного обладнання у виробничий процес, а також може в будь-який момент порушити виконання виробництва продукції підприємством у зв'язку із неможливістю запуску обладнання або ж підбору обладнання і технології виробництва, які не здатні забезпечити виготовлення продукції необхідної якості та із необхідною собівартістю.

На основі проведення техніко-економічного обґрунтування доцільності придбання обладнання за даною методикою розраховують кінцевий узагальнюючий показник. На підставі цього показника можна виконати вибір найбільш ефективної моделі обладнання, яка забезпечить максимально можливий прибуток підприємству та мінімальний термін окупності інвестицій, а також дозволить мінімізувати ризики у процесі взаємодії з постачальником обладнання.

Розглянемо сутність запропонованої методики.

Вихідні дані: завод вирішив придбати сучасний верстат і узгоджує умови придбання. Для цього необхідно спочатку обґрунтувати мету придбання нового верстата та надати документальне підтвердження обґрунтуванню збільшення портфеля замовлень на продукцію, яку будуть виготовляти на новому верстаті, наприклад, на протязі 3-х років. Це можуть бути угоди із покупцем продукції щодо додаткового замовлення, угоди щодо наміру розширення співпраці та ін. Можливо, це аналіз ринку

збуту і обґрунтування того, що продукція, яка випускається на цьому підприємстві, користується попитом на ринку і є можливість збільшення частки цього ринку. Тобто підприємство повинно документально підтвердити, що новий верстат буде завантажений виробництвом цієї продукції на повну потужність, а не: "спочатку купимо верстат, а потім вже будемо шукати замовлення під нього".

Після обґрунтування мети придбання нового верстата і можливостей збільшення портфеля замовлень підприємство надає технічне завдання. На його підставі постачальники верстатів пропонують необхідний верстат, розробляють технологію виробництва і направляють свої пропозиції до комісії, що займається питаннями придбання нового верстата.

Пропозиції від постачальників верстатів за конкретним технічним завданням розглядають спочатку на реальність оброблення деталі за запропонованою технологією і отримання необхідних технічних параметрів. Якщо запропонована технологія оброблення дозволяє отримати технічні параметри оброблених деталей, які було закладено в технічному завданні, то пропозицію від цього постачальника аналізують на економічну ефективність. Вона полягає у виконанні послідовних розрахунків, які наведено далі.

1. Згідно запропонованої технології оброблення деталі приймають основні технічні показники, у тому числі відносну трудомісткість виготовлення деталі:

$$\Delta T_M = \frac{(T_{M_{\text{баз}}} - T_{M_{\text{пл}}})}{T_{M_{\text{баз}}}},$$

де $T_{M_{\text{баз}}}$, $T_{M_{\text{пл}}}$ – відповідно базова та планова трудомісткості виготовлення деталі, год.

2. Розрахунок верстато-години для нового верстата під час роботи за новою технологією оброблення (у табл. 4.1 та у подальших розрахунках знак " / " означає операцію ділення; знак " × " – операцію множення; знак " + " – операцію додавання; знак " – " – операцію віднімання).

3. Зміну трудомісткості виробництва деталі ΔT_M слід перевести у зміну продуктивності праці: $\Delta \Pi = \frac{\Delta T_M \cdot 100}{100 - \Delta T_M}$ (годин).

4. Визначають коефіцієнт підвищення продуктивності праці на 1 грн станко-години відповідно до залежності:

$$\frac{\frac{\Delta\Pi}{100} + 1}{\text{ціна верстато-години}} + 1.$$

Чим більше цей коефіцієнт, тим ефективніше працює верстат.

Таблиця 4.1

**Розрахунок верстато-години для нового верстата
під час роботи за новою технологією оброблення**

	Показник	Розрахунок або значення
1	Найменування верстата	
2	Вартість верстата, грн	
3	Період амортизації верстата, рік.	
4	Амортизаційні відрахування за рік, грн	пп.2 / пп.3
5	Площа під верстат, м ²	
6	Вартість оренди 1 м ² площі за місяць, грн	
7	Орендна плата за площу під верстат за рік, грн	пп.5 × пп.6 × 12
8	Розрахунковий фонд роботи обладнання за рік в годинах	
9	Вартість верстато-години на утримання обладнання, грн/год.	пп.10 / пп.8
10	Витрати на утримання обладнання за рік, грн	пп.7 + пп.4
11	Час експлуатації обладнання за рік, годину	
12	Потужність верстата, що споживається, кВт/год.	
13	Вартість 1 кВт/год електроенергії, грн	
14	Витрати на електроенергію за рік, грн	пп.12 × пп.13 × пп.11
15	Витрати на інженерно-технічне обслуговування обладнання за рік, грн	
16	Витратні матеріали (масло, МОР та ін.), грн	
17	Вартість верстато-години, грн	(пп.4 + пп.7 + пп.10 + пп.14 + пп.15 + пп.16) / пп.8

5. Визначають відсоток збільшення замовлень на продукцію протягом 3-х років, яку виготовлятимуть на новому верстаті (приймають із даних, які надає підприємство).

6. Перевагу надають верстату, який може забезпечити збільшення продуктивності праці $\Delta\Pi$, рівний (або більший на 10 – 20 %) збільшенню замовлень на продукцію, яку виготовлятимуть на новому верстаті.

Якщо збільшення замовлень становитиме приблизно 100 %, то, очевидно, відсутня потреба купівлі верстата, що збільшить продуктивність на 200 %. Швидше за все цей верстат буде коштовніше, причому, частину часу він буде простоювати через відсутність додаткових замовлень і, отже, термін окупності цього верстата буде вище.

7. Для кожного постачальника, що направив свої пропозиції, розраховують коефіцієнт постачальника K_p . Мінімальний показник приймають рівним 1: $K_p = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$.

Коефіцієнт K_1 . Якщо постачальник готовий до моменту підписання договору захистити свою технологію виробництва на тестовій деталі на аналогічному верстаті на іншому підприємстві, то коефіцієнт дорівнює 2, якщо ні, то 1.

Коефіцієнт K_2 . Постачальник надає звіт ЄСВ за попередній рік. Якщо середня заробітна плата робітників у постачальника за попередній рік перевищує середню заробітну плату робітників (в Україні або в промисловості України), то коефіцієнт дорівнює 2, якщо нижче середньої, то коефіцієнт дорівнює 1.

Коефіцієнт K_3 . Цей коефіцієнт показує наявність робітників у штаті постачальника, у яких в трудовому договорі передбачено обов'язок надавати замовнику послуги гарантійного сервісу та / або сервісу після продажі. Якщо такий робітник є, то коефіцієнт дорівнює 2, якщо такого робітника немає, то коефіцієнт дорівнює 1. Далі кожен додатковий робітник, який надає замовнику послуги сервісу, додає до коефіцієнта 0,1 (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Значення коефіцієнта K_3

Кількість робітників	Коефіцієнт K_3
0	1
1	2
2	2,1
3	2,2
4	2,3

Постачальник надає або всю копію трудового договору або виписки із нього: ПІБ робітника, із яким укладається договір; пункт договору, у якому передбачено обов'язок надання таких послуг; в кінці договору – підпи-

си сторін. Головне – це надати поіменно, хто із робітників у разі порушення роботи верстата буде займатися його налаштуванням та ремонтом.

Коефіцієнт K4. Цей коефіцієнт показує можливість надання пуско-налагоджувальних робіт. Якщо постачальник надає такі послуги, то коефіцієнт дорівнює 2, а якщо не надає, то коефіцієнт дорівнює 1. До комісії надають перелік робіт, які будуть виконані під час запуску верстата і приблизний термін їх виконання.

Якщо коефіцієнт постачальника K_p менше 8, то такого постачальника необхідно розглядати ризиковим (ненадійним).

8. Розраховують основні витрати на оброблення 1 деталі на новому верстаті з використанням нової технології.

8.1. Розрахунок витрат на інструмент на 1 деталь (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Витрати на інструмент на 1 деталь

	Показник	Розрахунок або значення
1	Назва корпусу інструмента або державки	
2	Назва використаних різальних пластин	
3	Вартість корпусу або державки, грн	
4	Вартість різальної пластини, грн	
5	Кількість пластин на корпусі або державці, шт.	
6	Вартість інструмента, грн	$(пп.5 \times пп.4) + пп.3$
7	Ресурс корпусу або державки інструмента, рік	
8	Розрахунковий фонд роботи обладнання за рік, годин	
9	Максимальна кількість деталей, оброблених в ресурсний термін корпусу або державки інструмента, шт.	
10	Витрати на корпус інструмента в розрахунку на 1 деталь, грн	$пп.3 / пп.9$
11	Кількість різальних кромки на пластині, шт.	
12	Вартість різальної кромки, грн	$пп.4 / пп.11 \times пп.5$
13	Кількість деталей, оброблених одним комплектом пластин, шт.	
14	Витрати на інструмент в розрахунку на 1 деталь, грн	$пп.10 + ((пп.4 \times пп.5) / пп.13)$

8.2. Розрахунок витрат на обладнання на оброблення 1 деталі.

Вони дорівнюють добутку планової трудомісткості $T_{M_{пп}}$ оброблення 1 деталі та вартості верстато-години.

8.3. Розрахунок трудовитрат на оброблення 1 деталі (табл 4.4).

Таблиця 4.4

Трудовитрати на оброблення 1 деталі

	Показник	Розрахунок або значення
1	Планова трудомісткість оброблення 1 деталі, год.	
2	Тарифна ставка робітника, грн/год.	
3	Коефіцієнт підвищення заробітної плати робітника за рахунок зниження трудомісткості	
4	Основна заробітна плата робітника на оброблення 1 деталі, грн	пп.1 × пп.2 × пп.3
5	Додаткова заробітна плата робітника, %	
6	Витрати на додаткову заробітну плату робітника, грн	(пп.5 / 100) × пп.4
7	Адміністративні витрати (ЄСВ = 22 %), грн	(пп.4 + пп.6) × 0,22
8	Витрати на заробітну плату робітника в розрахунку на оброблення 1 деталі, грн	Пп.4 + пп.6 + пп.7

8.4. Сумарні витрати (в грн) в розрахунку на оброблення 1 деталі за новою технологією включають: витрати на заробітну плату на оброблення 1 деталі, витрати на інструмент на оброблення 1 деталі та витрати на обладнання на оброблення 1 деталі.

9. Розрахунок основних витрат на оброблення 1 деталі на старому верстаті із використанням старої технології виконується аналогічно розрахункам, наведеним у п. 8.

10. Розрахунок економічного ефекту від оброблення 1 деталі.

Економічний ефект від оброблення 1 деталі дорівнює різниці основних витрат на оброблення 1 деталі на старому верстаті із використанням старої технології та основних витрат на оброблення 1 деталі на новому верстаті із використанням нової технології (грн).

11. Розрахунок економічного ефекту за 1 рік. Він дорівнює добутку економічного ефекту від оброблення 1 деталі (п.10) та кількості деталей, оброблених за 1 рік, грн.

12. Розрахунок економічного ефекту за 3 роки. Він дорівнює добутку економічного ефекту від оброблення 1 деталі (п. 10) та кількості деталей, оброблених за 3 роки, грн.

13. Розрахунок економічної доцільності придбання нового верстата і терміну його окупності.

13.1. Розрахунок економічної доцільності придбання нового верстата дорівнює відношенню економічного ефекту за 3 роки (п.12) і вартості нового верстата. Якщо розраховане значення більше одиниці, то придбання нового верстата доцільно.

13.2. Розрахунок терміну окупності нового верстата дорівнює відношенню вартості нового верстата і економічного ефекту за 1 рік (п.11), років.

14. Вибір найбільш ефективного верстата і його постачальника.

Основним критерієм вибору найбільш ефективного верстата є відношення коефіцієнта постачальника до терміну окупності верстата. Для отримання максимального економічного ефекту необхідно, щоб верстат окупився якомога швидше, тобто термін його окупності був мінімальним, а коефіцієнт постачальника був максимальним (щоб знизити ризики при придбанні обладнання та його подальшій експлуатації). При цьому необхідно виконати дві вимоги:

1) новий верстат повинен забезпечити оброблення деталей у кількості, що дорівнює або більше планової кількості деталей на найближчі 3 роки;

2) під час оброблення на новому верстаті необхідно забезпечити виконання всіх технічних характеристик, які пред'являються замовником до продукції, що виготовляють.

Таким чином, вибір найбільш ефективного верстата необхідно здійснювати за умови, щоб відношення коефіцієнта постачальника (табл. 4.2) і терміну окупності верстата (п. 13.2) було максимально можливим.

Приклад застосування методики розрахунку економічної доцільності придбання нового верстата

Вихідні дані за *новою технологією*: машинний час оброблення деталі $T_{M_{пл}} = 18$ хв, час на установлення деталі 12 хв, стійкість різального інструменту 17,5 деталей, трудомісткість оброблення деталі $(18+12):60 = 0,5$ години.

Вихідні дані за *базовою технологією*: машинний час оброблення деталі $T_{M_{баз}} = 116,1$ хв, час на установлення деталі 12 хв, стійкість інструменту 1,25 деталей, трудомісткість оброблення деталі $(116,1+12):60 = 2,14$ години.

1. Розрахунок відносної трудомісткості оброблення 1 деталі:

$$\Delta T_M = \frac{(T_{M_{баз}} - T_{M_{пл}})}{T_{M_{баз}}} = \frac{(2,14 - 0,5)}{2,14} = 0,766.$$

2. Розрахунок верстато-години для нового верстата під час роботи за новою технологією оброблення (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Верстато-години для нового верстата під час роботи
за новою технологією оброблення**

	Показник	Розрахунок або значення	
		Нова технологія	Базова технологія
1	Найменування верстата	Верстат 1	Верстат 2
2	Вартість верстата, грн	90 000	75 000
3	Період амортизації верстата, років	6	6
4	Амортизаційні відрахування за рік, грн	15 000	12 500
5	Площа під верстат, м ²	10	10
6	Вартість оренди 1 м ² площі за місяць, грн	108	108
7	Орендна плата за площу під верстат за рік, грн	12 960	12 960
8	Розрахунковий фонд роботи обладнання за рік, год.	2 050	2 050
9	Вартість верстато-години на утримання обладнання, грн/год.	13,64	12,42
10	Витрати на утримання обладнання за рік, грн	27 960	25 460
11	Час експлуатації обладнання за рік, год.	1 537,5	2 050
12	Потужність верстата, що споживається, кВт/год.	14,5	14
13	Вартість 1 кВт/год. електроенергії, грн	1,97	1,97
14	Витрати на електроенергію за рік, грн	43 918,69	56 539
15	Витрати на інженерно-технічне обслуговування обладнання за рік, грн	1 200	1 200
16	Витратні матеріали (масло, МОР та ін.), грн	2 000	2 000
17	Вартість верстато-години, грн	36,62	41,56

3. Переводимо зміну трудомісткості виробництва деталі у зміну продуктивності праці: $\Delta\Pi = \frac{76,6 \cdot 100}{100 - 76,6} = 327 \%$.

4. Визначаємо коефіцієнт підвищення продуктивності праці на 1 грн верстато-години за залежністю:

$$\frac{\frac{\Delta\Pi}{100} + 1}{\text{ціна верстато-години}} + 1 = \frac{\frac{327}{100} + 1}{36,62} + 1 = 1,1166.$$

Ціна верстато-години (п. 17 у табл. 4.5) дорівнює 36,62 грн.

Чим більше цей коефіцієнт, тим ефективніше працює верстат.

5. Визначаємо відсоток підвищення замовлень на продукцію протягом 3-х років, яку виготовлятимуть на новому верстаті – приймаємо 250 % (на основі звіту маркетингової служби підприємства).

6. Базовий верстат здатний забезпечити виготовлення 957 деталей за рік (за вихідними даними підприємства). У даному прикладі збільшення продуктивності оброблення на верстаті становить 327 %, а збільшення портфеля замовлень становить 250 % або 3350 деталей за рік, тобто верстат буде завантажений не повністю і має резерв у 23,6 %.

7. Коефіцієнт постачальника $K_p = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$ (див. п.7 на стор. 149).

Постачальник надає можливість оброблення тестової деталі на аналогічному обладнанні на території іншого підприємства ($K_1 = 2$).

Середньомісячна заробітна плата у постачальника за минулий рік склала 14 750 грн, що вище середньої заробітної плати в Україні, яка дорівнює 10 687 грн ($K_2 = 2$). Штат постачальника обладнання нараховує 15 співробітників, у посадові обов'язки яких зазначено надання послуг сервісу після продажу ($K_3 = 2 + 14 \cdot 0,1 = 2 + 1,4 = 3,4$).

Постачальник надає послуги пуско-налагоджувальних робіт і готовий виконати їх у середньому протягом 6 робочих днів ($K_4 = 2$).

$K_p = 2 \times 2 \times 3,4 \times 2 = 27,2$. Тоді $K_p \geq 8$, отже, постачальник надійний.

8. Розрахунок основних витрат на оброблення 1 деталі на новому верстаті із використанням нової технології.

8.1. Розрахунок витрат на інструмент в розрахунку на оброблення 1 деталі (табл. 4.6).

8.2. Розрахунок витрат на обладнання в розрахунку на оброблення на 1 деталі.

Витрати визначаються добутком: (п.17 табл. 4.5) x трудомісткість оброблення деталі.

За новою технологією витрати становлять: $36,62 \times 0,5 = 18,31$ грн, за старою технологією – $41,56 \times 2,14 = 88,94$ грн.

Таблиця 4.6

Витрати на інструмент в розрахунку на оброблення 1 деталі

	Показник	Розрахунок / значення	
		Нова технологія	Базова технологія
1	Назва корпусу інструмента або державки	ТаегуТес 14D-F45XN 12125-40R-09	Торцева фреза D160Z8
2	Назва використаних різальних пластин	ТаегуТес XNMU 0906 ANTR-M TT6080	PNUM-110408 BK8
3	Вартість корпусу або державки, грн	24 960	0
4	Вартість різальної пластини, грн	409	36
5	Кількість пластин на корпусі або державці, шт.	12	8
6	Вартість інструмента, грн	2 988	288
7	Ресурс корпусу або державки інструмента, років	2	–
8	Розрахунковий фонд роботи обладнання за рік, год.	2 050	2 050
9	Максимальна кількість деталей, оброблених в ресурсний термін корпусу або державки інструмента, шт.	8 200	–
10	Витрати на корпус інструмента в розрахунку на оброблення 1 деталі, грн	3,04	–
11	Кількість різальних кромки на пластині, шт.	14	5
12	Вартість різальної кромки, грн	350,57	57,6
13	Кількість деталей, оброблених одним комплектом пластин, шт.	245	6,3
14	Витрати на інструмент в розрахунку на оброблення 1 деталі, грн	23,07	9,14

8.3. Розрахунок трудовитрат на оброблення 1 деталі (табл. 4.7).

Трудовитрати на оброблення 1 деталі

	Показник	Розрахунок / значення	
		Нова технологія	Базова технологія
1	Трудомісткість оброблення деталі, год.	0,5	2,14
2	Тарифна ставка робітника, грн/год.	31,72	31,72
3	Коефіцієнт підвищення заробітної плати робітника за рахунок зниження трудомісткості	1,4	1
4	Основна заробітна плата робітника на 1 деталь, грн	22,2	67,88
5	Додаткова заробітна плата робочого, %	18	18
6	Витрати на додаткову заробітну плату робітника, грн	4	12,22
7	Адміністративні витрати (ЄСВ = 22 %), грн	5,76	17,62
8	Витрати на заробітну плату в розрахунку на 1 деталь, грн	31,96	97,72

8.4. Сумарні витрати на оброблення 1 деталі за новою технологією: (п. 8 табл. 4.7 + п. 14 табл. 4.6 + п. 8.2) = 31,96+23,07+18,31= 73,34 грн.

9. Розрахунок основних витрат на оброблення 1 деталі на старому верстаті за старою технологією: 97,72+9,14+88,94= 195,8 грн.

10. Розрахунок економічного ефекту від оброблення 1 деталі:
195,80 – 73,34 = 122,46 грн.

11. Розрахунок економічного ефекту за 1 рік:
122,46 × 3 350 = 410 241 грн.

12. Розрахунок економічного ефекту за 3 роки:
122,46 × 3 350 × 3 = 1 230 723 грн.

13. Розрахунок економічної доцільності придбання нового верстата і терміну його окупності.

13.1. Розрахунок економічної доцільності придбання нового верстата. Розраховане значення (1 230 723 / 90 000) = 13,67 більше 1, що означає доцільність придбання нового верстата.

13.2. Розрахунок терміну окупності нового верстата:
90 000 / 410 241 = 0,22 років = 2,6 місяців.

14. Вибір найбільш ефективного верстата та його постачальника на основі узагальнюючого показника, який визначають відношенням коефіцієнта постачальника та терміну окупності. Розрахунками встановлено, що він дорівнює: $27,2 / 0,22 = 123,6$. Чим вище цей показник, тим ефективніше придбання нового металорізального верстата.

Слід зазначити, що один і той же верстат у різних постачальників буде мати різне значення узагальнюючого показника. Тому вибір постачальника здійснюється за найбільшим значенням цього узагальнюючого показника.

Питання для самостійного контролю

1. Що таке модернізація виробничого підприємства та її практичне значення?

2. Обґрунтуйте ефективність застосування сучасних виробничих технологій із використанням металорізальних верстатів із числовим програмним управлінням.

3. Наведіть приклади ефективного впровадження компанією "ВаріУс" (м. Дніпро) на виробничих підприємствах верстатів із числовим програмним управлінням та сучасних металорізальних інструментів.

4. Які закордонні верстатоінструментальні компанії активно співпрацюють із виробничими підприємствами України? Назвіть моделі сучасних металорізальних верстатів із числовим програмним управлінням, які ефективно застосовують на виробничих підприємствах міста Харкова.

5. У чому полягає ефективність застосування високошвидкісного механічного оброблення на металорізальних верстатах із числовим програмним управлінням?

6. Які переваги має застосування металорізальних верстатів із числовим програмним управлінням порівняно із звичайними (традиційними) металорізальними верстатами під час механічного оброблення деталей та вузлів літака?

7. У чому полягає ефект застосування сучасного зубошліфувального верстата із числовим програмним управлінням, який працює за прогресивним методом профільного копіювання?

8. Якою функціональною залежністю пов'язані продуктивність і трудомісткість оброблення деталей та за рахунок яких чинників можна їх змінювати?

9. Надайте характеристику сучасного технологічного оснащення виробництва ТОВ "Імперія металів" – основного виробника в Україні складнопрофільної формуючої оснастки для харчової промисловості – та обґрунтуйте ефективність його практичного використання.

10. Назвіть найбільші статті витрат собівартості виробництва продукції на машинобудівних підприємствах України.

11. Наскільки значно впливає ціна різального інструмента на собівартість оброблення деталей?

12. За рахунок якого технологічного чинника механічного оброблення можна досягти найбільшого зниження собівартості виготовлення машинобудівної продукції?

13. У чому полягає ефективність застосування зносостійких покриттів на робочих поверхнях твердосплавних різальних інструментів під час оброблення ними деталей?

14. У чому полягає необхідність виконання техніко-економічного обґрунтування технологічних рішень під час модернізації промислового виробництва?

15. Які техніко-економічні показники підвищуються після проведення модернізації виробництва на підприємстві?

16. Наведіть приклади ефективного проведення модернізації виробництва на конкретних підприємствах та за рахунок яких чинників це досягнуто.

17. Обґрунтуйте економічні показники результатів впровадження нових високопродуктивних різальних інструментів на АТ "Гідросила" та ДП "ХМЗ" ФЕД.

18. Охарактеризуйте запропоновану методику техніко-економічного обґрунтування доцільності придбання виробничим підприємством сучасного технологічного обладнання.

19. Завдяки яким чинникам можна знизити термін окупності придбаного технологічного обладнання?

20. За яких техніко-економічних показників здійснюють вибір найбільш ефективної моделі технологічного обладнання?

21. Як визначити витрати на технологічне обладнання на оброблення однієї деталі?

22. Наведіть алгоритм виконання розрахунку економічного ефекту оброблення однієї деталі від впровадження на виробничому підприємстві сучасного технологічного обладнання.

Література: [6, 30, 38, 61, 89].

Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування ефективності операційної діяльності виробничого підприємства за умов забезпечення вимог соціально відповідального маркетингу

5.1. Соціально відповідальний маркетинг на промисловому ринку

XXI століття можна охарактеризувати проривом у сфері соціальної відповідальності. У рамках ООН підписують глобальні документи щодо соціальної відповідальності у різних сферах. Більшість країн ратифікують ці угоди та виконують їх на рівні державних органів, а також на рівні приватного бізнесу. Всі ці ініціативи спрямовано на захист населення та довкілля. Із кожним роком збільшується кількість власників підприємств, які усвідомлюють свою безпосередню відповідальність перед країнами, на території яких здійснюють діяльність, перед населенням, потенційними покупцями, співробітниками та їхніми сім'ями. Багато власників підприємств виконують деякі соціальні зобов'язання держави населенню, оскільки відчувають, що можуть оперативніше вирішити ці питання через низький бюрократизм [65].

У Податковому [88] та Господарському [14] Кодексах України, Законі України "Про рекламу" [95] прописано деякі питання, які підприємства мають виконувати для розвитку суспільства. Так, кожен суб'єкт господарської діяльності повинен сплачувати податки, надавати найманім працівникам відпустку, оплачувати лікарняні листи, надавати гідну заробітну плату, стежити за рівнем викидів в атмосферу шкідливих речовин та ін. Деякі підприємства, навпаки, прагнуть знайти недоопрацювання законодавства та не виконувати якихось вимог Податкового та Господарського Кодексу України, скорочуючи завдяки цьому величину витрат та збільшуючи прибуток підприємства.

Багато питань щодо забезпечення нормального рівня життєдіяльності суспільства не прописано у законодавстві, тому створюються різні громадські організації, які на добровільних засадах займаються вирішенням конкретних питань [78]. У зв'язку із цим у підприємств виник такий термін – "Соціальна відповідальність" або "Корпоративна відповідальність". Для вирішення цих соціально значущих питань окремі підприємст-

ва прагнуть знизити негативний вплив своєї діяльності на суспільство. Одним із таких напрямів діяльності є соціально-відповідальна робота з клієнтами, яка отримала назву "Соціально відповідальний маркетинг". Цей напрям передбачає, що кожне підприємство приймає вибір: допускати дрібні недоопрацювання за якістю продукції, що випускається, і в просуванні її на ринку або здійснювати чесну конкурентну боротьбу.

Якщо розглядати споживчий ринок, де є велика кількість потенційних покупців та товарів масового виробництва, то втрата кількох потенційних клієнтів, які не задоволені якістю запропонованого товару або якістю обслуговування, ніяк не вплине на ефективність роботи підприємства. При цьому величина додаткового прибутку, отриманого від реалізації неякісного товару або через низький рівень обслуговування, буде значно вищою за потенційний збиток. Таке співвідношення прибутку та збитку штовхає багато підприємств до виробництва неякісної продукції та надання послуг низької якості. Так, продукти харчування виготовляють із використанням сировинних заміників, що призводить до їх низької якості. Великі магазини змінюють інформацію щодо дати розфасування продуктів харчування для збільшення терміну їх придатності. В оголошеннях щодо оренди приміщення занижується ціна для привернення уваги потенційного орендаря тощо. На споживчому ринку період погодження покупки триває лише кілька хвилин, і покупець дуже рідко має необхідні знання та досвід для оцінювання якості товару.

Для підтвердження цієї тези слід розглянути приклад ринку запчастин для автомобілів, виробництво яких розвивається у двох напрямках: постачання підприємствам для збирання нових автомобілів та продаж запчастин на ринках міст та у дрібних магазинах. Ринок запчастин можна розглядати споживчим ринком, оскільки зараз є велика кількість автомобілів, які постійно необхідно ремонтувати, замінюючи деякі деталі на нові. Купівлю запчастин здійснюють протягом декількох хвилин, і покупець не має можливості (у зв'язку з відсутністю необхідних знань та обладнання) виконати технічний аналіз якості товару, що придбає, випробувати його в роботі. Тому цей ринок дуже привабливий для контрафактної продукції, оскільки, починаючи з 2003 року, річне зростання обсягу ринку автозапчастин становить 26,5 %.

Ткачов М. М. у роботі [107] навів статистику виробництва запчастин для автомобілів заводом, який є власником технології виробництва, та статистику продажів автозапчастин в Україні. Згідно з цією статистикою, ринок запчастин для автомобілів має приблизно 25 % контрафактної

продукції. Під час виробництва контрафактної продукції використовують найгіршу сировину (порівняно з офіційною продукцією), застосовують застарілі технології, використовують персонал низької кваліфікації. Крім того, у собівартість контрафактної продукції не закладають амортизацію витрат на проектування та розробку продукції, що витрачають офіційні виробники. Тому собівартість контрафактної продукції значно занижена, що дозволяє встановлювати занижену ціну на товар, що продається, в порівнянні з товаром офіційного виробника.

Другий напрям діяльності – постачання автомобільним заводам зі збирання автомобілів – визначає промисловий ринок, де постачати продукцію можуть лише сертифіковані виробники. За умовою відповідності якості, що закладається в договір постачання товару, автомобільний завод у разі виявлення невідповідності заявленій якості товару припиняє співпрацю з постачальником та надає йому 90 днів на усунення зауважень. Якщо постачальник й через 90 днів поставить свою продукцію з неусуненим дефектом, то він потрапляє в "чорний список" й з ним не співпрацюватимуть автомобільні заводи всього світу. Цей факт показує, що промислові підприємства, які навмисне йдуть на обман свого покупця, можуть втратити все.

Малоймовірно, що підприємства, які працюють на промисловому ринку, підуть на навмисний обман свого покупця (маючи в контракті жорстку умову відповідності якості) через бажання отримати надприбутки. Причиною обману може стати відсутність виробничої бази (обладнання, інструменту та технології), достатньої для виготовлення продукції необхідної якості. Причину обману через відсутність виробничої бази слід розглядати з двох позицій.

Багато підприємств не має необхідних коштів на оновлення свого технічного потенціалу. Тому вони виготовляють товар у явно програшних умовах (порівняно зі світовими конкурентами) і свідомо йдуть на махінації з просуванням товару, компенсуючи цим низьку якість.

Підприємства, що мають необхідні засоби для відновлення технічного потенціалу, часто не мають кваліфікованого персоналу з технічного переозброєння. Тому ці підприємства для виробництва нової продукції закуповують нове обладнання, що не відповідає призначенню продукції, або низької вартості, яке, як правило, не дозволяє якісно виготовляти необхідну продукцію, а також нове обладнання може надходити на підприємство з порушенням термінів поставки. У результаті підприємство має зобов'язання з постачання готової продукції необхідної якості, а ви-

робнича база для її виготовлення відсутня. Тому керівникам підприємства доводиться вигадувати різні заходи щодо виробництва продукції, яка максимально наближається до необхідної якості, та щоб покупець не помітив цієї невідповідності.

Для виключення виробництва неякісної продукції необхідно постійно здійснювати технічне переозброєння підприємства, купувати обладнання, що відповідає необхідному призначенню та якості продукції, що випускається, за критерієм ціна/якість, а не за критерієм мінімальної ціни, як це передбачено системою електронних закупівель "Прозора". Для цього слід активніше співпрацювати з інжиніринговими центрами, де зосереджені кваліфіковані фахівці, здатні впровадити нове технологічне обладнання у виробництво та забезпечити необхідну якість продукції, що виготовляється.

5.2. Соціально відповідальний маркетинг в управлінні якістю та конкурентоспроможністю виробничої продукції

Світова економічна криза, яка почалася в 2008 році й торкнулася всіх країн, завдала значної шкоди українським підприємствам [64]. За оцінюванням багатьох експертів, наслідки цієї кризи ще й зараз відчутні в українській економіці. Постійне перебування у кризовому стані не дозволяє підприємствам вийти на нормальний ритм роботи та здійснювати довгострокову програму розвитку. У результаті багато підприємств використовують застаріле обладнання, яке не дозволяє виготовляти якісну продукцію. У сукупності з недосконалою законодавчою базою та низькою моральною відповідальністю деяких керівників на ринку реалізується значний обсяг неякісної продукції, яка завдає шкоди покупцеві та навколишньому середовищу. Регулювання та недопущення таких порушень здійснює соціально відповідальний маркетинг (СОМ), який зараз розглядають багато вчених [41, 46, 52, 53, 73, 75], проте який недостатньо ще висвітлений за конкретними галузями з особливостями ринків та ситуації в Україні.

Відповідно до визначення професора Орлова П. А. [73, 75] *соціально відповідальний маркетинг суб'єктів господарювання* – це неухильне виконання вимог державних нормативних актів у сфері забезпечення со-

ціальної відповідальності на території країни базування та країн, в які експортуються їх товари та послуги; неприпустимість участі у корупційних схемах, неприпустимість здійснювати шахрайство; неприпустимість виробництва та/або реалізації продукції, небезпечної для майна, моралі, здоров'я, життя людей, навколишнього природного середовища та суспільства в цілому, а також несумлінної реклами та методів психологічного впливу на споживачів з метою нав'язати вигідне для себе рішення чи будь-яку покупку; прояв соціально спрямованих ініціатив [75]. При цьому соціально спрямовані ініціативи підприємства не завжди є обов'язковими.

Традиційно продукцію промислового призначення оцінюють рівнем якості, а споживчі товари – методами просування продукції споживачеві.

Великі світові виробники промислової продукції, які співпрацюють з багатьма державами, приділяють значну увагу рівню якості продукції, що випускається, і постійно вдосконалюють його. У розпорядженні цих підприємств є: сучасне виробниче обладнання, висококваліфікований персонал, великі фінансові ресурси та ефективні технології виробництва. Для цих підприємств (яких у світі одиниці) конкурентна боротьба на ринках полягає у наданні кращого післяпродажного обслуговування. Із конкурентами, які мають низький рівень виробничого обладнання та менш кваліфікований персонал, великі виробники виграють завдяки можливості виготовлення продукції кращої якості.

Великі промислові підприємства мають у своєму розпорядженні сучасну виробничу базу, тому впровадження нового обладнання або технологій несуттєво збільшує ефективність використання обладнання. Тому великі підприємства прагнуть інвестувати значні кошти в інновації виробництва та конструкції продукції. Однак не завжди вдається досягти позитивного результату та отримати нововведення, що здатні реально покращити якість виготовленої продукції. Тому деякі промислові підприємства йдуть на навмисні махінації. Наприклад, німецький автовиробник Volkswagen інвестував велику суму коштів у розробку нового екологічно чистого дизельного двигуна. Але після багаторічних досліджень та розробок керівництво підприємства дійшло висновку, що потрібно інвестувати ще більшу суму і при цьому ніхто не може гарантувати успішного завершення розробки нового двигуна. Це підштовхнуло керівників до впровадження програмного забезпечення, яке у тестуванні занижувало показники шкідливих викидів та дозволяло автомобілям відповідати новим екологічним стандартам США [2, 38, 47, 74, 93, 118]. Багато інших

автовиробників також безрезультатно інвестували кошти у розробку нових дизельних двигунів, але пізніше також використовували спеціальне програмне забезпечення для заниження показників шкідливих викидів під час тестування автомобілів. Це вказує на те, що сучасний рівень розвитку промислового виробництва не дозволяє досягти певних технічних рішень, й, щоб не втратити свою частку на ринку, автовиробники змушені використовувати махінації під час просування своєї продукції.

Одним із напрямів розвитку великих промислових підприємств є зниження витрат на сировину, матеріали та заробітну плату. Це простежується, наприклад, у бажаннях деяких європейських країн знизити вартість закупівлі природного газу, часткове перенесення багатьма підприємствами виробничих потужностей у країни з нижчим рівнем заробітної плати або закупівлю комплектуючих у цих країнах [4]. Наприклад, американська компанія The Boeing Company закупила у індійської компанії програмне забезпечення за нижчими цінами для літаків Boeing 737 MAX, внаслідок чого два літаки цієї моделі розбилися, загинуло понад 300 пасажирів.

Промислові підприємства України мають конкурентні переваги перед великими підприємствами розвинених країн: низький рівень заробітної плати за високого рівня кваліфікації персоналу, розвинену виробничу інфраструктуру замкнутого циклу, низьку вартість енергоресурсів. При цьому виробниче обладнання на більшості підприємств морально та фізично застаріло.

Ряд промислових підприємств України, що проводять масштабну модернізацію, здійснюють, свого роду, технологічний прорив у світ якісної та конкурентоспроможної продукції, що займає лідируючі позиції на зарубіжних ринках. За рахунок цього зростає прибуток підприємства. Прикладами таких підприємств є ПАТ "ФЕД", АТ "Турбоатом" та інші підприємства, які інвестували кошти в модернізацію та нині є великими експортерами вітчизняної машинобудівної продукції, що приносять до бюджету України значні надходження валютної виручки.

Систематичне проведення заходів щодо модернізації промислового підприємства створює базу, спираючись на яку підприємства можуть ефективно виконувати взяті на себе зобов'язання перед замовниками та суспільством в цілому. Ефективне проведення модернізації дозволяє підприємству підвищувати свою конкурентоспроможність на ринку і, тим самим, підвищувати фінансову ефективність діяльності, а також знижувати ціну своєї продукції.

Промисловому підприємству, яке не має сучасної виробничої бази, вкрай складно дотримуватися принципів соціальної відповідальності маркетингу.

Метою модернізації виробництва, переважно, є організація випуску нової продукції або поліпшення виробничого процесу випуску продукції, яку вже виготовляють. Нове обладнання застосовують під конкретне виробниче завдання із певними технічними вимогами. Часто в цей процес підключають представників замовника продукції, щоб узгодити з ними ще на етапі планування технічні можливості нового обладнання. Це розширює можливості маркетингової діяльності підприємства.

Спільна робота із представниками замовника підвищує конкурентоспроможність машинобудівного підприємства за рахунок тісніших робочих відносин виробника та замовника. Керівництво підприємства-виробника показує свою відкритість та бажання виконати замовлення з максимальною ефективністю.

Вперше питання модернізації промислових підприємств України гостро постало на початку 2000-х років у зв'язку з їх виходом із тривалої кризи 1990-х років і необхідністю підвищення якості та конкурентоспроможності продукції, що виготовляється. Особливо гострим стало питання модернізації підприємств, що виготовляють авіаційну та іншу наукомістку продукцію. Без проведення модернізації підприємств вихід цієї продукції на закордонні промислові ринки був фактично закритий. Навіть Російська Федерація відмовлялася від продукції, виготовленої на авіаційних підприємствах України із застосуванням застарілого зношеного обладнання з низькою якістю виготовлення. У цих умовах багато підприємств почали модернізувати свої виробництва, оснащувати їх сучасним, але коштовним закордонним обладнанням. Проте ефект від його застосування спочатку був невеликий. Керівники та фахівці підприємств психологічно ще не були готові до роботи з таким обладнанням, адже йшлося про можливість суттєвого підвищення (до 5 разів і більше) продуктивності та, відповідно, якості при використанні сучасних металорізальних верстатів із ЧПУ типу "обробний центр". Для цього необхідно володіти новими науковими знаннями щодо потенційних можливостей запропонованих технологій, а вони в Україні на той час були відсутні.

У зв'язку з цим, ДП "ХМЗ "ФЕД" спільно з ПАТ "ФЕД" проявили ініціативу і, починаючи з 2000 року, двічі на рік, протягом майже 20 років проводили на своїй території великі міжнародні науково-практичні

конференції [105] із запрошенням провідних наукових шкіл країн Близького та Далекого зарубіжжя. Було поставлено завдання спільними зусиллями вийти на рівень ефективного застосування у виробництві сучасних технологій машинобудування. Для цього підприємства – організатори конференцій готували та видавали збірники наукових праць учасників конференцій, які розповсюджували на підприємствах та у вищих навчальних закладах України. Було підготовлено фундаментальне наукове видання у 10 томах, присвячене сучасним технологіям машинобудування, за участю провідних науковців та спеціалістів, а також підготовлено та видано велику кількість різноманітних збірників науково-технічних статей, монографій, підручників та навчальних посібників. Це дозволило ДП "ХМЗ" ФЕД, ПАТ "ФЕД" та іншим провідним промисловим підприємствам подолати психологічний бар'єр, пов'язаний із придбанням коштовного закордонного обладнання, та вийти на реальні одно- та дворічні терміни його окупності, тоді як раніше окупність становила більше 10 років. Це також дозволило підприємствам на новій основі рекламувати свою продукцію, виготовлену із застосуванням принципово нових технологій. У результаті було досягнуто значне підвищення продуктивності праці та якості продукції, яка стала конкурентоспроможною на ринках та відповідала принципам соціально відповідального маркетингу.

Проведення зазначених заходів дозволило підвищити рівень науково-технічних знань вчених та спеціалістів України, дало поштовх проведенню масової модернізації виробництва на промислових підприємствах. Цим ДП "ХМЗ" ФЕД та ПАТ "ФЕД" успішно виконували функції держави з підйому промислового виробництва після кризового стану 1990-х років. Своїми діями ДП "ХМЗ" ФЕД і ПАТ "ФЕД" стали ініціаторами соціально відповідального маркетингу на промислових підприємствах, внесли ефективні пропозиції щодо організації та проведення маркетингової діяльності. Також ці підприємства в результаті модернізації виробництва стали флагманами вітчизняного машинобудування і домоглися суттєвого підвищення прибутку і добробуту своїх працівників.

Крім того, ряд провідних фахівців цих підприємств захистили дисертації та отримали дипломи кандидатів та докторів технічних та економічних наук. Це значно підвищило науково-технічний рівень підприємств та якість наукомісткої продукції, яка відповідала вимогам соціально відповідального маркетингу. Тому одним з основних напрямів соціально відповідального маркетингу є розвиток соціально-економічної системи України за рахунок удосконалення законодавчої бази вітчиз-

няних машинобудівних підприємств промислового ринку, а також підвищення рівня підготовки молодих фахівців, здатних створювати та впроваджувати інноваційні технології виробництва на промислових підприємствах.

Водночас у науковій літературі недостатньо уваги приділено розробці науково обґрунтованих методик, використовуючи які підприємства можуть здійснювати модернізацію виробничих потужностей. Тому багато промислових підприємств та інжинірингових фірм (що впроваджують обладнання та інструменти) самостійно встановлюють перелік питань, які необхідно вирішити під час модернізації виробничих потужностей. При цьому перелік питань, що розглядають різні підприємства, є різним. У результаті може виявитися, що придбаний високопродуктивний металорізальний верстат, внаслідок його високої вартості, не дозволить виготовляти конкурентоспроможну машинобудівну продукцію. Або, якщо придбати дешевший верстат, підприємство не досягає того рівня продуктивності, якого досягли провідні підприємства, що виготовляють аналогічну продукцію. Усе це приводить до невиконання взятих зобов'язань за термінами замовлень.

Часто на новому устаткуванні використовують застарілі конструкції різальних інструментів, які не дозволяють максимально реалізувати високі потенційні можливості нового обладнання. У результаті знижується економічна ефективність обладнання, що обмежує можливості підприємства підвищувати прибуток. До того, як правило, на підприємствах немає кваліфікованого персоналу для роботи на новому устаткуванні.

Усвідомлюючи проблему із процесу модернізації, багато підприємств почали замовляти модернізацію "під ключ" в інжинірингових компаніях. Вартість такої модернізації значно вища, проте керівництво машинобудівного підприємства може бути на 100 % упевнено, що у призначений термін обладнання запрацює та почне ефективно виконувати виробниче замовлення. Кожна інжинірингова компанія має свою методику проведення модернізації "під ключ". Більшість компаній успішно виконують поставлене завдання, але не реалізують максимально можливий ефект для машинобудівного підприємства.

Після аналізу та узагальнення інформації щодо методики проведення модернізації інжиніринговими компаніями, у цій роботі запропоновано вдосконалену методику [60]. У ній основними є питання, що виникають під час проведення модернізації потужностей на стадії обов'язкового узгодження всіх поставлених завдань та доповнень, які можуть ви-

никнути під час обговорення, а також на наступній стадії ухвалення рішення щодо проведення модернізації. Тому перед початком практичних робіт із модернізації підприємства складається план дій, який не потребує серйозних додаткових змін у процесі застосування.

Запропоновану методику проведення інвестиційного планування модернізації умовно можна поділити на чотири етапи (рис. 5.1). Перехід на кожен наступний етап можливий після виконання всіх поставлених завдань на попередньому етапі. У процесі здійснення модернізації неможливе вибіркове виконання деяких завдань окремо від інших без дотримання черговості.

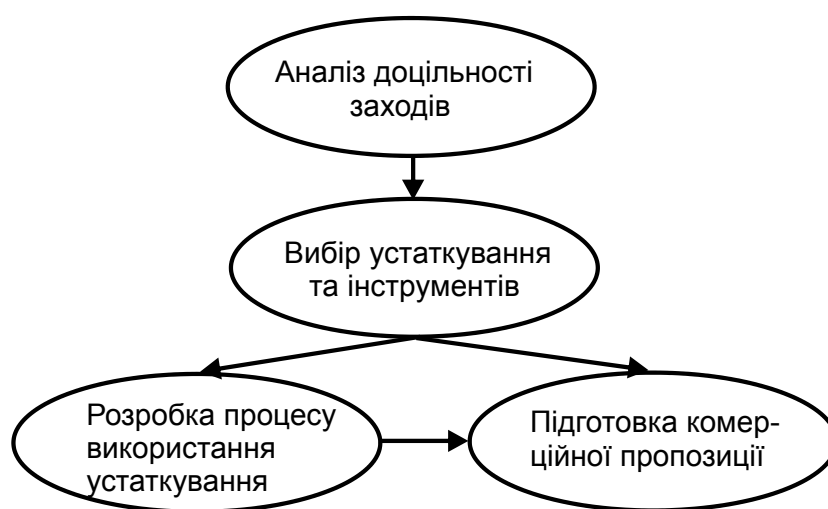


Рис. 5.1. Етапи планування модернізації виробництва підприємства

Як бачимо, на рис. 5.1 кінцевим етапом є підготовка комерційної пропозиції та плану проведення модернізації. Документи, що вже підготовлено, на четвертому етапі призначені для керівників промислового підприємства, на якому буде здійснюватися модернізація.

Запропонована методика планування модернізації виробничих потужностей на промисловому підприємстві зводить в єдиний процес всі необхідні заходи, щоб забезпечити максимальну ефективність від модернізації промислового підприємства. Ця методика не є вичерпною – кожному замовнику можна запропонувати додаткові послуги. Однак для ефективної модернізації виробничих потужностей виконання всіх розглянутих у наведеній методиці питань є обов'язковою умовою.

Розроблено також методичний підхід до створення довгострокового розвитку промислового підприємства. Він заснований на необхідності постійної модернізації виробничих потужностей підприємства як основної

умови отримання максимально можливого прибутку підприємства при неухильному дотриманні принципів соціально відповідального маркетингу.

Аналіз діяльності ПАТ "ФЕД" – одного із найбільших ефективно працюючих машинобудівних підприємств України – показав, що постійне оновлення виробничого обладнання та збільшення продуктивності праці позитивно впливає на підвищення прибутку підприємства та його доходу.

У результаті проведеного дослідження встановлено взаємозв'язок між принципами соціально відповідального маркетингу (СОМ) підприємства, його прибутком та якістю продукції, що виготовляється. Виходячи із цього, доцільним є визначення поняття СОМ, яке пропонує Орлов П. А. [73, 75], та характеристику соціально-етичного маркетингу, яку пропонує Котлер Ф. [42], прийняти за основу та запропонувати визначення поняття "соціально відповідальний маркетинг вітчизняних машинобудівних підприємств промислового ринку" із наступним формулюванням: соціально-відповідальний маркетинг вітчизняних машинобудівних підприємств промислового ринку – це напрям діяльності підприємств, спрямований на неухильне виконання вимог державних нормативних актів у сфері забезпечення соціальної відповідальності на території країни базування та країн, до яких експортують їхні товари і послуги; зниження ціни продукції; на виробництво та реалізацію якісної продукції, яка є безпечною для моралі, здоров'я, життя та майна замовників, а також навколишнього природного середовища та суспільства в цілому, з ефективним управлінням технологією виробництва та забезпеченням якості, необхідної замовнику; неприпустимості недобросовісної реклами та методів психологічного впливу на замовників продукції та кінцевих покупців з метою нав'язати їм покупку, а також задоволення всіх потреб замовника.

5.3. Ефективне управління технологіями виробничих підприємств – важливий чинник підвищення якості та конкурентоспроможності їхньої продукції, соціальної відповідальності та збільшення прибутку

Відповідно принципам соціально відповідального маркетингу, продукція, що виготовляється, повинна відповідати вимогам замовника, бути безпечною в експлуатації та не завдавати шкоди навколишньому середовищу. Із огляду на специфіку, наприклад, машинобудівного виробництва більшість такої продукції розробляється під конкретного замовника за

його технічними вимогами. Замовник вказує у технічному завданні перелік параметрів, яким має відповідати продукція, а розробник разом із виробником проектує нову продукцію або модернізують існуючий зразок згідно вимог конкретного замовника. Найчастіше замовник вказує у технічному завданні набір функцій, які має виконувати виготовлений виріб, його відповідність екологічним нормам тощо. Завдання розробника – вказати необхідний перелік параметрів якості, яких слід дотримуватися під час виробництва, щоб продукція відповідала вимогам замовника. При цьому весь виробничий процес підприємства-виробника має бути рентабельним та приносити прибуток від виробництва продукції. На підприємстві має бути впроваджено систему якості ISO 9001:2015 [25], яка дозволить здійснювати багаторазову перевірку якості продукції, що виготовляється.

Слід зазначити, що продукція повинна відповідати нормам сертифіката ISO 14001 та бути екологічно безпечною у виробництві та експлуатації, а також відповідати положенню ISO 26000:2010 щодо соціальної відповідальності підприємства. Більшість промислових підприємств, які асоціюють себе соціально відповідальними, мають сертифікати про впровадження ISO 9001:2015 та ISO 14001.

Питанням соціальної відповідальності маркетингу приділяють пильну увагу багато вчених [10, 117, 123, 124]. При цьому багато хто з них розглядає соціальну відповідальність маркетингу на ринку споживчих товарів, а ринок машинобудівної продукції залишається маловивченим. У науковій літературі складно знайти теоретичну інформацію щодо основних напрямів порушень, які використовують керівники машинобудівних підприємств під час реалізації своєї продукції. Недостатньо вивченим є питання впливу соціально відповідального маркетингу на собівартість та прибуток машинобудівного підприємства.

Проблема полягає у тому, що відсутній єдиний підхід із управління собівартістю та якістю продукції, що виготовляється. У класичній економічній літературі пропонують оптимізувати укрупнені складові процесу виробництва. Однак при цьому існує безліч варіантів оптимізації складових укрупненого показника, якими займаються вже технічні фахівці та які мають інше розуміння сутності оптимізації, ніж у економістів. У результаті економісти пропонують завдання на оптимізацію собівартості продукції, а технологи, одержуючи від економістів це завдання, оптимізують, переважно, параметри процесу виробництва та якості продукції.

При визначенні собівартості продукції необхідно аналізувати витрати на виконання технологічних операцій, оскільки вони безпосередньо

пов'язані з виробничим циклом, і управління цими витратами дозволяє зменшити або збільшити прибуток підприємства. При зміні витрат на операцію змінюється якість продукції. І тут необхідно знати граничний рівень якості, при перевищенні якого продукцію будуть рахувати бракованою. Реалізуючи таку продукцію, керівництво підприємства навмисне порушує принципи соціально відповідального маркетингу, що приводить до накладення штрафних санкцій з боку замовника або контролюючих державних органів та, відповідно, зниження прибутку підприємства, а в деяких випадках і ліквідацію підприємства.

У науковій літературі наведено значну кількість інформації щодо ефективних методів та моделей управління прибутком підприємства [28, 96, 122]. При цьому у багатьох випадках параметри якості продукції розглядають укрупненим показником, який характеризує продукцію за двома критеріями: якісна чи неякісна. При аналізі такого показника складно визначити, які параметри якості продукції враховують і тому можливі випадки, коли у деяких моделях управління прибутком підприємства розглядають переважно економічні параметри. Внаслідок такого управління прибутком можна розрахунками домогтися позитивних теоретичних результатів отримання прибутку, але на практиці продукція, що виготовляється, може не відповідати всім вимогам із боку замовника.

Для управління витратами на операції виготовлення кожної конкретної продукції необхідно визначити суттєвий показник якості чи інтегральний показник кількох показників. У машинобудуванні одним із основних показників якості є шорсткість обробленої поверхні деталі. Тому на основі розробленої математичної моделі технологічних витрат на операції шліфування встановлено взаємозв'язок витрат на виконання операції та показника якості продукції (рис. 5.2) [63]. Витрати на виконання операції включають: заробітну плату основних робітників із соціальними відрахуваннями, витратний інструмент та матеріали, електроенергію на технологічні потреби.

На рис. 5.2 пунктирною лінією показано граничне значення показника якості продукції, перевищення якого вказує на те, що продукція бракована. Продукція, показник якості якої набуває значення, меншого граничного значення (розташованого ліворуч від пунктирної лінії), при реалізації відповідатиме заявленим у договорі вимогам, тобто відповідати принципам соціально відповідального маркетингу. Продукція, показник якості якої набуває значень, що перевищують граничне значення (розташовані праворуч від пунктирної лінії), буде бракованою, тобто, не

відповідатиме деяким чи всім вимогам, прописаним у контракті. Отже, у цьому випадку не виконуються принципи соціально відповідального маркетингу.

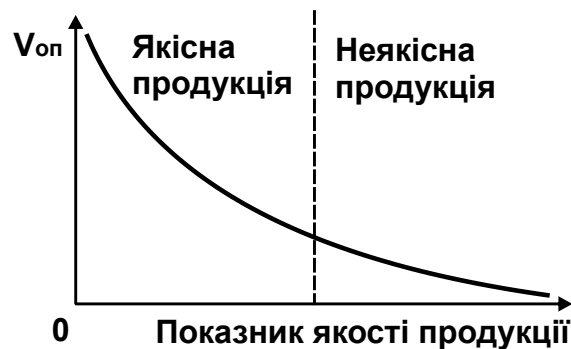


Рис. 5.2. Залежність витрат на виконання операції $V_{оп}$ від показника якості продукції

Аналіз значень показника якості продукції, що розташовані на схемі ліворуч від граничного кордону, показав, що існує безліч варіантів виробництва продукції (рис. 5.3).

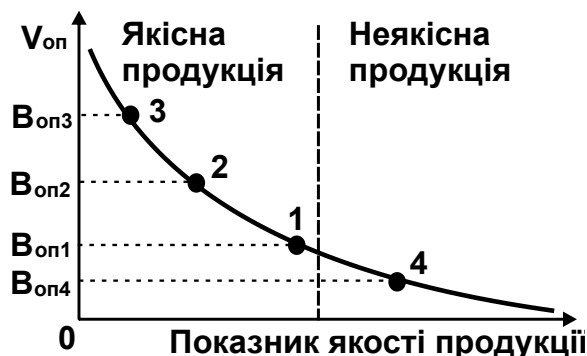


Рис. 5.3. Витрати на виконання операції $V_{оп}$ при різному рівні показника якості продукції

На рис. 5.3 видно, що у точці 1 продукція є якісною та відповідає найменшим витратам. У точці 2 якість продукції вище, ніж у точці 1, та й витрати на операцію вищі. У точці 3 якість продукції, а, відповідно, і витрати вищі, ніж у точках 2 та 1. У точці 4 якість продукції нижча, ніж у точках 1; 2; 3. При цьому продукція може бути навіть бракованою, хоча витрати менші, ніж в інших точках на схемі.

Підприємство, яке вирішило підвищити якість продукції, тобто, перейти зі стану, що визначається точкою 1 на схемі, до стану, що визначається точкою 2, збільшує свої витрати. Однак одночасно із підвищен-

ням якості продукції, що виготовляється, відбудеться підвищення її конкурентоспроможності, збільшиться займана нею частка на ринку. Також у підприємства з'явиться можливість виходу зі своєю продукцією на закордонні ринки та участь у активній конкурентній боротьбі. Перехід у стан, що визначається точкою 3 на схемі, дозволить підприємству ще значніше збільшити свою конкурентоспроможність на вітчизняних та закордонних ринках аж до завоювання лідерства на них.

Отримання додаткового прибутку підприємства внаслідок підвищення якості продукції та зниження витрат на операцію можливе за рахунок збільшення обсягів виробництва та реалізації продукції на нових ринках. На рис. 5.4 показано ще один варіант підвищення прибутку шляхом зниження витрат за незмінної якості або підвищення якості зі зниженням витрат.

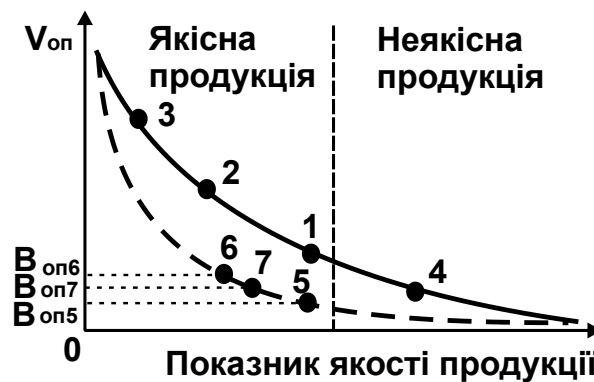


Рис. 5.4. Витрати на виконання операції $V_{оп}$ із використанням нових технологій

Згідно рис. 5.4, в умовах використання нових технологій, обладнання та інших технічних нововведень у виробництві продукції витрати на виконання операції знижуються при незмінному показнику якості продукції (перехід із точки 1 в точку 5). У цьому випадку можна досягти підвищення якості продукції без зміни витрат (здійснюючи перехід із точки 1 до точки 6) або навіть знижуючи їх (при переході із точки 1 до точки 7). Це рішення забезпечить підприємству суттєву конкурентну перевагу, що приведе до збільшення обсягів реалізації та, тим самим, до збільшення прибутку підприємства. Керівництво підприємства, спираючись на взаємозв'язок витрат на операцію та показники якості продукції, що виготовляється, може встановлювати необхідні рівні якості виготовленої продукції та витрат, які досягаються із придбанням нового обладнання, технологій, інструментів тощо.

На рис. 5.5 показано взаємозв'язок трьох показників: витрат на операцію, продуктивності праці та якості продукції. Використовуючи цей взаємозв'язок, можна визначити величину витрат і продуктивність за певної величини показника якості продукції. Із аналізу взаємозв'язку продуктивності праці та якості продукції випливає, що при досягненні високих показників продуктивності праці якість продукції значно погіршується.

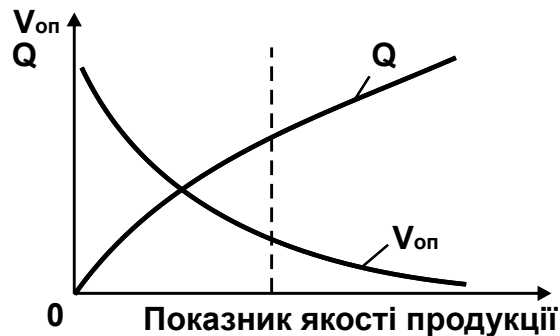


Рис. 5.5. Взаємозв'язок витрат на виконання операції $V_{оп}$, продуктивності праці Q та показника якості продукції

Соціально відповідальний маркетинг стає обмежувачем підвищення продуктивності праці вище певної величини, оскільки перевищення її призводить до випуску бракованої продукції (рис. 5.5). У таких випадках у керівника підприємства виникають три альтернативні рішення:

- працювати із мінімальною продуктивністю, але при цьому дотримуватися принципів соціально відповідального маркетингу та виготовляти якісну продукцію;
- підвищувати продуктивність і цим знижувати витрати на виконання операції для забезпечення можливості конкурувати на ринку за рахунок нижчої ціни або отримання надприбутку, що порушує принципи соціально відповідального маркетингу, та реалізації бракованої продукції;
- впроваджувати нові технології у виробництво, що дозволяють підвищити продуктивність праці без зниження якості продукції (рис. 5.6).

Згідно з рис. 5.6, у результаті впровадження у виробництво нових технологій, у керівника підприємства з'являється можливість збільшення продуктивності праці без погіршення якості продукції. Це пов'язано зі значною зміною структури витрат на виготовлення продукції за новою технологією. Витрати на виготовлення додаткової продукції шляхом підвищення продуктивності праці включають витрати на:

- сировину і матеріали;

- витратні інструменти;
- електроенергію, що використовується на технологічні цілі;
- зміну амортизації виробничого обладнання на всю партію продукції.

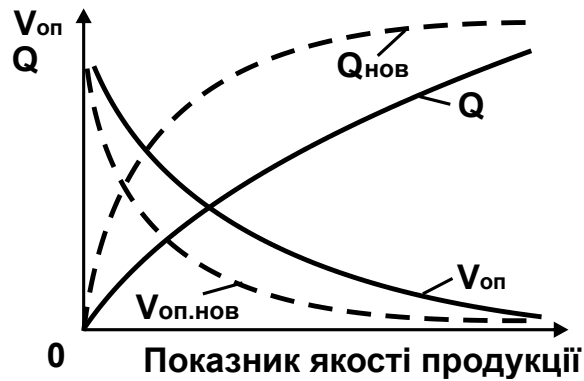


Рис. 5.6. Взаємозв'язок старої та нової технологій виробництва щодо якості продукції
($V_{оп}$ – витрати на операцію, Q – продуктивність праці)

Постійні витрати враховують у собівартості партії продукції, що виготовляється за старою технологією. Витрати на заробітну плату із урахуванням соціальних відрахувань (якщо не змінюється тарифна ставка робітника) однакові для старої партії продукції та для нової партії продукції, збільшеної завдяки підвищенню продуктивності праці.

Якщо, наприклад, нове обладнання та технологія дозволяють збільшити продуктивність на 100 %, то підприємство зможе виготовляти за певний час не один виріб, а два вироби. Витрати на виробництво другого виробу дорівнюватимуть сумі вартості сировини, витратного інструменту, додатково використаної електроенергії, додаткової амортизації обладнання. Інші постійні витрати та витрати на фонд оплати праці основних робітників визначатимуть економічний ефект та збільшать валовий прибуток підприємства (рис. 5.7).

Основною вимогою для окупності проведеної модернізації підприємства є можливість укладання нових контрактів на виробництво продукції, збільшення частки ринку та вихід на нові закордонні ринки. Згідно цих позицій, можна пояснити ефективність застосування на промислових підприємствах України нового високопродуктивного обладнання виробництва закордонних фірм. Як показує практика, від його застосування продуктивність праці збільшується до 10 разів при забезпеченні високої якості продукції, що виготовляється, й, відповідно, при дотриманні прин-

ципів соціально відповідального маркетингу. Це призводить до значного підвищення прибутку підприємства. Досягти такого самого ефективного результату іншими маркетинговими методами для машинобудівних підприємств України практично неможливо.

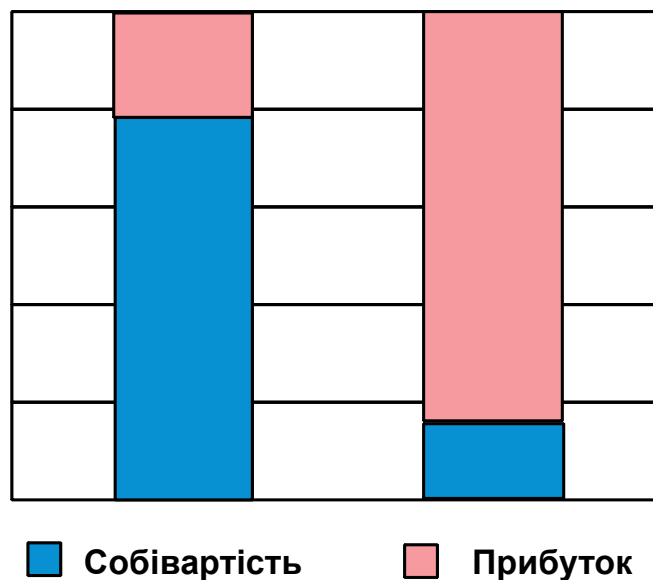


Рис. 5.7. Структура вартості продукції від впровадження нової технології виробництва

Незважаючи на достатньо високу вартість зазначеного високопродуктивного обладнання закордонного виробництва, термін його окупності відносно невеликий.

Наприклад, як зазначалося раніше, термін окупності придбаного АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" (м. Харків) сучасного зубошліфувального верстата із ЧПУ моделі HOFLEERRAPID 1250 (виробництво Німеччини) становив лише 6 місяців у зв'язку з досягнутим збільшенням продуктивності більш ніж у 5 разів та високою якістю продукції, що виготовляється. При цьому придбаний верстат також замінив роботу 4-х зубошліфувальних верстатів застарілої конструкції, що застосовувалися раніше на підприємстві. Все це і забезпечило зменшення терміну окупності придбаного зубошліфувального верстата до 6 місяців.

Тому зараз застосування закордонного обладнання на машинобудівних підприємствах України є найважливішою умовою інтенсифікації виробництва та створення високоякісної конкурентоспроможної продукції, що відповідає принципам соціально відповідального маркетингу, яка здатна вивести підприємства із кризового стану та домогтися їхньої беззбиткової діяльності.

Питання для самостійного контролю

1. Обґрунтуйте сутність соціально відповідального маркетингу на промисловому ринку.
2. Як пов'язаний соціально відповідальний маркетинг із якістю та конкурентоспроможністю виробничої продукції?
3. Назвіть основні напрями розвитку великих промислових підприємств.
4. Чому ефективно замовляти модернізацію виробництва "під ключ" в інжинірингових компаніях?
5. У чому полягає сутність запропонованої методики проведення інвестиційного планування модернізації виробництва підприємства?
6. Надайте визначення поняття "соціально відповідальний маркетинг вітчизняних машинобудівних підприємств промислового ринку".
7. Чим відрізняється соціальна відповідальність маркетингу на ринках споживчих та промислових товарів?
8. У чому полягає сутність показника якості продукції? Як він пов'язаний із принципами соціально відповідального маркетингу?
9. Назвіть витрати, що пов'язані із виконання технологічної операції механічного оброблення деталі.
10. За рахунок чого можна досягти збільшення продуктивності праці без погіршення якості продукції?
11. Графічно поясніть, як змінюються витрати на виконання операції при різному рівні показника якості продукції.
12. Графічно поясніть, як змінюються витрати на виконання операції використанням нових технологій.
13. Графічно поясніть взаємозв'язок витрат на виконання операції із продуктивністю праці та показником якості продукції.
14. Обґрунтуйте структуру вартості продукції від впровадження нової технології виробництва.
15. Завдяки яким чинникам досягається суттєве зменшення терміну окупності придбаного підприємством України достатньо коштовного закордонного верстата із ЧПУ?
16. У чому полягає сутність техніко-економічного обґрунтування ефективності операційної діяльності виробничого підприємства за умов забезпечення вимог соціально відповідального маркетингу?

Література: [2, 4, 10, 14, 25, 28, 38, 41, 42, 46, 47, 52, 53, 60, 63 – 65, 73 – 75, 78, 88, 93, 95, 105, 107, 117, 118, 122 – 124].

Розділ 6. Аналітичні підходи до визначення собівартості виготовлення продукції та умов її зменшення

6.1. Аналітичне встановлення взаємозв'язків собівартості виготовлення деталей машин із параметрами їх якості та продуктивністю механічного оброблення

В умовах ринкової економіки питання зниження собівартості виготовлення деталей машин набувають надзвичайно важливого значення, оскільки це пов'язано зі створенням конкурентоспроможної машинобудівної продукції. Як відомо, зменшити собівартість виготовлення деталей машин можна шляхом застосування сучасних ефективних високопродуктивних та малоенерговитратних технологій, обладнання та інструментів, що забезпечують підвищення продуктивності праці. Однак при цьому виникає завдання розроблення оптимальної маршрутно-операційної технології виготовлення конкретної деталі за критерієм найменшої собівартості. Традиційно це завдання вирішується у межах структурно-параметричної оптимізації на основі емпіричних залежностей собівартості оброблення. Для цього суто інтуїтивно із власного досвіду технолог або інженер-економіст призначає кілька варіантів технологічного маршруту, математично описує їх і вибирає найефективніший із них за критерієм найменшої собівартості. Однак даний підхід не гарантує вибору оптимального варіанту, тому що у варіантах, що розглядаються, його може просто не виявитися [66, 67].

Для науково обґрунтованого вибору оптимального варіанта оброблення слід використовувати теоретичні (аналітичні) підходи вирішення задач структурно-параметричної оптимізації, які полягають у аналітичному описуванні собівартості оброблення та визначенні умов її зменшення [66, 67]. Це дозволить максимально використати потенційні можливості прогресивних технологій, обладнання та інструментів. Тому важливо розробити математичні моделі управління собівартістю виготовлення продукції та прибутком виробничого підприємства із забезпеченням високої якості продукції та із урахуванням принципів соціально відповідального маркетингу на виробничому підприємстві.

У країнах із розвиненою ринковою економікою виготовлена продукція має певну ціну, за якою її можна передати у власність іншій особі.

Ціну продукції визначають формулою:

$$Ц = С + Пр, \quad (6.1)$$

де $С$ – собівартість продукції, грн;

$Пр$ – прибуток, грн.

Прибуток формується за рахунок маркетингових складових: кон'єктури ринку, що склалася, результатів просування продукції та її якості, ступіня впізнавання бренду або торгової марки тощо. Собівартість продукції формується за рахунок витрат, вже понесених на її проектування, виробництво, упакування, транспортування та витрат, які будуть понесені в результаті її сервісного та гарантійного обслуговування в майбутньому [9].

Прибуток – основна мета діяльності будь-якого підприємства. Розраховується як різниця між валовим доходом та витратами на виробництво продукції [5].

Зниження собівартості продукції дозволяє більш ефективно управляти прибутковістю підприємства та, за необхідності, зниженням ціни відповідно із залежністю (6.1). Тому для вітчизняних підприємств необхідно, насамперед, приділяти увагу питанням зниження витрат виробництва, щоб вийти на світовий рівень виробництва продукції.

Зниження собівартості продукції не може бути самоціллю, оскільки у цьому випадку можливо зниження її якості, зневага до сервісу після продажу тощо [6]. Для цього існує ефективний критерій – соціально відповідальний маркетинг (СВМ). Він постає індикатором в умовах зниження собівартості продукції. Спираючись на принципи СВМ, можна розрахувати, як зниження собівартості продукції на 1 грн вплине на прибуток підприємства у короткостроковій та довгостроковій перспективах, у тому числі завдяки покращенню якості виготовленої продукції.

У процесі управління собівартістю продукції необхідно, насамперед, розглядати технологічну собівартість, оскільки вона пов'язана із усіма статтями калькуляції собівартості, які впливають на якість і продуктивність виготовлення продукції.

У загальному випадку технологічна собівартість $С$ визначається сумою різних статей витрат. Тому слід розглянути у першому наближенні лише одну основну статтю, пов'язану із витратами на заробітну плату, яка, наприклад, щодо оброблення деталі дорівнює добутку тарифної ставки робітника A на час оброблення деталі τ , тобто $С = A \cdot \tau$.

Своєю чергою, час оброблення деталі визначають залежністю:

$$\tau = \frac{\vartheta}{Q}, \quad (6.2)$$

де ϑ – об'єм металу, що видаляється із деталі під час її оброблення, м³;
 Q – продуктивність оброблення, м³/с.

Тоді технологічна собівартість із урахуванням залежності (6.2) визначиться:

$$C = A \cdot \frac{\vartheta}{Q}. \quad (6.3)$$

Як видно із залежності (6.3), технологічна собівартість C та продуктивність оброблення Q пов'язані обернено пропорційною залежністю: чим більше Q , тим менше C . Отже, застосування нових більш ефективних технологій, що забезпечують підвищення продуктивності оброблення, приводить до зниження технологічної собівартості C , яку слід розглядати одним із основних напрямів підвищення прибутку Pr відповідно до залежності (6.1).

Однак, підвищення продуктивності оброблення приводить до зниження якості оброблення, у результаті чого деталь, що виготовляється, може не відповідати вимогам креслення.

Під якістю виготовлення деталі слід розуміти виконання вимог за чотирма основними показниками:

- 1) точність розміру деталі;
- 2) точність форми деталі;
- 3) точність взаємного розташування поверхонь на деталі;
- 4) необхідний стан поверхневого шару обробленої деталі (мають на увазі відсутність припикань, мікротріщин, сколів та зміни структури металу в поверхневому шарі деталі).

Як показує практичний досвід, збільшення продуктивності оброблення приводить до погіршення всіх цих чотирьох показників. Тому повинні існувати граничні значення продуктивності оброблення кожного із зазначених показників. Під час розрахунку продуктивності оброблення для кожного зазначеного показника приймають найменшу продуктивність оброблення, яка визначає гранично допустиму продуктивність, що забезпечує необхідну якість оброблення, тобто якісно виготовлену деталь.

Відповідно до залежності (6.3), обране значення продуктивності оброблення визначатиме гранично допустиму (мінімальну) технологічну собівартість й, відповідно, максимальний прибуток, який може отримати виробник від виконаного замовлення.

Тому важливо провести теоретичний аналіз гранично допустимих значень продуктивності оброблення та, відповідно, технологічної собівартості для різних показників якості оброблення.

Як показано у роботі [67], величина похибки оброблення (точність розміру оброблюваної деталі) визначається залежністю:

$$\delta = \frac{P_y}{c} = \frac{P_z}{c \cdot K_{\text{різ}}} = \frac{\sigma \cdot Q}{c \cdot K_{\text{різ}} \cdot V}, \quad (6.4)$$

де P_y , P_z – радіальна і тангенціальна складові сили різання, Н;

c – жорсткість технологічної системи, Н/м;

$K_{\text{різ}} = P_z / P_y$ – коефіцієнт різання;

σ – енергоємність оброблення, Н/м²;

Q – продуктивність оброблення, м³/с;

V – швидкість різання, м/с.

Із залежності (6.4) випливає, що похибка оброблення δ та продуктивність оброблення Q пов'язані прямо пропорційною залежністю: чим більше δ , тим більше Q . Зменшення δ , тобто підвищення точності оброблення, приводить до зменшення продуктивності оброблення Q :

$$Q = \frac{\delta \cdot c \cdot K_{\text{різ}} \cdot V}{\sigma}. \quad (6.5)$$

Однак, у цьому випадку можна продуктивність оброблення Q і не зменшувати, якщо, наприклад, зменшити енергоємність оброблення σ або збільшити жорсткість технологічної системи c і швидкість різання V . Таким чином, з'являється можливість одночасно забезпечити і високу точність, і високу продуктивність оброблення. Для досягнення цієї мети необхідно використати нові більш ефективні різальні інструменти, які дозволяють суттєво зменшити енергоємність оброблення σ , наприклад, алмазні інструменти, що характеризуються високою різальною здатністю, нові конструкції інструментів зі зносостійким покриттям різального леза. Ці лезові інструменти відрізняються високою зносостійкістю та

дозволяють знизити енергоємність оброблення σ . Щодо фінішних операцій шліфування – це застосування високопористих, переривчастих, імпрегнованих шліфувальних кругів, які суттєво знижують тертя у зоні різання та, відповідно, енергоємність оброблення σ .

Перехід в зону високошвидкісної оброблення шляхом збільшення швидкості різання V відповідно до залежності (6.5) також дозволяє одночасно досягти високих показників точності та продуктивності оброблення. Отже, існує значний арсенал технологічних засобів для забезпечення підтримки продуктивності оброблення на достатньо високому рівні.

Підставляючи залежність (6.5) у залежність (6.2), можна визначити мінімально можливу технологічну собівартість:

$$C = A \cdot \frac{g}{Q} = A \cdot g \cdot \frac{\sigma}{\delta \cdot c \cdot K_{\text{різ}} \cdot V} \quad (6.6)$$

Як впливає із залежності (6.6), зменшити собівартість оброблення C можна зменшенням відношення $\sigma/K_{\text{різ}}$, об'єма металу, що знімається із однієї деталі у процесі оброблення (величини припуску), і збільшенням швидкості різання V та жорсткості технологічної системи c . Зменшення величини пружного переміщення δ із метою підвищення точності оброблення передбачає збільшення собівартості оброблення C . Тому основні умови зменшення собівартості оброблення C аналогічні умовам збільшення продуктивності оброблення Q .

Як відомо, забезпечити необхідну точність оброблення (що визначається величиною пружного переміщення δ) можна різними технологічними методами: різанням лезовими та абразивними інструментами. Експериментально встановлено, що процеси різання лезовими інструментами характеризуються меншою енергоємністю оброблення (меншими значеннями відношення $\sigma/K_{\text{різ}}$), ніж процеси різання абразивними інструментами. Особливо це відноситься до процесів шліфування, які завдяки інтенсивному тертю зв'язки шліфувального круга із оброблюваним матеріалом супроводжуються високою силовою і тепловою напруженістю та приводять до утворення на поверхнях, що обробляються, різного роду температурних дефектів (припикань, мікротріщин та ін.). Тому із цієї точки зору доцільно фінішне оброблення деталей здійснювати із використанням методів оброблення лезовими інструментами (точінням, розточуванням, протягуванням, свердлінням, зенкеруванням, розгортан-

ням тощо). У цьому випадку інтенсивності тертя і тепловиділення у зоні різання значно менші, ніж при шліфуванні. Однак при цьому необхідно у процесі оброблення підтримувати високу гостроту різального леза інструмента шляхом застосування інструментальних матеріалів високої твердості (синтетичних надтвердих матеріалів на основі алмазу та кубічного нітриду бору). Ефективне застосування різальних інструментів зі зносостійкими покриттями на їх робочих поверхнях, що дозволяє багаторазово підвищити стійкість інструмента й, відповідно, зменшити відношення σ/K_{piz} і собівартість оброблення С.

Незважаючи на вказані переваги лезових різальних інструментів, на фінішних операціях оброблення прийнято застосовувати переважно процеси шліфування, які забезпечують високі показники точності та шорсткості оброблюваних поверхонь, проте приводять до утворення припикань та інших температурних дефектів, особливо, при шліфуванні деталей із загартованих сталей та матеріалів підвищеної твердості.

У зв'язку із цим важливо забезпечити роботу шліфувального круга у режимі самозаточування, виключаючи значне зношення різальних зерен. Це досягається застосуванням комбінованих методів шліфування алмазними кругами на високоміцних металевих зв'язках. Ці алмазні круги у силу високих властивостей міцності характеризуються значними технологічними можливостями із точки зору підвищення продуктивності та зниження собівартості оброблення. Однак, під час шліфування твердих сплавів, різних керамічних матеріалів, високоміцних наплавлених матеріалів та сталей вони швидко затупляються, засалюються і втрачають різальну здатність. Тому для підтримки їх високої різальної здатності у процесі шліфування використовують ефективні методи електроерозійного та електрохімічного правлення [67].

У першому випадку в зону різання підводять додаткову електричну енергію у формі електричних розрядів. Це дозволяє здійснювати термічне руйнування металевої зв'язки круга і видаляти з робочої поверхні круга алмазні зерна, які затупилися, та безперервно підтримувати високу різальну здатність алмазного круга. У другому випадку завдяки електрохімічному розчиненню компонентів металевої зв'язки на робочій поверхні круга постійно підтримується розвинений різальний рельєф, що дозволяє здійснювати високопродуктивне оброблення матеріалів у процесі шліфування. Таким чином, зменшення відношення σ/K_{piz} (енергоємності оброблення) є найважливішою умовою підвищення точності та якості об-

роблюваних поверхонь при одночасному збільшенні продуктивності та зниженні собівартості оброблення С.

Із залежності (6.6) впливає доцільність застосування високошвидкісного різання, що забезпечує шляхом збільшення швидкості різання V зменшення величини пружного переміщення δ й, відповідно, собівартості оброблення С. Практичним втіленням цього рішення стало створення та застосування високооберткових верстатів із ЧПУ.

У табл. 6.1 та на рис. 6.1 наведено розрахункові значення Q і C , а також швидкості деталі $V_{дет} = Q/(B \cdot t)$, залежно від похибки оброблення δ для застосовуваних на практиці умов фінішного механічного оброблення деталей (процесу плоского шліфування деталі зі сталі ШХ15). Вихідні дані для розрахунків: $\sigma = 10^4$ Н/мм²; $c = 10^3$ Н/мм; $K_{різ} = 0,5$; $V = V_{кр} = 30$ м/с; $B = 20$ мм; $t = 0,4$ мм; $A = 40$ грн/год.; $\vartheta = 4 \cdot 10^3$ мм³, де $V_{кр}$ – швидкість шліфувального круга, м/с.

Таблиця 6.1

Розрахункові значення показників Q , C і $V_{дет}$

δ , мкм	1	5	10	20	40	60	80	100
$Q \cdot 10^3$, мм ³ /хв	0,09	0,45	0,9	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0
C , грн	29,78	5,96	2,98	1,49	0,74	0,5	0,37	0,3
$V_{дет}$, м/хв	0,011	0,056	0,112	0,224	0,448	0,672	0,896	1,12

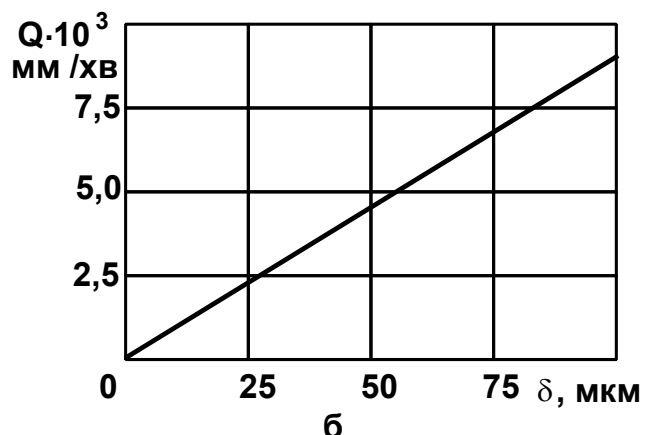
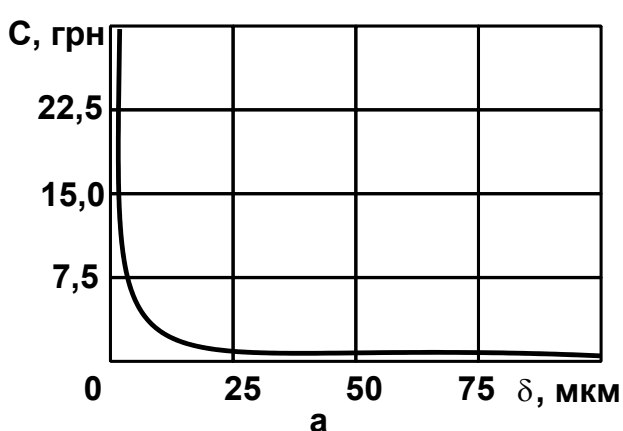


Рис. 6.1. Залежності показників C (а) та Q (б) від похибки оброблення δ

Для вилучення утворення припикань на оброблюваних поверхнях деталей, як показує практика, необхідно забезпечити підтримку температури різання у заданих межах, наприклад, не вище 800 °С. Для оцінювання технологічних можливостей виконання цієї умови важливо провести теоретичний аналіз температури різання відповідно до відомої аналітичної залежності, наведеної в роботі [67], щодо процесу плоского шліфування:

$$\theta = \frac{\sigma}{c_M \cdot \rho} \cdot \sqrt{\frac{Q}{a \cdot B}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot t}{R_{кр}}}, \quad (6.7)$$

де σ – енергоємність оброблення, Н/м²;

c_M – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг·град);

ρ – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м³;

$a = \lambda / (c_M \cdot \rho)$ – коефіцієнт температуропровідності оброблюваного матеріалу, м²/с;

λ – коефіцієнт теплопровідності оброблюваного матеріалу, Вт/(м·град);

Q – продуктивність оброблення, м³/с;

B – ширина шліфувального круга, м;

t – глибина шліфування, м;

$R_{кр}$ – радіус шліфувального круга, м.

Для аналізу продуктивності оброблення залежність (6.7) необхідно виразити відносно параметра Q :

$$Q = \left(\theta \cdot \frac{c_M \cdot \rho}{\sigma} \right)^2 \cdot a \cdot B \cdot \sqrt{\frac{R_{кр}}{t}}. \quad (6.8)$$

Як видно, із зменшенням температури різання θ (для вилучення припикань на оброблюваних поверхнях деталі) продуктивність оброблення Q зменшується. Це приводить до збільшення технологічної собівартості C відповідно залежності:

$$C = A \cdot \frac{g}{Q} = A \cdot g \cdot \frac{\sigma}{\delta \cdot c \cdot K_{різ} \cdot V}. \quad (6.9)$$

Для недопущення зменшення продуктивності оброблення Q і збільшення технологічної собівартості C необхідно зменшити енергоємність оброблення σ , глибину шліфування t і збільшувати ширину шліфування.

Як впливає із залежностей (6.8) і (6.9), зменшення температури різання θ приводить до надзвичайно інтенсивного зменшення продуктивності оброблення Q і збільшення технологічної собівартості C (за квадратичною залежністю), тоді як зі зменшенням похибки оброблення δ має місце лінійна залежність. Отже, забезпечення умов бездефектного оброблення (без припикань) вимагає значного зменшення продуктивності та збільшення технологічної собівартості оброблення. Основною умовою недопущення погіршення цих показників є зменшення енергоємності σ , що входить у залежність (6.8) у другому ступені. Це досягають застосуванням спеціальних інструментів, що характеризуються високою різальною здатністю, наприклад, закордонного виробництва, які в даний час широко застосовують на підприємствах України та показують високу ефективність.

У табл. 6.2 та на рис. 6.2 наведено розрахункові графіки зміни продуктивності оброблення Q і технологічної собівартості C , а також швидкості деталі $V_{\text{дет}} = Q/(B \cdot t)$ від температури різання θ для реальних умов шліфування деталі зі сталі ШХ15. Вихідні дані для розрахунків: $B = 20$ мм; $t = 0,4$ мм; $R_{\text{кр}} = 150$ мм; $\sigma = 10^4$ Н/мм²; $c_{\text{м}} \cdot \rho = 5$ Н/(мм²·град.); $\lambda = 42$ Вт/(м·град.); $a = 8,4$ мм²/с; $A = 40$ грн/год.; $\vartheta = 4 \cdot 10^3$ мм³.

Таблиця 6.2

Розрахункові значення показників Q , C і $V_{\text{дет}}$

θ , град.	50	100	200	400	500	600	800	1000
$Q \cdot 10^3$, мм ³ /хв	0,032	0,488	1,95	7,8	12,2	17,57	31,23	48,8
C , грн	22,0	5,5	1,37	0,34	0,22	0,15	0,09	0,05
$V_{\text{дет}}$, м/хв	0,004	0,015	0,06	0,98	1,52	2,2	3,9	6,1

Важливим показником якості оброблення деталі є шорсткість обробленої поверхні R_a . Тому виконання вимог щодо шорсткості обробленої поверхні визначає існування максимально можливої продуктивності та, відповідно, мінімальної технологічної собівартості оброблення. Виходячи із цього, слід провести теоретичний аналіз умов забезпечення не-

обхідної шорсткості обробленої поверхні деталі [67] щодо плоского шліфування:

$$R_a = 0,2 \cdot 5 \sqrt{\frac{10^5 \cdot \pi^2 \cdot \bar{X}^6 \cdot V_{дет}^2}{m^2 \cdot V_{кр}^2 \cdot R_{кр}}}, \quad (6.10)$$

де \bar{X} – зернистість круга, м;

m – об'ємна концентрація зерен в крузі;

$V_{дет}$, $V_{кр}$ – швидкості деталі та круга, м/с;

$R_{кр}$ – радіус круга, м.

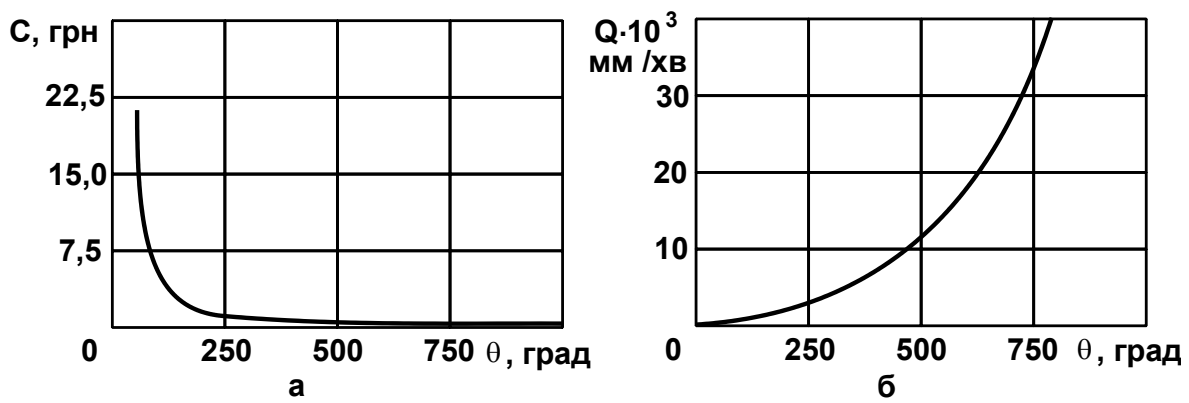


Рис. 6.2. Залежності показників С (а) та Q (б) від температури різання θ

Із урахуванням залежності $Q = V \cdot V_{дет} \cdot t$ залежність (6.10) набуває вигляду:

$$R_a = 0,2 \cdot 5 \sqrt{\frac{10^5 \cdot \pi^2 \cdot \bar{X}^6}{m^2 \cdot V_{кр}^2 \cdot R_{кр}} \cdot \left(\frac{Q}{V \cdot t}\right)^2}. \quad (6.11)$$

Після розв'язання залежності (6.11) відносно продуктивності оброблення Q , маємо:

$$Q = (0,5 \cdot R_a)^{2,5} \cdot \frac{V \cdot t \cdot m \cdot V_{кр} \cdot R_{кр}^{0,5}}{\pi \cdot \bar{X}^3}. \quad (6.12)$$

Як впливає із залежності (6.12), зі зменшенням параметра шорсткості обробленої поверхні R_a (що відповідає покращенню якості оброб-

леної деталі) продуктивність оброблення Q зменшується, відповідно, збільшується технологічна собівартість оброблення:

$$C = A \cdot \vartheta \cdot \frac{\pi \cdot \bar{X}^3}{(0,5 \cdot R_a)^{2,5} \cdot B \cdot t \cdot m \cdot V_{кр} \cdot R_{кр}^{0,5}} \quad (6.13)$$

Із залежності (6.13) випливає, що зі зниженням технологічної собівартості оброблення C збільшується шорсткість обробленої поверхні деталі R_a , а це приводить до значного зниження рівня якості продукції, що випускається. Якщо зафіксувати рівень шорсткості обробленої поверхні R_a , то для зниження собівартості оброблення C необхідно змінювати параметри процесу шліфування (технічні характеристики шліфувального круга і шліфувального верстата).

У цьому випадку параметр R_a ще більше впливає на продуктивність Q і технологічну собівартість оброблення C , ніж температура різання θ і похибка оброблення δ . Це пов'язано із тим, що параметр R_a входить у залежності (6.12) і (6.13) із найбільшим ступенем – 2,5. Отже, із трьох розглянутих показників якості оброблення деталі (δ , θ , R_a) найбільше впливає на продуктивність оброблення Q і технологічну собівартість оброблення C параметр шорсткості обробленої поверхні R_a . Тому, базуючись на ньому і необхідно визначити максимально можливу продуктивність Q та мінімально можливу технологічну собівартість оброблення C .

Виходячи із наведених залежностей (6.12) і (6.13), найбільше впливає на показники Q і C , із усіх залежних параметрів, зернистість круга \bar{X} . Тому зменшуючи її, можна досягти необхідних показників Q та C . Це свідчить про доцільність оброблення дрібнозернистим алмазним або абразивним порошком, застосовуючи його як на операціях шліфування, так і на операціях притирання, доведення, полірування тощо. Чим більше зерен приймає участь у різанні, тим більш ефективно оброблення. Збільшення швидкості круга $V_{кр}$ також сприяє підвищенню продуктивності оброблення Q та зменшенню технологічної собівартості оброблення C , що узгоджується із практичними даними.

У табл. 6.3 та на рис. 6.3 наведено розрахункові графіки змінювання показників Q і C , а також швидкості деталі $V_{дет} = Q/(B \cdot t)$ в залежності від параметра шорсткості обробленої поверхні R_a при плоскому шліфу-

ванні деталі зі сталі ШХ15. Вихідні дані для розрахунків: $B = 20$ мм; $t = 0,4$ мм; $V_{кр} = 30$ м/с; $R_{кр} = 150$ мм; $m = 100$; $\bar{X} = 0,1$ мм; $A = 40$ грн/год.; $\vartheta = 4 \cdot 10^3$ мм³.

Таблиця 6.3

Розрахункові значення показників Q, C і V_{дет}

R _a , мкм	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Q·10 ³ , мм ³ /хв	0,1	0,56	3,18	5,55	8,72	18,0	31,4
C, грн	26,8	4,79	0,84	0,48	0,31	0,15	0,03
V _{дет} , м/хв	0,012	0,07	0,4	0,7	1,1	2,25	3,9

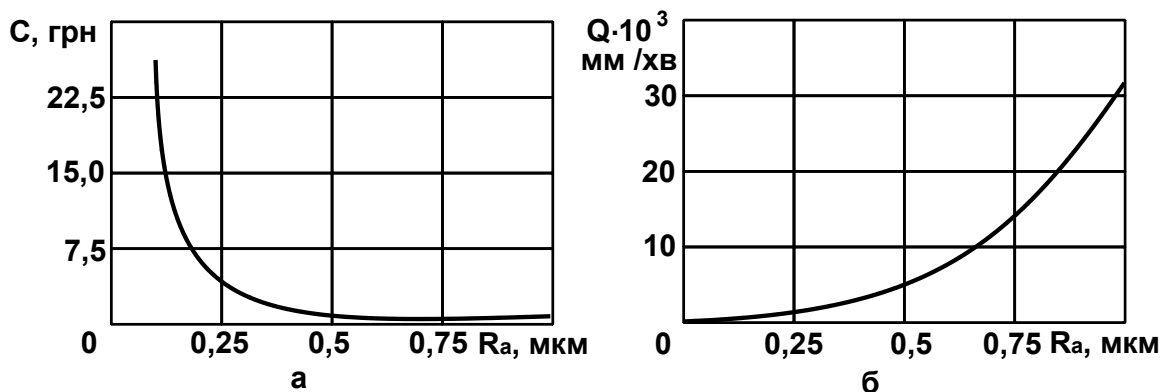


Рис. 6.3. Залежності показників C (а) та Q (б) від параметра шорсткості обробленої поверхні R_a

Із порівняння значень показників Q та C, наведених на рис. 6.1 – рис. 6.3, видно, що для робочих діапазонів зміни параметрів δ (5 – 10 мкм); θ (200 – 800 °C) і R_a (0,1 – 0,2 мкм) найменші значення Q і найбільші значення C досягаються із урахуванням обмеження за шорсткістю обробленої поверхні R_a. Обмеження за температурою різання θ меншою мірою впливає на зменшення продуктивності оброблення Q і збільшення технологічної собівартості оброблення C. Тому важливо отримати більш узагальнені залежності визначення параметрів режимів шліфування із урахуванням обмеження за параметрами якості та точності оброблення.

Після розв'язання залежностей (6.4) і (6.7) відносно параметрів режиму різання V_{дет} та t, які входять у залежність для визначення продуктивності оброблення $Q = B \cdot t \cdot V_{дет}$, маємо:

$$V_{\text{дет}} = \frac{m \cdot V_{\text{кр}} \cdot R_{\text{кр}}^{0,5}}{\pi \cdot \bar{X}^3} \cdot \left(\frac{R_a}{2} \right)^{2,5}; \quad (6.14)$$

$$t = \left(\theta \cdot \frac{c_M \cdot \rho}{\sigma} \right)^{1,3} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot a^2 \cdot \bar{X}^6}{m^2 \cdot V_{\text{кр}}^2} \cdot \left(\frac{2}{R_a} \right)^5 \right]^{0,3}. \quad (6.15)$$

Тоді з урахуванням двох обмежувальних чинників θ і R_a , що входять до залежностей (6.14) і (6.15), продуктивність оброблення $Q = B \cdot V_{\text{дет}} \cdot t$ визначиться:

$$Q = B \cdot \left(\theta \cdot \frac{c_M \cdot \rho}{\sigma} \right)^{1,3} \cdot \left[\frac{a^2 \cdot m \cdot V_{\text{кр}} \cdot R_{\text{кр}}^{1,5}}{\pi \cdot \bar{X}^3} \cdot \left(\frac{R_a}{2} \right)^{2,5} \right]^{0,3}. \quad (6.16)$$

Як впливає із залежності (6.16), збільшити продуктивність оброблення Q можна збільшенням параметрів B , θ , R_a , $R_{\text{кр}}$, m , $V_{\text{кр}}$ та зменшенням σ і \bar{X} . Аналіз залежності (6.4) показує, що продуктивність оброблення Q із урахуванням обмеження похибки оброблення δ не залежить від швидкості деталі $V_{\text{дет}}$ та глибини шліфування t , а визначається параметрами δ , c , $K_{\text{різ}}$, $V_{\text{кр}}$ і σ . Тому задане значення δ буде досягатися за умови, якщо продуктивність оброблення Q , що визначається залежністю (6.4), буде більшою за продуктивність оброблення Q , що визначається залежністю (6.16).

У разі невиконання цієї умови необхідно у залежності (6.4) збільшити параметри c , $K_{\text{різ}}$, $V_{\text{кр}}$ і зменшити σ . Якщо це нездійсненно, слід, навпаки, зменшувати продуктивність оброблення Q , що визначається залежністю (6.16), шляхом зменшення параметрів B , m , $R_{\text{кр}}$ і збільшення \bar{X} . При виконанні цієї умови буде забезпечено три задані параметри якості оброблення: δ , θ , R_a .

Після підстановки залежності (6.16) у залежність (6.6) можна визначити мінімально можливу технологічну собівартість оброблення C :

$$C = A \cdot \frac{g}{B} \cdot \left(\frac{\sigma}{c_M \cdot \rho \cdot \theta} \right)^{1,3} \cdot \left[\frac{\pi \cdot \bar{X}^3}{a^2 \cdot m \cdot V_{\text{кр}} \cdot R_{\text{кр}}^{1,5}} \cdot \left(\frac{2}{R_a} \right)^{2,5} \right]^{0,3}. \quad (6.17)$$

Це дозволяє встановити технологічні характеристики обладнання та інструментів, необхідні для досягнення заданої технологічної собівартості. Виходячи із цього, можна зробити висновок: чи зможе підприємство-виробник виготовити конкретну деталь на обладнанні з певними параметрами якості та при цьому забезпечити задану собівартість виготовлення. У свою чергу, за отриманою технологічною собівартістю оброблення визначається повна собівартість виготовлення деталі, а при її порівнянні з ціною, закладеною в контракті, можна оцінити, наскільки ефективним є виготовлення цієї деталі на наявному устаткуванні або воно збиткове.

У разі отримання збитку в процесі виготовлення цієї деталі підприємство має три варіанти вирішення питання її виготовлення:

- відмовитися від збиткового контракту;
- використовувати різні варіанти махінацій, що дозволяють знизити собівартість виготовлення деталі;
- за допомогою запропонованої математичної моделі (6.17) скоригувати технічні показники обладнання та інструментів для зниження технологічної собівартості оброблення при постійних параметрах якості.

Використовуючи запропонований теоретичний підхід, підприємство-виробник ще на етапі розробки технічної документації для участі у тендері на виготовлення продукції може проаналізувати свої технічні можливості та прийняти рішення щодо подальшої участі у тендері з метою отримання замовлення й, відповідно, прибутку. У такому разі у керівництва підприємства не виникають проблеми із неможливістю виконання замовлення згідно із вимогами контракту після його підписання.

Якщо підприємство не має недостатнього обладнання для виконання конкретного замовлення, то ще на етапі підготовки до участі в тендері підприємство формує список обладнання та інструментів, які необхідно придбати для успішного виконання умов тендера, отримання мінімальної собівартості виготовлення продукції, яка нижча за ціну, заявлену в контракті. Це дозволить виробнику отримати прибуток.

У зв'язку із тим, що аналітична залежність (6.17) включає значну кількість змінних, можна вибирати необхідне обладнання та інструменти, які задовільнять всі параметри, що входять у цю залежність. Це дозволить мінімізувати випадки, коли у процесі експлуатації обладнання виявляється неможливість виконання деяких функцій, що приводить до порушення виробничого процесу та умов контракту, а також неможливості отримання прибутку виробничим підприємством.

6.2. Техніко-економічне обґрунтування умов підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва

Під час технологічної підготовки виробництва необхідно вибір оптимальних технологічних рішень здійснювати за умови досягнення мінімальної собівартості виготовленої продукції, яка із урахуванням статей витрат, що змінюються, для металооброблювального виробництва математично описується залежністю [68]:

$$C = N \cdot \tau \cdot S_1 \cdot k + M \cdot \zeta + S_2 \cdot P \cdot \tau, \quad (6.18)$$

де N – кількість оброблених деталей, шт.;

M – кількість використаних інструментів, шт.;

$\tau = z \cdot \tau_0$ – норма часу на оброблення однієї деталі, година;

τ_0 – основний час оброблення однієї деталі, година;

z – коефіцієнт, що враховує частку допоміжного часу на оброблення однієї деталі відносно основного часу;

S_1 – тарифна ставка робітника, грн/година;

k_D – коефіцієнт, що враховує всілякі нарахування (податки) на заробітну плату робітника;

ζ – ціна одного інструменту, грн;

S_2 – вартість одиниці електроенергії, грн;

P – споживана потужність процесу, кВт.

У залежності (6.18) враховано три основні складові витрат, що пов'язані з заробітною платою робітника, вартістю використаних інструментів та споживаної енергії під час оброблення на верстаті. Після перетворень залежність (6.18) із урахуванням відношень:

$$M = \frac{N \cdot \tau_0}{T}; \quad \tau_0 = \frac{Q}{Q}; \quad P = \sigma \cdot Q; \quad C_0 = \frac{C}{n_1 \cdot Q}, \quad (6.19)$$

набуває вигляду:

$$C_0 = \frac{S_1 \cdot z \cdot k_D}{Q} + \frac{\zeta}{Q \cdot T} + S_2 \cdot \sigma, \quad (6.20)$$

де T – період стійкості інструменту до його повного зносу, година;

ϑ – об'єм металу, що знімається при обробленні з однієї деталі, м³;

Q – продуктивність оброблення, м³/ година;

σ – енергоємність оброблення, Дж/м³ (або Вт· година/м³);

C_0 – витрати на знімання одиниці об'єму металу, грн/м³ (питома собівартість оброблення).

Як впливає із залежності (6.20) параметр C_0 визначається сумою трьох доданків, що мають цілком конкретну фізичну сутність:

$C_{01} = \frac{S_1 \cdot z \cdot k_D}{Q}$ – витрати на заробітну плату, пов'язані зі зніманням 1 м³ металу;

$C_{02} = \frac{\zeta}{Q \cdot T}$ – витрати на інструмент, пов'язані зі зніманням 1 м³ металу, грн/м³;

$C_{03} = S_2 \cdot \sigma$ – витрати на електроенергію, пов'язані зі зніманням 1 м³ металу, грн/м³.

Добуток параметрів $Q \cdot T$ визначає об'єм металу, що знімається одним інструментом за період його стійкості T .

Залежність (6.20) містить постійні (S_1 , S_2 , z , k_D , ζ) і змінні (Q , T , σ) параметри. Зменшити параметр C_0 можна шляхом збільшення параметра Q і добутка параметрів $Q \cdot T$ та зменшення енергоємності оброблення σ .

Як приклад розрахунку параметрів C_{01} , C_{02} , C_{03} , C_0 розглянуто технологічний процес шліфування кілець із твердого сплаву торцем алмазного круга на органічній зв'язці. Встановлено, що при цьому досягнуто продуктивність оброблення $Q = 400$ мм³/хв ($Q = 24 \cdot 10^{-6}$ м³/год.), час роботи круга до його повного зносу дорівнює $T = 0,72$ год., а енергоємність оброблення дорівнює $\sigma = 20 \cdot 10^3$ кВт·год./м³. Відповідно, значення постійних параметрів становлять:

$$S_1 = 5,6 \text{ грн/год.}; S_2 = 0,2 \text{ грн/кВт·год.}; z = 4; k_D = 3; \zeta = 60 \text{ грн.}$$

Після підстановки вихідних даних у залежність (6.20) отримано:

$$C_0 = 2,8 \cdot 10^6 + 3,47 \cdot 10^6 + 4 \cdot 10^3 = 6,27 \text{ грн/м}^3. \quad (6.21)$$

Як впливає із залежності (6.21) і рис. 6.4, найбільшого значення набуває доданок $C_{02} = 3,47 \cdot 10^6$ грн/м³.

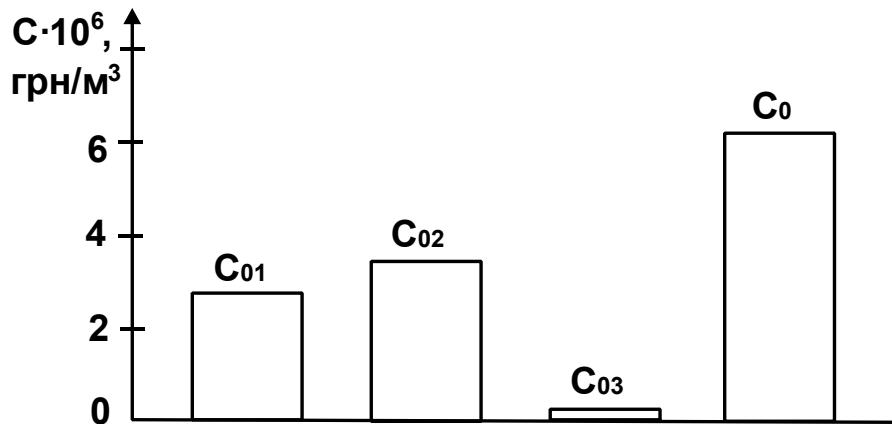


Рис. 6.4. Діаграма зміни доданків C_{01} , C_{02} , C_{03} та питомої собівартості оброблення C_0

Доданок $C_{03} = 4 \cdot 10^3$ грн/м³ значно менший за доданків C_{01} і C_{02} , тому його в розрахунках можна не враховувати. Очевидно, зменшити питому собівартість оброблення C_0 можна, насамперед, шляхом зменшення доданку C_{02} . Це досягається, наприклад, застосуванням зносостійких алмазних кругів на металевих зв'язках. Експериментально встановлено, що час роботи такого алмазного круга до повного зношування значно збільшується і дорівнює $T = 6$ годин.

Продуктивність оброблення Q та енергоємність оброблення σ при цьому майже не змінюються. Проте ціна алмазного круга на металевій зв'язці більше, ніж ціна алмазного круга на органічній зв'язці й становить $\zeta = 90$ грн. Із урахуванням вихідних даних питома собівартість оброблення C_0 дорівнює:

$$C_0 = 2,8 \cdot 10^6 + 0,625 \cdot 10^6 = 3,425 \cdot 10^6 \text{ грн/м}^3. \quad (6.22)$$

Виходячи із залежності (6.22), застосування більш зносостійких алмазних кругів на металевих зв'язках дозволяє зменшити доданок C_{02} у 5,55 разів, а питому собівартість оброблення C_0 – у 1,83 разів.

У цьому випадку питома собівартість оброблення C_0 визначається доданком C_{01} , оскільки $C_{02} \ll C_{01}$. Тому на наступному етапі зменшення питомої собівартості оброблення C_0 необхідно розглядати зменшення доданку C_{01} за рахунок збільшення продуктивності оброблення Q або зменшення коефіцієнта z , що визначає частку допоміжного часу оброблення щодо основного часу.

Зменшити коефіцієнт z можна за рахунок автоматизації операції оброблення шляхом застосування, наприклад, верстата-автомата, який забезпечує виконання умови $z \rightarrow 0$ ($z < 1$). У цьому випадку доданок $C_{01} \rightarrow 0$, однак при цьому в залежність (6.20) необхідно ввести новий доданок C_{04} , що враховує витрати на придбання верстата-автомата. Очевидно, це призведе до збільшення питомої собівартості оброблення C_0 . Ефект буде досягнутий у тому випадку, якщо сума доданків C_{01} і C_{04} буде меншою від початкового значення $C_{01} = 2,8 \cdot 10^6$ грн/м³.

Із урахуванням доданку C_{04} залежність (6.20) набуде вигляду:

$$C_0 = \frac{S_1 \cdot z \cdot k_D}{Q} + \frac{C}{Q \cdot T} + S_2 \cdot \sigma + \frac{C_1}{N \cdot \vartheta}, \quad (6.23)$$

де C_1 – ціна верстата-автомата, грн.

У даному випадку доданок $C_0 = \frac{C_1}{N \cdot \vartheta}$ у залежності (6.23) визначає витрати на верстат-автомат, які пов'язані зі зніманням металу об'ємом 1 м³. При високій вартості верстата-автомата зменшити доданок C_{04} можна завдяки збільшенню кількості оброблених деталей N та об'єму металу ϑ , що знімається із обробленої деталі. Отже, чим більше сумарний об'єм металу $N \cdot \vartheta$, що знімається, тим менше C_{04} . Тому придбання верстата-автомата ефективно за умови великої програми деталей, що обробляються. При обробленні невеликої партії деталей основний шлях зменшення питомої собівартості оброблення C_0 полягає у зменшенні доданку C_{01} завдяки збільшенню продуктивності оброблення Q .

Експериментально встановлено, що зі збільшенням сили притискування алмазного круга до оброблюваної деталі (твердосплавного кільця) продуктивність оброблення Q може бути збільшена вдвічі, тобто до значення $Q = 800$ мм³/хв (або $Q = 48 \cdot 10^6$ м³/год.).

При цьому коефіцієнт $z = 7$. Стійкість алмазного круга зменшилася в 3,5 рази і становить $T = 1,71$ год. Енергоємність оброблення σ також зменшилася, проте незначно і тому доданком $C_{03} = S_2 \cdot \sigma$ у залежності (6.20) можна знехтувати. Із урахуванням нових вихідних даних маємо:

$$C_0 = 2,45 \cdot 10^6 + 1,1 \cdot 10^6 = 3,55 \cdot 10^6 \text{ грн/м}^3. \quad (6.24)$$

Як впливає із залежності (6.24), перший доданок C_{01} незначно зменшився (від $2,8 \cdot 10^6$ до $2,45 \cdot 10^6$ грн/м³), однак збільшився другий доданок C_{02} (від $0,625 \cdot 10^6$ до $1,1 \cdot 10^6$ грн/м³). Це зрештою привело до невеликого збільшення питомої собівартості оброблення C_0 (від $3,425 \cdot 10^6$ до $3,55 \cdot 10^6$ грн/м³), рис. 6.5.

Збільшення питомої собівартості оброблення C_0 відбулося внаслідок того, що коефіцієнт z прийняв відносно велике значення. Тому зменшення основного часу оброблення τ_0 шляхом збільшення продуктивності оброблення Q (коли зберігається великий допоміжний час оброблення) є малоефективним із точки зору зниження собівартості оброблення.

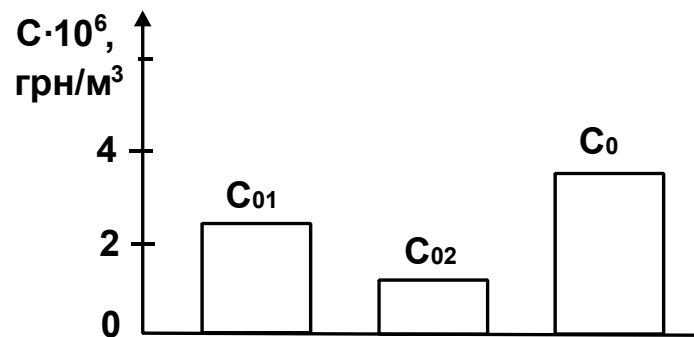


Рис. 6.5. Діаграма зміни доданків C_{01} , C_{02} та питомої собівартості оброблення C_0

Із цього випливає, що найбільш перспективним напрямом зменшення питомої собівартості оброблення C_0 є зменшення коефіцієнта z . Лише за умови невеликого значення z , коли зміна (збільшення) продуктивності оброблення Q практично не приводить до збільшення коефіцієнта z , з'являється можливість зменшення питомої собівартості оброблення C_0 завдяки збільшенню продуктивності оброблення Q .

Розглянутий приклад є підтвердженням того, що застосування прогресивних наукомістких технологій (якими є, наприклад, технології шліфування алмазними кругами на високоміцних металевих зв'язках із їх безперервною електроерозійною правкою) виявляється неефективним (або малоефективним) у зв'язку із низьким рівнем автоматизації та механізації праці, а також у зв'язку із застосуванням застарілого технологічного обладнання, заснованого на "ручній обробці" та ін. Зменшити коефіцієнт z можна застосуванням нових кінематичних схем оброблення партії деталей із більш високою продуктивністю.

За суттю, залежність (6.23) відкриває нові можливості оптимізації параметрів технологічних процесів, вибору найефективніших варіантів оброблення на основі техніко-економічного обґрунтування [68].

Із аналізу доданків C_{01} , C_{02} , C_{03} , C_{04} для різних методів оброблення можна визначити оптимальні параметри режимів різання, характеристики інструментів, обладнання та ін., тобто виконати проектування оптимальної маршрутно-операційної технології механічного оброблення.

6.3. Розроблення математичної моделі визначення собівартості оброблення деталей машин

Важливо провести оцінювання можливостей ефективного використання прогресивних різальних інструментів із точки зору зниження собівартості оброблення із урахуванням двох змінних статей витрат, які пов'язані із заробітною платою робітника та витратами на інструменти [55]:

$$C = N \cdot t_0 \cdot S_{\text{час}} \cdot k + N \cdot \frac{t_0}{T} \cdot \text{Ц}, \quad (6.24)$$

де N – кількість оброблюваних деталей, шт.;

t_0 – основний технологічний час оброблення однієї деталі, хв;

$S_{\text{час}}$ – тарифна ставка робітника, грн/хв;

k – коефіцієнт, що враховує різні нарахування на тарифну ставку робітника;

T – стійкість інструменту, хв;

Ц – ціна інструменту, грн.

Стійкість інструменту T пов'язана із основним технологічним часом оброблення t_0 залежністю $T = n \cdot t_0$, де n – кількість деталей, оброблених одним інструментом. Тому у другому доданку залежності (6.24) відношення $M = N/n$ визначає кількість інструментів M , необхідних для оброблення N деталей.

Для поздовжнього точіння (рис. 6.6) основний технологічний час оброблення t_0 визначають за аналітичною залежністю:

$$t_0 = i \cdot \frac{l}{S_{\text{позд}}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot \text{П} \cdot l}{V \cdot t \cdot S}, \quad (6.25)$$

де $i = \Pi / t$ – кількість поздовжніх ходів інструменту;

Π – величина припуску, що знімається, м;

t – глибина різання, м;

l – довжина ходу інструменту, м;

$S_{\text{позд}} = V \cdot S / (\pi \cdot D_{\text{дет}})$ – швидкість поздовжньої подачі, м/хв;

V – швидкість різання, м/хв;

S – подача, м/об.;

$D_{\text{дет}}$ – діаметр деталі, м.

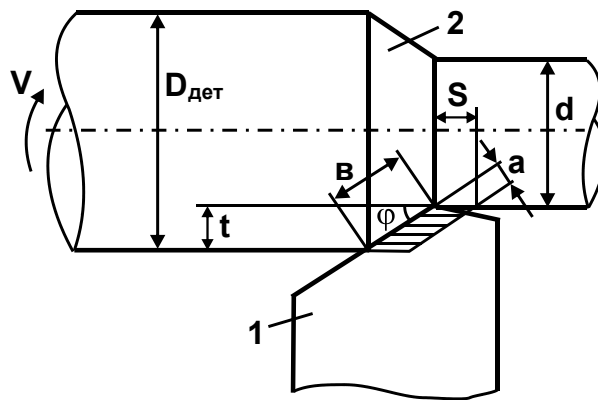


Рис. 6.6. Розрахункова схема поздовжнього точіння:
1 – різець; 2 – деталь, що обробляють

Чисельник залежності (6.25) дорівнює об'єму матеріалу, що знімається, а знаменник – продуктивності оброблення $Q = V \cdot t \cdot S$.

На основі використання результатів досліджень багатофакторного планування експериментів встановлено, що стійкість інструменту T визначається залежністю [7]:

$$T = \frac{C_4}{V^{m_1} \cdot t^q \cdot S^p}, \quad (6.26)$$

де C_4 , m_1 , q , p – постійні величини для певних умов оброблення.

Кількість деталей n , оброблених одним інструментом, визначається на основі залежності $T = n \cdot t_0$ після підстановки в неї залежностей (6.25) і (6.26):

$$n = \frac{C_4}{\pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot \Pi \cdot l \cdot V^{m_1-1} \cdot t^{q-1} \cdot S^{p-1}}. \quad (6.27)$$

Кількість інструментів M , необхідних для оброблення N деталей, визначається за залежністю:

$$M = \frac{N}{n} = \frac{\pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot \Pi \cdot l \cdot N \cdot V^{m_1-1} \cdot t^{q-1} \cdot S^{p-1}}{C_4}. \quad (6.28)$$

Сумарний об'єм матеріалу, що знімається із усіх деталей N , визначається за залежністю $\vartheta_{\text{сум}} = \pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot \Pi \cdot l \cdot N$. Тоді залежність (6.24) із урахуванням залежностей (6.25) та (6.28) набуває вигляду:

$$C = \vartheta_{\text{сум}} \cdot \left(\frac{S_{\text{год}} \cdot k}{V \cdot t \cdot S} + \frac{\zeta}{C_4} \cdot V^{m_1-1} \cdot t^{q-1} \cdot S^{p-1} \right). \quad (6.29)$$

Як впливає із залежності (6.29), при значеннях m_1 , q , p , що перевищують одиницю, має місце екстремальний характер зміни собівартості оброблення C від параметрів режиму різання V , t і S . Експериментально встановлено: $m_1 > q > p$, $m_1 > 1$ (при обробленні сталей та чавунів різцями із твердих сплавів та швидкорізальних сталей $m_1 = 2 \dots 10$). Отже, параметри p і q залежно від умов оброблення можуть бути більшими і меншими за одиницю. Для випадку $m_1 > 1$; $0 < p < 1$; $0 < q < 1$ залежність (6.24) набуває вигляду:

$$C = \vartheta_{\text{сум}} \cdot \left(\frac{S_{\text{год}} \cdot k}{V \cdot t \cdot S} + \frac{\zeta}{C_4} \cdot \frac{V^{m_1-1}}{t^{1-q} \cdot S^{1-p}} \right). \quad (6.30)$$

Виходячи із залежності (6.30), зі збільшенням параметрів режиму різання t та S собівартість оброблення C безперервно зменшується, а зі збільшенням швидкості різання V , навпаки, змінюється за екстремальною залежністю. Екстремальні значення V та C визначаються із необхідної умови екстремуму $C'_V = 0$:

$$V_{\text{екстр}} = \left[\frac{S_{\text{год}} \cdot k \cdot C_4}{(m_1 - 1) \cdot \zeta \cdot t^q \cdot S^p} \right]^{\frac{1}{m_1}}. \quad (6.31)$$

Як видно, значення $V_{\text{екстр}}$ тим менше, чим більші параметри t та S . Розрахунками встановлено, що друга похідна C''_V у точці екстремуму є позитивною величиною. Отже, має місце мінімум функції $C = f(V)$ (рис. 6.7).

Підставляючи залежність (6.31) у залежність (6.30), отримано:

$$C_{\text{екстр}} = \vartheta_{\text{сум}} \cdot m_1 \cdot \left(\frac{S_{\text{год}} \cdot k}{m_1 - 1} \right)^{1 - \frac{1}{m_1}} \cdot \left(\frac{\zeta}{C_4} \right)^{\frac{1}{m_1}} \cdot \frac{1}{t^{\frac{1-q}{m_1}} \cdot S^{\frac{1-p}{m_1}}} \quad (6.32)$$

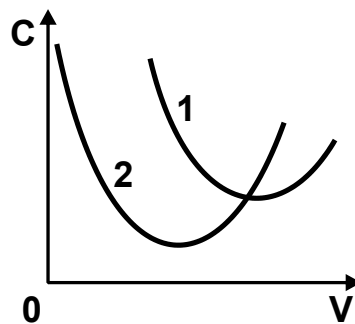


Рис. 6.7. Залежність C від V за умови $S = \text{const}$ ($S_1 < S_2$)

Собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$ тим менше, чим менше параметри $\vartheta_{\text{сум}}$, $S_{\text{год}}$, k , ζ і більше C_4 , t , S . Зменшити сумарний об'єм матеріалу, що видаляється з усіх деталей, $\vartheta_{\text{сум}}$ можна зменшенням припуску P , що знімається (при заданих значеннях l , $D_{\text{дет}}$).

Із залежностей (6.31) та (6.32) випливає, що із точки зору забезпечення заданої собівартості оброблення $C_{\text{екстр}}$ (рис. 6.8 а) збільшення швидкості різання $V_{\text{екстр}}$ обмежене. Отже, застосування високошвидкісного різання вимагає зсуву точки екстремуму собівартості оброблення $C_{\text{екстр}}$ в зону більших значень $V_{\text{екстр}}$. Це можна досягти, виходячи із залежності (6.31), зменшенням ціни інструменту ζ та підвищенням його властивостей міцності, узагальнено визначених параметром C_4 .

Однак, навіть за значної зміни зазначених параметрів це не приведе до помітного збільшення швидкості різання $V_{\text{екстр}}$, оскільки вони входять у залежність (6.31) зі ступенем менше одиниці, так як $m_1 > 1$. Більшого ефекту можна досягти за допомогою зменшення параметра $m_1 \rightarrow 1$.

Тоді, виходячи із залежності (6.31), екстремальне значення швидкості різання $V_{\text{екстр}} \rightarrow \infty$, а собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$, описувана залежністю (6.32) із урахуванням умови $m_1 > p > q$, набуває вигляду:

$$C_{\text{екстр}} = \frac{\vartheta_{\text{сум}} \cdot \zeta}{C_4 \cdot S \cdot t} \quad (6.33)$$

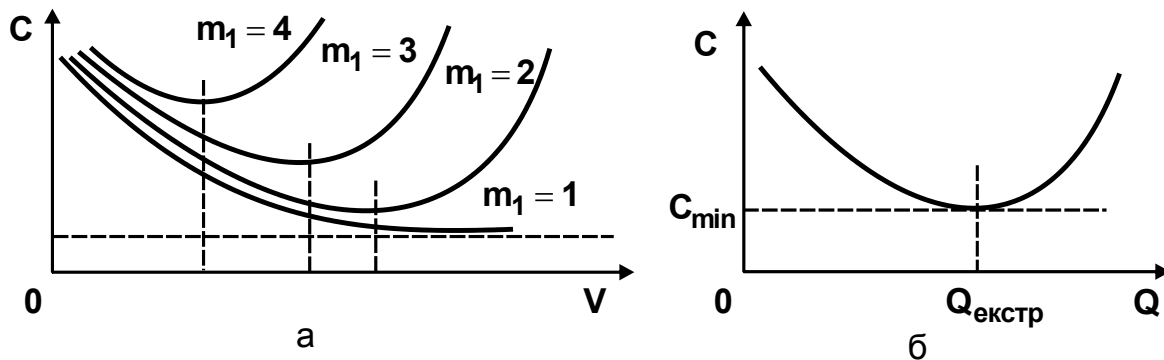


Рис. 6.8. Загальний вигляд залежності собівартості оброблення C від швидкості різання V (а) та продуктивності оброблення Q (б)

Залежність (6.24) після перетворення із урахуванням умови $m_1 \rightarrow 1$ опишеться:

$$C = \frac{\vartheta_{\text{сум}} \cdot S_{\text{год}} \cdot k}{V \cdot S \cdot t} + \frac{\vartheta_{\text{сум}} \cdot \zeta}{C_4 \cdot S \cdot t} \quad (6.34)$$

Як впливає із залежності (6.34), зі збільшенням швидкості різання V собівартість оброблення C безперервно зменшується, асимптотично наближаючись до значення $C_{\text{екстр}}$ (рис. 6.8 б), що визначається залежністю (6.33). Отже, після перевищення певного значення швидкості різання V собівартість оброблення C залишається майже незмінною, тоді як продуктивність оброблення $Q = V \cdot t \cdot S$ необмежено збільшується. Це, власне, і визначає ефект високошвидкісного оброблення. Таким чином, реалізація умови $m_1 \rightarrow 1$, за суттю, відкриває нові технологічні можливості механічного оброблення, багаторазово збільшуючи продуктивність оброблення в умовах незмінної собівартості.

Із фізичного погляду випадок $m_1 = 1$ означає те, що стійкість різального інструменту залежить від швидкості різання V , тобто температур-

ний чинник не є визначальним у зношуванні інструмента. Зношування інструмента відбувається в основному від дії механічного чинника. Дана закономірність може мати місце під час різання алмазними інструментами, які забезпечують інтенсивне відведення тепла із зони різання та суттєво знижуючи температуру різання. У результаті інструмент під час оброблення знаходиться фактично у холодному стані, що сприяє підвищенню його стійкості. Отже, стійкість різального інструмента визначає, головним чином, рівень собівартості оброблення С.

Виключення переважаючої ролі температурного чинника у формуванні показника стійкості інструменту є основною умовою зменшення собівартості оброблення та фактично необмеженого збільшення швидкості різання $V_{\text{екстр}}$. Це дозволяє реалізувати високошвидкісне оброблення на сучасних високооборотних верстатах із ЧПУ. Тому необхідною умовою здійснення високошвидкісного оброблення слід розглядати застосування високооборотних верстатів із ЧПУ ($n=20\ 000$ об./хв і більше), а достатньою умовою – застосування різальних інструментів, що мають високу стійкість, для яких справедлива умова $m_1 \rightarrow 1$. Одним із прикладів здійснення цієї умови може бути застосування твёрдосплавних інструментів зі зносостійкими плазмовими покриттями, які зберігають свої експлуатаційні властивості в умовах дії високих температур різання.

Продуктивність оброблення $Q_{\text{екстр}}$ у точці мінімуму функції С визначається залежністю:

$$Q_{\text{екстр}} = \left(\frac{C_4 \cdot S_{\text{год}} \cdot k}{(m_1 - 1) \cdot \text{Ц}} \right)^{\frac{1}{m_1}} \cdot t^{\frac{1-q}{m_1}} \cdot S^{\frac{1-p}{m_1}}. \quad (6.35)$$

Виходячи із залежності (6.35), зі збільшенням параметрів режиму різання t та S продуктивність оброблення $Q_{\text{екстр}}$ збільшується. Тому забезпечити зменшення собівартості оброблення С при одночасному збільшенні продуктивності оброблення $Q_{\text{екстр}}$ можна збільшенням параметрів t і S , а також зменшенням швидкості різання $V_{\text{екстр}}$ відповідно залежності (6.31).

Після підстановки залежності (6.31) у залежність (6.26), отримано:

$$T = \frac{(m_1 - 1) \cdot \text{Ц}}{S_{\text{год}} \cdot k}. \quad (6.36)$$

Як видно із залежності (6.36), оптимальна стійкість інструменту T не залежить від параметрів режимів різання, а визначається економічними параметрами $S_{\text{год}}$, k , C . Параметри $S_{\text{год}}$ і k впливають на собівартість оброблення C та стійкість інструменту T . Тому між C і T немає цілком однозначного зв'язку. Ціна інструменту C може змінюватися у більших межах, ніж параметри $S_{\text{год}}$ та k . Виходячи із цього, шляхом зниження ціни інструменту C можна зменшувати параметри C і T , тобто економічно ефективно працювати із мінімально можливими значеннями стійкості інструменту T .

Зменшення ціни інструменту C приводить до збільшення параметрів Q та $V_{\text{екстр}}$. Оскільки справедлива умова $q < p$, то глибина різання t у залежність (6.35) входить із більшим ступенем, ніж подача S . У зв'язку із цим доцільно, насамперед, збільшувати глибину різання t до величини припуску Π , що знімається, тобто оброблення здійснювати за один прохід інструмента.

Подачу S необхідно збільшувати із урахуванням технічних обмежень, наприклад потужності верстата, міцності інструменту та приводу верстата, шорсткості обробленої поверхні та ін. Очевидно, при заданій площі поперечного перерізу зрізу ефективно збільшити глибину різання та зменшити подачу S , що узгоджується із практичними даними.

Залежність (6.32) із урахуванням залежності (6.35) набуває вигляду:

$$C_{\text{екстр}} = \vartheta_{\text{сум}} \cdot \frac{S_{\text{год}} \cdot k}{Q_{\text{екстр}}} \cdot \frac{m_1}{(m_1 - 1)}. \quad (6.37)$$

За суттю, отримана залежність (6.30), у якій другий доданок виражений через перший доданок. Значення $C_{\text{екстр}}$, що отримано із залежності (6.37), завжди більше першого доданка в залежності (6.30) у $m_1 / (m_1 - 1)$ разів. Виходячи із рис. 6.9, відношення $m_1 / (m_1 - 1)$ змінюється у межах 2 – 1,1 при збільшенні m_1 у межах 2 – 10.

Зменшити собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$ можна збільшенням продуктивності оброблення $Q_{\text{екстр}}$ шляхом збільшення параметрів режимів різання t , S і зменшення ціни інструменту C відповідно залежності (6.35). При цьому швидкість різання $V_{\text{екстр}}$ необхідно встановлювати відповідно залежності (6.31).

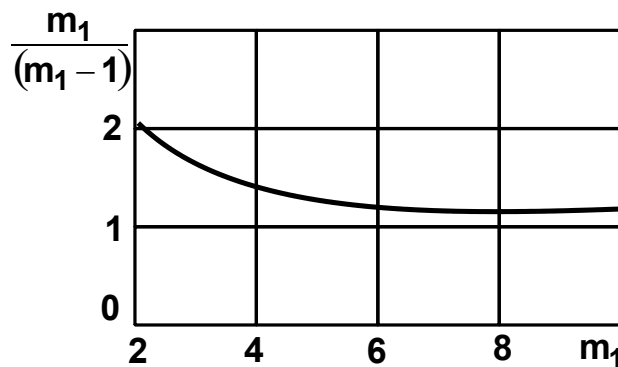


Рис. 6.9. Залежність $m_1/(m_1 - 1)$ від m_1

Таким чином, показано, що зменшити собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$ можна завдяки збільшенню продуктивності оброблення $Q_{\text{екстр}}$. Причому, зменшити собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$ й, відповідно, збільшити продуктивність оброблення $Q_{\text{екстр}}$ можна як шляхом зміни параметрів режиму різання V , t і S , так і шляхом зміни економічних параметрів $S_{\text{год}}$, k , особливо, ціни інструменту C , яка може змінюватися в широких межах. Це вказує на важливість використання економічного критерія оптимізації – мінімуму собівартості оброблення $C_{\text{екстр}}$ – для вирішення технологічних завдань щодо визначення оптимальних варіантів механічного оброблення деталей машин $C_{\text{екстр}}$.

Різні обмеження оброблення, наприклад, точність і шорсткість оброблення, приводять до обмеження параметрів режиму різання t і S , а згідно залежності (6.35), продуктивності оброблення Q . Собівартість оброблення C у цьому випадку, відповідно до залежності (6.37), приймає відносно великі значення. Тому зменшити собівартість оброблення C можна шляхом здійснення процесу оброблення за дві та більше операцій.

Для більш глибокого аналізу умов забезпечення мінімально можливої собівартості оброблення деталей машин, необхідно у другий доданок залежності (6.24) замість емпіричної залежності (6.26) підставити залежність, встановлену аналітичним шляхом. Це дозволить врахувати вплив на собівартість оброблення низки нових параметрів, які узагальнено виражаються в залежності (6.26) коефіцієнтом C_4 , встановлюваним експериментально лише для цілком конкретних умов оброблення, тобто для "вузьких" діапазонів зміни розглянутих параметрів оброблення.

Проведений аналіз собівартості оброблення дозволяє визначити економію із заробітної плати робітників-верстатників та витрати різально-

го інструмента, яка, виходячи із залежності (6.24), виражається:

$$\Delta C = C_{\text{нов}} - C_{\text{баз}} = N \cdot (t_{0_{\text{нов}}} - t_{0_{\text{баз}}}) \cdot S_{\text{год}} \cdot k + N \cdot \left(\frac{t_{0_{\text{нов}}} \cdot \zeta_{\text{нов}}}{T_{\text{нов}}} - \frac{t_{0_{\text{баз}}} \cdot \zeta_{\text{баз}}}{T_{\text{баз}}} \right). \quad (6.38)$$

У залежності (6.38) параметри $C_{\text{баз}}$, $t_{0_{\text{баз}}}$, $T_{\text{баз}}$, $\zeta_{\text{баз}}$ визначають базовий варіант оброблення, а параметри $C_{\text{нов}}$, $t_{0_{\text{нов}}}$, $T_{\text{нов}}$, $\zeta_{\text{нов}}$ – новий варіант оброблення. Як видно, величина ΔC тим більше, чим більше різниця $(t_{0_{\text{нов}}} - t_{0_{\text{баз}}})$ і другий доданок залежності, який виражає складний неоднозначний зв'язок між параметрами, що входять до нього. Це обумовлено екстремальністю залежності (6.24).

Якщо значення $C_{\text{баз}}$ і $C_{\text{нов}}$ належать лівій гілці залежності (рис. 6.8а), то буде мати місце однозначне збільшення величини ΔC при переході від базового до нового варіанта оброблення.

Якщо значення $C_{\text{баз}}$ і $C_{\text{нов}}$ належать різним гілкам залежності (рис. 6.8 а), то величина ΔC може набувати як позитивних, так і негативних значень. В останньому випадку економії ΔC не буде досягнуто.

Враховуючи неоднозначність рішень на основі залежності (6.38), оцінювання економії ΔC двох варіантів доцільно виконувати на основі порівняння мінімумів собівартості оброблення C відповідно до залежності (6.37). У цьому випадку величина $C_{\text{екстр}}$ однозначно визначається продуктивністю оброблення $Q_{\text{екстр}}$, що спрощує вирішення оптимізаційних завдань. Очевидно, чим більше $Q_{\text{екстр}}$, тим менше $C_{\text{екстр}}$. Отже, зі збільшенням швидкості різання $V_{\text{екстр}}$ збільшується продуктивність оброблення $Q_{\text{екстр}}$ та зменшується собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$. Збільшити швидкість різання $V_{\text{екстр}}$, відповідно до залежності (6.31), можна, насамперед, збільшенням параметра C_4 (тобто стійкості різального інструменту) і зменшенням ціни інструменту ζ .

При пропорційному збільшенні параметрів C_4 і ζ швидкість різання $V_{\text{екстр}}$, відповідно і значення $Q_{\text{екстр}}$, $C_{\text{екстр}}$, залишаються незмінними. У результаті, на перший погляд, може здатися, що ефект оброблення не буде досягнуто. Однак, при цьому необхідно враховувати, що збільшен-

ня параметра C_4 передбачає зменшення безрозмірного параметра $m_1 \rightarrow 1$ (внаслідок підвищення фізико-механічних властивостей інструментального матеріалу). Це приводить до необмеженого збільшення швидкості різання $V_{\text{екстр}}$ відповідно до залежності (6.31) і зменшення собівартості оброблення C до значення $C_{\text{екстр}}$ (рис. 6.8 б).

Як показано вище, дана закономірність визначає ефективність здійснення високошвидкісного оброблення деталей машин, що забезпечує суттєву економію від зниження заробітної плати робітника-верстатника та витрат різального інструменту.

Таким чином, у роботі економічно обґрунтовано науковий підхід до вибору оптимального варіанту механічного оброблення та металооброблювального верстата із ЧПУ.

6.4. Теоретичне обґрунтування умов зниження собівартості оброблення деталей машин на верстатах із ЧПУ

Для більш глибокого аналізу собівартості оброблення деталей машин на верстатах із ЧПУ слід залежність (6.24), що враховує дві статті витрат, які змінюються в процесі оброблення та пов'язані з заробітною платою робітника і вартістю витрачених інструментів, подати у вигляді:

$$C = N \cdot t_{\text{оп}} \cdot S_{\text{год}} \cdot k + M \cdot \zeta \quad (6.39)$$

де $t_{\text{оп}} = t_0 + t_1$ – оперативний час оброблення, хв;

t_0, t_1 – основний та допоміжний час оброблення, хв;

M – кількість витрачених інструментів.

За умов $t_0 = l/S_{\text{позд}}$; $t_1 = 0$; $T = n \cdot t_0$; $T = A/S_{\text{позд}}^k$, із урахуванням залежностей $M = N/n$ та $n = A/(l \cdot S_{\text{позд}}^{k-1})$, залежність (6.39) набуває вигляду:

$$C = N \cdot l \cdot \left(\frac{S_{\text{год}} \cdot k}{S_{\text{позд}}} + \frac{\zeta}{A} \cdot S_{\text{позд}}^{k-1} \right), \quad (6.40)$$

де l – довжина технологічного переходу, м;

n – кількість деталей, оброблених одним інструментом;

A, k – параметри, що залежать від умов оброблення, встановлюються експериментально.

Залежно від показника ступеня k собівартість оброблення C у залежності (6.40) зі збільшенням швидкості поздовжньої подачі $S_{\text{позд}}$ може зменшуватися ($k \leq 1$) або змінюватися за екстремальною залежністю ($k > 1$), приймаючи мінімальне значення. У останньому випадку екстремальне значення швидкості поздовжньої подачі $S_{\text{екстр}}$ визначається за необхідної умови екстремуму $C'_s = 0$, тоді:

$$S_{\text{екстр}} = \left[\frac{S_{\text{год}} \cdot k \cdot A}{(k-1) \cdot \zeta} \right]^{\frac{1}{k}}. \quad (6.41)$$

Екстремальне (мінімальне) значення собівартості оброблення $C_{\text{екстр}}$ із урахуванням залежності (6.41) визначається залежністю:

$$C_{\text{екстр}} = N \cdot l \cdot S_{\text{год}} \cdot k \cdot \frac{k}{(k-1)} \cdot \left[\frac{(k-1) \cdot \zeta}{S_{\text{год}} \cdot k \cdot A} \right]^{\frac{1}{k}}. \quad (6.42)$$

Як впливає із залежності (6.42), вплив параметрів N і l на собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$ більш значний, ніж параметрів $S_{\text{год}}$, k , k і A за умови $k \leq 1$. Отже, основним шляхом зниження собівартості оброблення $C_{\text{екстр}}$ є зменшення добутку $N \cdot l$.

Зменшити довжину технологічного переходу l можна за рахунок оптимізації траєкторії руху інструменту в процесі оброблення складних деталей на верстатах із ЧПУ. Однак при цьому в залежність (6.42) необхідно ввести другий доданок ζ_1 , який дорівнює вартості верстата із ЧПУ. Ефект матиме у разі, якщо перший доданок більше другого, тобто при відносно великому значенні N .

Застосування верстатів із ЧПУ знижує витрати, пов'язані з виготовленням технологічного оснащення, але створює додаткові витрати ζ_2 , пов'язані з підготовкою управляючих програм. У цьому випадку залежність (6.42) опишеться:

$$C_{\text{екстр}} = N \cdot l \cdot S_{\text{год}} \cdot k \cdot \frac{k}{(k-1)} \cdot \left[\frac{(k-1) \cdot C}{S_{\text{год}} \cdot k \cdot A} \right]^{\frac{1}{k}} + C_1 + C_2. \quad (6.43)$$

Якщо вартість технологічного оснащення C_2 переважає у залежності (6.43), то її суттєве зменшення (практично до рівня вартості управляючих програм) дозволить зменшити собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$ навіть за відносно невеликої програми оброблюваних деталей N . Отже, металооброблювальні верстати із ЧПУ ефективно застосовувати у процесі виготовлення складних деталей (ефект створюється завдяки оптимізації траєкторій руху інструменту та зменшення параметра l) та під час виготовлення невеликих партій деталей (ефект створюється завдяки зменшенню витрат на технологічне оснащення).

Відповідно до залежності (6.42), зменшити собівартість оброблення $C_{\text{екстр}}$ можна зменшенням відношення C/A , тобто зменшенням вартості інструменту (або його переточування) та підвищенням його експлуатаційних характеристик (узагальнено визначених параметром A) шляхом застосування ефективних мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ, зміцнення інструменту, оптимізації режимів різання тощо. Також ефективно застосування прогресивних високопродуктивних технологій та інструментів, що забезпечують зменшення відношення C/A .

Залежність (6.39) можна подати у вигляді:

$$C = N \cdot (t_0 + t_1) \cdot S_{\text{год}} \cdot k + N \cdot l \cdot \frac{C}{A} \cdot S^{k-1}. \quad (6.44)$$

Важливою умовою зменшення собівартості оброблення C є зменшення допоміжного часу оброблення t_1 шляхом застосування верстатів-автоматів. Однак при цьому в залежність (6.44) необхідно ввести третій доданок C_3 , що дорівнює вартості верстата-автомата. Ефект матиме місце у разі, якщо третій доданок значно менше суми перших двох доданків, тобто в умовах великого значення N . Цим можна пояснити ефективність застосування багатоопераційних верстатів та верстатів із ЧПУ, оскільки вони забезпечують зниження допоміжного часу оброблення t_1 .

Зменшити собівартість оброблення C можна застосуванням багатоінструментних верстатів. Тоді залежність (6.44) із урахуванням вартості верстата C_3 набуває вигляду:

$$C = N \cdot (t_0 + t_1) \cdot S_{\text{год}} \cdot k + N \cdot l \cdot \frac{\zeta}{A} \cdot S^{k-1} + \zeta_3, \quad (6.45)$$

де $N_1 = N/z_1$;

z_1 – кількість одночасно працюючих інструментів.

Як видно, зменшення собівартості оброблення C відбувається у разі, якщо третій доданок менше суми перших двох, тобто при великих значеннях N . За умов $t_1 = 0$ і $t_0 = l/S_{\text{позд}}$, залежність (6.45) опишеться:

$$C = N \cdot l \cdot \left(\frac{S_{\text{год}} \cdot k}{z_1 \cdot S_{\text{позд}}} + \frac{\zeta}{A} \cdot S_{\text{позд}}^{k-1} \right) + \zeta_3. \quad (6.46)$$

Екстремальні значення швидкості поздовжньої подачі $S_{\text{екстр}}$ та собівартості оброблення $C_{\text{екстр}}$ визначаються за залежностями:

$$S_{\text{екстр}} = \left[\frac{S_{\text{год}} \cdot k \cdot A}{(k-1) \cdot z_1 \cdot \zeta} \right]^{\frac{1}{k}}; \quad (6.47)$$

$$C_{\text{екстр}} = N \cdot l \cdot S_{\text{год}} \cdot k \cdot \frac{1}{z_1} \cdot \frac{k}{(k-1)} \cdot \left[\frac{(k-1) \cdot z_1 \cdot \zeta}{S_{\text{год}} \cdot k \cdot A} \right]^{\frac{1}{k}} + \zeta_3. \quad (6.48)$$

Із залежностей (6.47) і (6.48), випливає, що значення $S_{\text{екстр}}$ і $C_{\text{екстр}}$ тим менше, чим більше z_1 . Очевидно, для кожного значення N існують оптимальні значення z_1 і ζ_3 , які визначають характеристики багатоінструментного верстата. Даний аналіз справедливий за умови $k > 1$. За умови $k \leq 1$, відповідно до залежності (6.40), екстремум собівартості оброблення C від швидкості поздовжньої подачі $S_{\text{позд}}$ відсутній: собівартість оброблення C зі збільшенням $S_{\text{позд}}$ безперервно зменшується.

Обмеженнями збільшення $S_{\text{позд}}$ можуть бути вимоги щодо якості та точності оброблення. Визначити оптимальну швидкість поздовжньої подачі $S_{\text{позд}}$ можна на основі оптимізації параметрів режимів різання із урахуванням обмежень, наприклад, за шорсткістю та точністю оброблен-

ня, за залишковими напруженнями у поверхневому шарі деталі та ін. Враховуючи те, що швидкість поздовжньої подачі $S_{\text{позд}}$ визначає продуктивність оброблення Q , між собівартістю оброблення C і продуктивністю оброблення Q за умови $k \leq 1$ існує зворотний зв'язок: чим більше продуктивність оброблення Q , тим менше собівартість оброблення C . У цьому випадку критерії оптимізації умов оброблення: собівартість C та продуктивність оброблення Q рівноважні.

Питання для самостійного контролю

1. Обґрунтуйте необхідність та важливість аналітичного визначення собівартості виготовлення машинобудівної продукції.
2. Як аналітично пов'язані собівартість і продуктивність оброблення деталей та які чинники найбільше впливають на їх значення?
3. Назвіть прогресивні технологічні процеси оброблення деталей, що дозволяють значно знизити собівартість оброблення.
4. Як пов'язані собівартість і продуктивність оброблення деталей із параметрами їх якості та точності?
5. Як впливає зносостійкість алмазних кругів на собівартість оброблення під час шліфування?
6. Як впливає автоматизація процесу шліфування на собівартість оброблення?
7. У чому полягає сутність техніко-економічного обґрунтування вибору найефективніших технологічних процесів та умов шліфування алмазними кругами?
8. Які змінні статті витрат оброблення деталей машин найбільше впливають на собівартість оброблення?
9. Як визначають екстремальне значення собівартості оброблення?
10. Назвіть складові оперативного часу оброблення?
11. Обґрунтуйте сутність досягнення ефективності застосування високошвидкісного оброблення деталей машин.
12. Обґрунтуйте умови ефективного застосування металорізальних верстатів із числовим програмним управлінням за критерієм найменшої собівартості оброблення.
13. Які додаткові витрати створює застосування металорізальних верстатів із числовим програмним управлінням?

Література: [5 – 7, 9, 55, 66 – 68].

Розділ 7. Результати проведення техніко-економічного обґрунтування операційної діяльності виробничих підприємств щодо доцільності їх модернізації

На підставі фінансової звітності ПрАТ "ФЕД" за 2012 – 2018 рр. [81, 85] у табл. 7.1 і на рис. 7.1 наведено техніко-економічні показники діяльності ряду виробничих підприємств України після проведення на них модернізації виробництва.

Таблиця 7.1

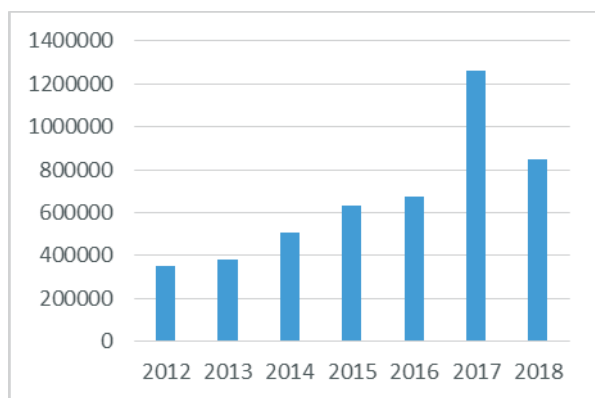
Техніко-економічні показники діяльності підприємства

Роки	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Чистий дохід, тис. грн	352 292	381 413	507 354	634 019	673 739	1 264 139	848 890
Собівартість, тис. грн	289 280	327 586	385 155	366 597	427 308	776 984	527 921
Валовий прибуток, тис. грн	63 012	53 827	122 199	267 422	246 431	487 155	320 969
Валова рентабельність, %	17,9	14,1	24,0	42,2	36,58	38,5	37,8
Продуктивність праці, тис. грн	4 635	1 484	807	837	823	1 375	945,311
Залишкова вартість машин та обладнання виробничого призначення, тис. грн	120 055	124 387	132 607	162 717	253 898	306 635	316 952

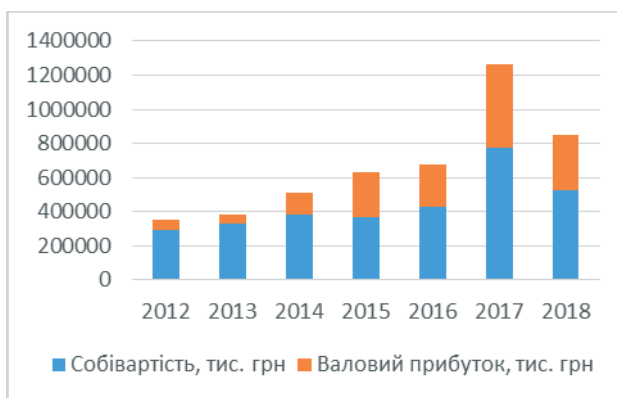
Із початку створення ПрАТ "ФЕД" керівництво підприємства обрало стратегію розвитку, засновану на систематичному оновленні виробничих потужностей із використанням найсучаснішого обладнання для отримання продукції найвищої якості.

На протязі довгого періоду часу ПрАТ "ФЕД" активно співпрацював із ДП "ХМЗ "ФЕД" і постійно займався придбанням у нього великої кількості комплектуючих. Однак, як встановлено, рівень якості цих комплектуючих був нижчим рівня якості продукції, що виготовлялася на самому ПрАТ "ФЕД". Тому керівництво ПрАТ "ФЕД" прийняло рішення розширити власне виробництво і виготовляти своїми силами комплектуючі, які рані-

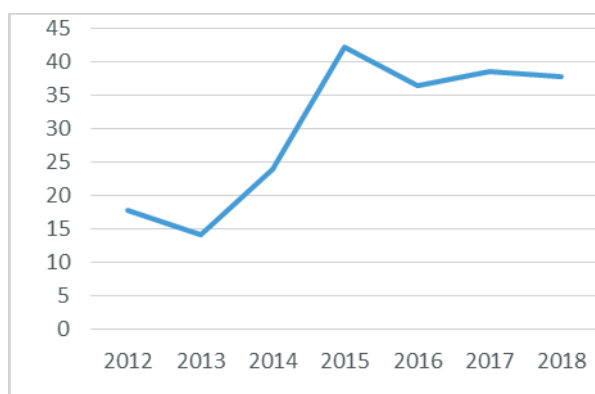
ше придбалися на ДП "ХМЗ "ФЕД". Для цього було закуплено велику кількість сучасного обладнання і розширено штат працівників фактично без зміни загального обсягу витрат. Тому у зв'язку із різким підвищенням курсу валют у 2015 році дохід ПрАТ "ФЕД", як експортера, у національній валюті значно підвищився (табл. 7.1).



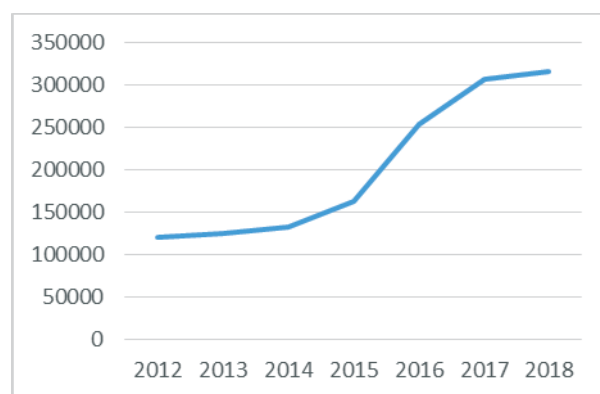
Чистий дохід підприємства,
тис. грн



Структура чистого доходу
підприємства, тис. грн



Валова рентабельність, %



Залишкова вартість машин та обладнання
виробничого призначення, тис. грн

Рис. 7.1. Динаміка економічних показників діяльності ПрАТ "ФЕД" за 2012 – 2018 рр.

У 2016 році, згідно із економічними показниками, ПрАТ "ФЕД" забезпечив навчання нових працівників для праці на новому обладнанні та освоїв виготовлення нової продукції. Завдяки цьому, після стабілізації курсу валют у 2016 році, рентабельність підприємства хоч і дещо знизилася порівняно із 2015 роком (тому що був надприбуток за рахунок стрибка курсу валют), але все ж стала вищою порівняно із 2014 роком.

Таким чином, прийнята стратегія розвитку ПрАТ "ФЕД" на початку роботи підприємства із використанням найсучасніших технологій та об-

ладнання для виробництва продукції із максимально можливою якістю змусила відмовитися від придбання більшої частини комплектуючих у постачальників, які не змогли їх виготовляти із високим рівнем якості. Після розширення власного виробництва підприємство декілька років освоювало нове обладнання, навчало персонал і в результаті здійснило потужний стрибок у своєму розвитку – збільшило основні фінансові показники. Із цього випливає, що для підвищення прибутку підприємству необхідно виконувати принципи соціально відповідального маркетингу шляхом підвищення якості продукції, що випускається, зниження її собівартості та ціни завдяки модернізації виробництва підприємства (рис. 7.2).

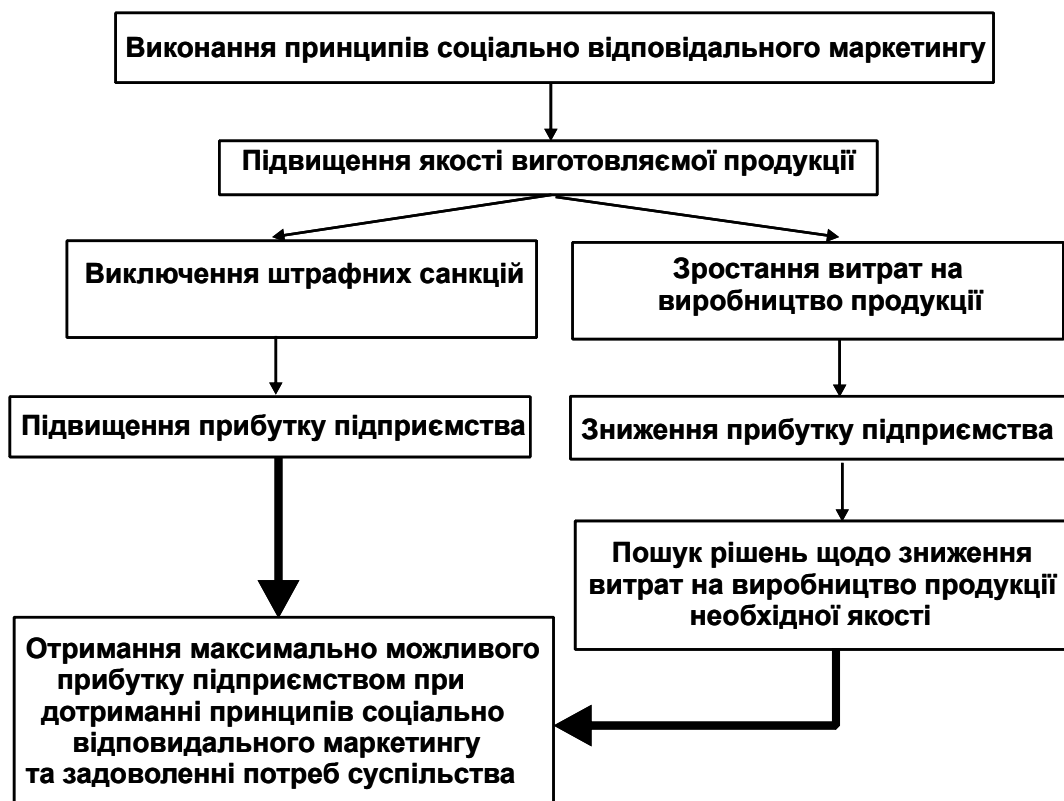


Рис. 7.2. Вплив принципів соціально відповідального маркетингу на прибуток підприємства

На підставі фінансової звітності у табл. 7.2 – табл. 7.6 та рис. 7.3 – рис. 7.7 наведено техніко-економічні показники діяльності підприємств: АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" за 2012 – 2017 рр.; АТ "Турбоатом" за 2012 – 2018 рр.; ПрАТ "Харківський тракторний завод" за 2012 – 2018 рр.; ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" за 2012 – 2017 рр.; ПрАТ "ХМЗ "Плінфа" [81, 82, 84, 85] для оцінювання ефективності управління прибутком підприємства із точки зору дотримання принципів соціально відповідального маркетингу.

Техніко-економічні показники діяльності АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря"

Роки	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Чистий дохід, тис. грн	701 255	549 314	503 897	400 215	695 268	872 153
Собівартість, тис. грн	470 552	395 388	379 576	289 922	609 185	765 724
Валовий прибуток, тис. грн	230 703	153 926	124 321	110 260	86 083	106 429
Валова рентабельність, %	49,0	38,9	32,8	38,0	14,1	13,9
Продуктивність праці, тис. грн	257,6	243,6	275,9	248,1	389,7	440,5
Залишкова вартість машин та обладнання виробничого призначення, тис. грн	112 547	106 779	91 546	120 258	86 481	90 327



Рис. 7.3. Динаміка економічних показників діяльності АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" за 2012 – 2017 рр.

Техніко-економічні показники діяльності АТ "Турбоатом"

Роки	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Чистий дохід, тис. грн	1 296 947	1 741 261	1 842 387	2 694 253	2 166 943	2 377 533	2 615 427
Собівартість, тис. грн	820 850	963 414	1 216 554	1 227 393	1 112 132	1 056 109	1 382 524
Валовий прибуток, тис. грн	476 097	777 847	625 833	1 466 860	1 054 811	1 321 424	1 232 903
Валова рентабельність, %	58,0	80,7	51,4	119,5	94,8	125,1	89,2
Продуктивність праці, тис. грн	237,71	303,197	316,724	573,367	584,396	679,101	753,942
Залишкова вартість машин та обладнання виробничого призначення, тис. грн	144 071	176 892	115 574	331 415	330 629	1 170 801	1 031 668

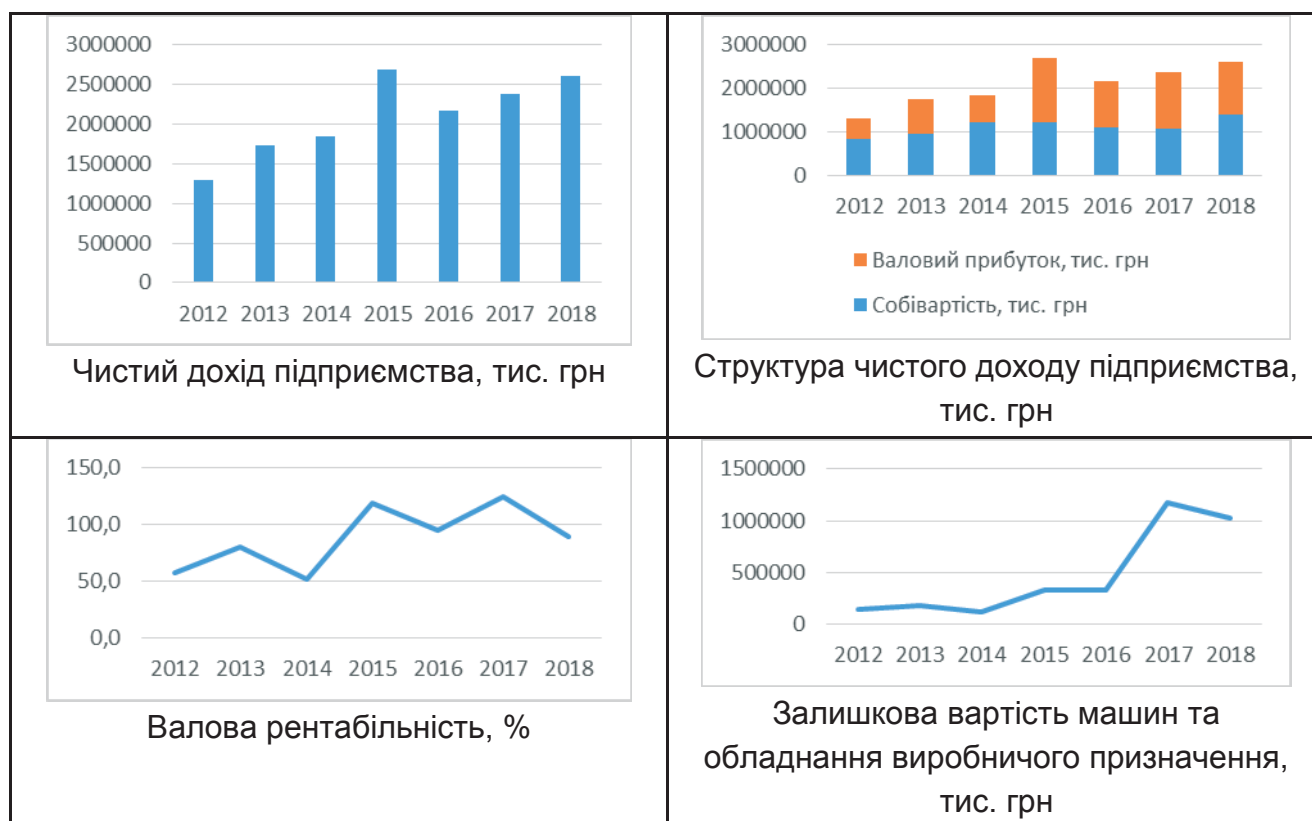


Рис. 7.4. Динаміка економічних показників діяльності АТ "Турбоатом" за 2012 – 2018 рр.

Техніко-економічні показники діяльності ПрАТ "Харківський тракторний завод"

Роки	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Чистий дохід, тис. грн	635 893	542 835	674 049	513 280	222 845	713 342	623 612
Собівартість, тис. грн	569 276	525 843	623 605	578 204	236 073	585 324	573 680
Валовий прибуток, тис. грн	66 617	16 992	50 444	64 924	-13 228	128 018	49 932
Валова рентабельність, %	11,7	3,2	8,0	11,2	-5,6	21,9	8,7
Продуктивність праці, тис. грн	278,41	166,20	270,59	181,5	78,8	445,0	389,0
Залишкова вартість машин та обладнання виробничого призначення, тис. грн	24 845	25 069	26 800	513 028	400 259	371 777	350 034



Рис. 7.5. Динаміка економічних показників діяльності
ПрАТ "Харківський тракторний завод" за 2012 – 2018 рр.

**Техніко-економічні показники діяльності
ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод"**

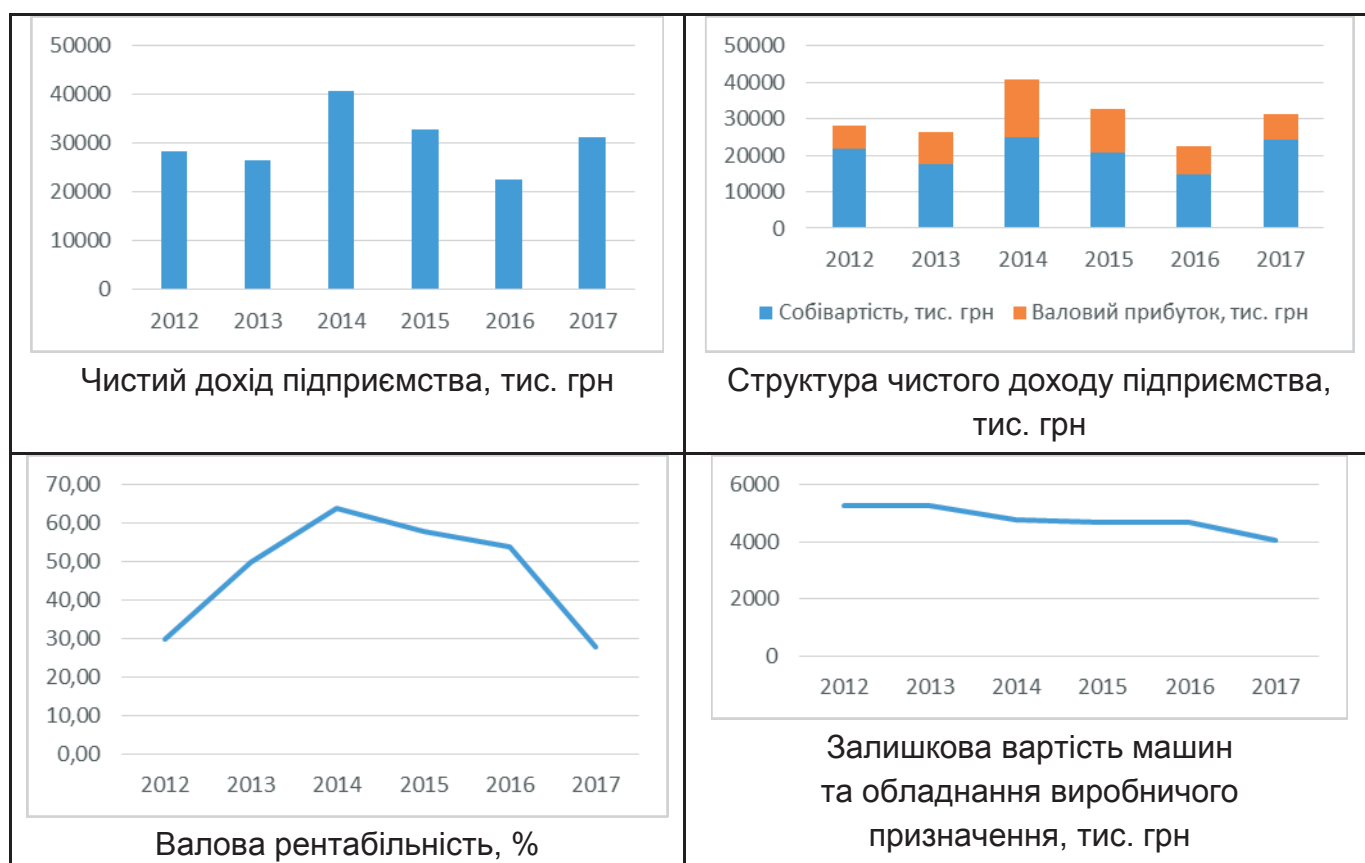
Роки	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Чистий дохід, тис. грн	2 372 735	2 675 465	2 574 823	2 965 133	3 079 114	4 396 033
Собівартість, тис. грн	1 771 509	1 846 611	1 797 482	2 129 482	2 098 573	2 902 092
Валовий прибуток, тис. грн	601 226	828 854	777 341	835 651	980 541	1 493 941
Валова рентабель- ність, %	33,9	44,9	43,2	39,2	46,7	51,4
Продуктивність праці, тис. грн	185,4	222,9	234,9	298,3	337,7	493,5
Залишкова вар- тість машин та об- ладнання виробни- чого призначення, тис. грн	185,442	222,936	234,972	298,363	337,696	493,492



**Рис. 7.6. Динаміка економічних показників діяльності
ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод"
за 2012 – 2017 рр.**

**Техніко-економічні показники діяльності
ПрАТ "Харківський машинобудівний завод "Плінфа"**

Роки	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Чистий дохід, тис. грн	28 315	26 439	40 847	32 847	22 506	31 166
Собівартість, тис. грн	21 837	17 597	24 870	20 828	14 639	24 407
Валовий прибуток, тис. грн	6 478	8 842	15 977	12 019	7 867	6 759
Валова рентабельність	0,30	0,50	0,64	0,58	0,54	0,28
Продуктивність праці, тис. грн	113,71	119,63	187,37	152,07	109,79	164,03
Залишкова вартість машин та обладнання виробничого призначення, тис. грн	5 292	5 292	4 781	4 677	4 701	4 046



**Рис. 7.7. Динаміка економічних показників діяльності
ПрАТ "Харківський машинобудівний завод "Плінфа"
за 2012 – 2017 рр.**

Аналіз діяльності машинобудівних підприємств України показав, що систематичне оновлення виробничих потужностей (показник "Залишкова вартість машин та обладнання виробничого призначення") дозволяє

підприємствам збільшувати дохід, прибуток і рентабельність. Але, як показано на рис. 7.3 – рис. 7.5, має місце стрибкоподібний характер зміни цих показників. Це обумовлено значним впливом зовнішніх чинників, які включають політичні ситуації у державі, нестабільність курсу національної валюти, особливості виробництва машинобудівної продукції у зв'язку із тривалими виробничими циклами та ін. Так, підприємства ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод", АТ "Турбоатом" й ПрАТ "ФЕД" протягом останніх 6 – 7 років щорічно інвестували кошти у модернізацію виробничих потужностей. Фінансова звітність цих підприємств показала зростання обсягів доходу і прибутку із деякими стрибками, що пов'язані, як показано раніше, із політичною ситуацією в державі, нестабільністю курсу національної валюти і особливостями виробництва машинобудівної продукції у зв'язку із тривалими виробничими циклами. Це вказує на ефективність проведення систематичної модернізації для зростання доходів і прибутку підприємства у довгостроковій перспективі.

Одним із ефективних критеріїв техніко-економічного обґрунтування операційної діяльності підприємств є рівень заробітної плати. Для виготовлення конкурентоспроможної продукції необхідні фахівці високої кваліфікації, які оцінюють свою працю вище середнього рівня, досягнутого в Україні. Якщо підприємство не може забезпечити їх заробітною платою вище середньої заробітної плати в Україні, то найімовірніше вони перейдуть на інше підприємство, яке зможе їх забезпечити високою заробітною платою, і на підприємстві залишаться менш кваліфіковані фахівці.

На рис. 7.8 показано динаміку середньої заробітної плати на промислових підприємствах та її співвідношення із середньою заробітною платою в Україні.

Як видно із рис. 7.8, підприємства, які систематично проводять модернізацію виробничих потужностей (ПрАТ "ФЕД", АТ "Турбоатом" і ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод"), забезпечують своїх співробітників заробітною платою вище середньої в Україні. АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря", виходячи із кризового становища і збільшуючи ефективність своєї діяльності, значно збільшив рівень середньої заробітної плати своїх співробітників. Підприємства, які менше уваги приділяють процесу оновлення своїх виробничих потужностей (ПрАТ "Харківський тракторний завод", ПрАТ "Харківський машинобудівний завод "Плінфа"), знижують обсяги отриманого доходу, знижують або ж утримують на постійно низькому рівні середню заробітну плату своїх співробітників.

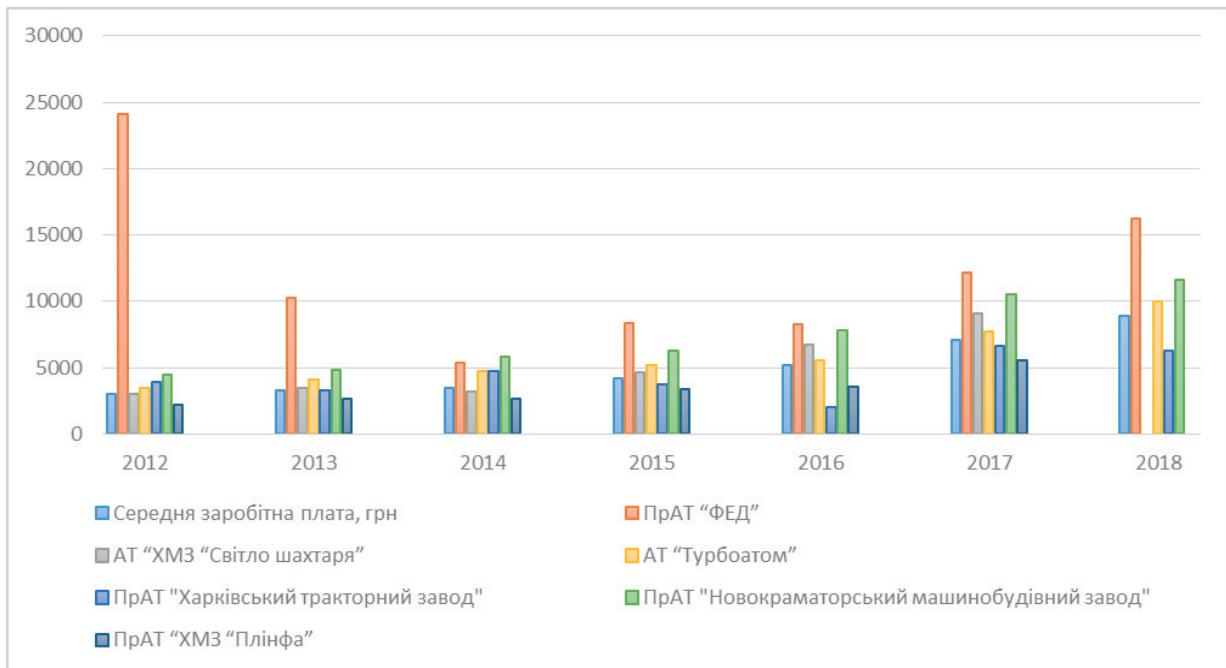
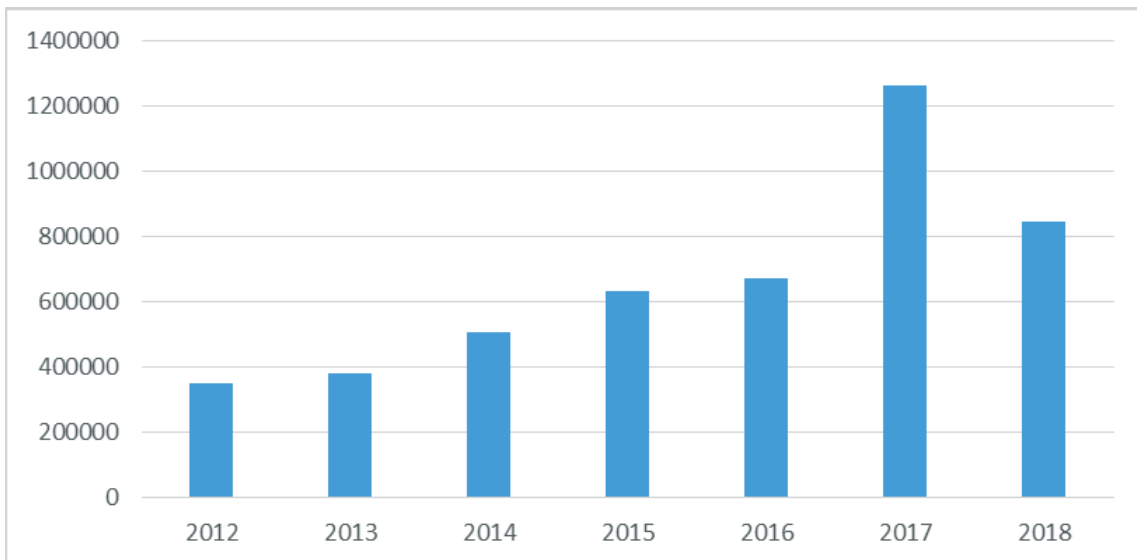


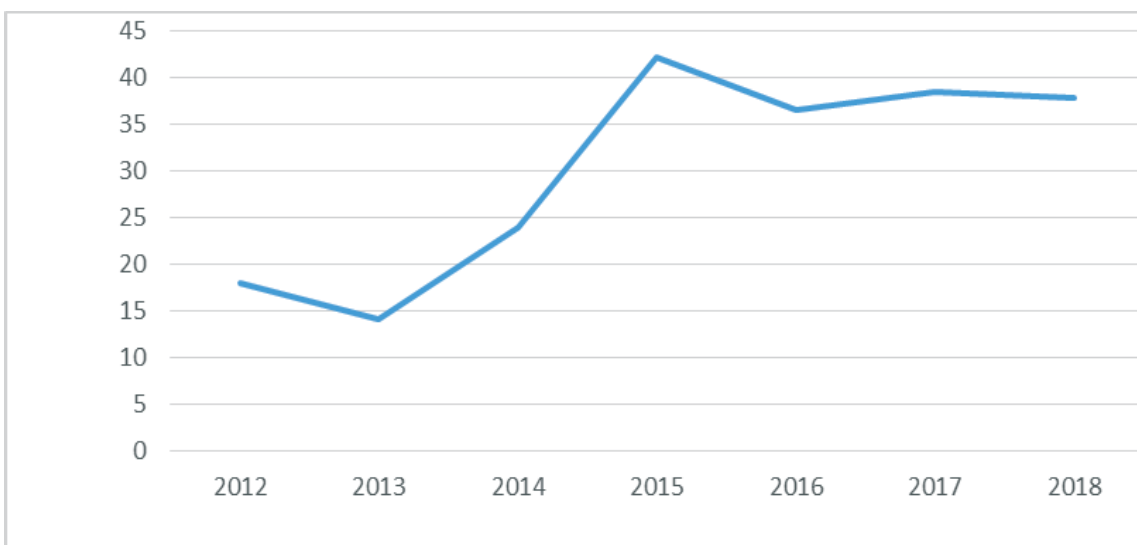
Рис. 7.8. Динаміка середньої заробітної плати за місяць на підприємстві

Податки – одна із основних статей наповнення бюджету України. Підвищення ефективності роботи суб'єктів господарювання дозволяє збільшувати надходження коштів до бюджету України. Так само цьому сприяє поліпшення податкової системи, яка може сприяти виведенню економіки із тіні. Із аналізу соціальної відповідальності підприємств видно, що сплата податків є одним із основних показників. Власники підприємств, які систематично сплачують податки і знижують їх обсяг тільки у разі зменшення обсягів виробництва та реалізації своєї продукції, є соціально відповідальними. Це пов'язано із тим, що кошти, сплачені у бюджет України і до місцевих бюджетів, дозволяють державним органам збільшувати соціальні проекти, підвищувати заробітну плату державним службовцям (медичним працівникам, вчителям, соціальним працівникам, військовим та ін.).

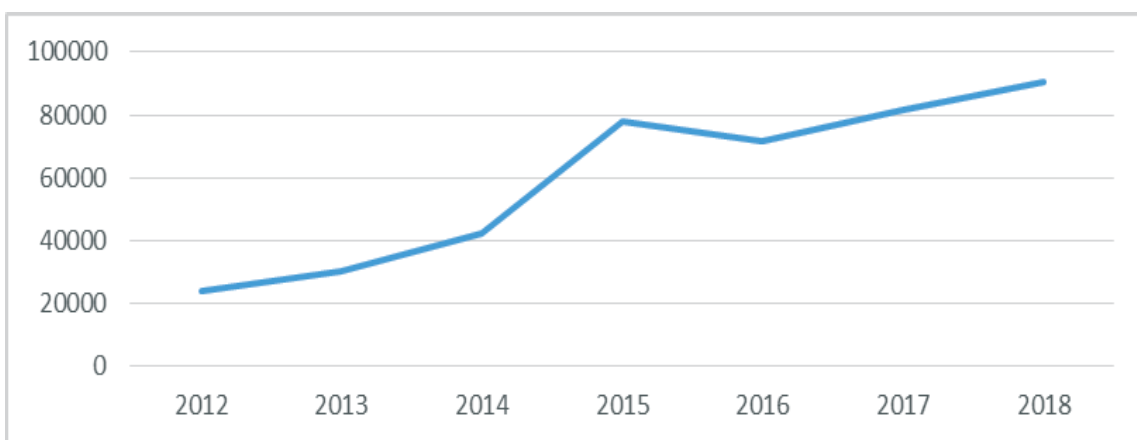
На рис. 7.9 – рис. 7.14 наведено дані щодо перерахування податків та зборів машинобудівними підприємствами. Динаміка обсягів виплачених податків і зборів до державних органів найбільш стабільна у шести розглянутих підприємств у ПрАТ "ФЕД". Цьому сприяє стабільне зростання фінансових показників діяльності підприємства. АТ "Турбоатом", АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" і ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" показують коливання обсягів перерахованих коштів у якості податків і зборів, оскільки за останні роки їх діяльність була нестабільною.



Чистий дохід підприємства, тис. грн

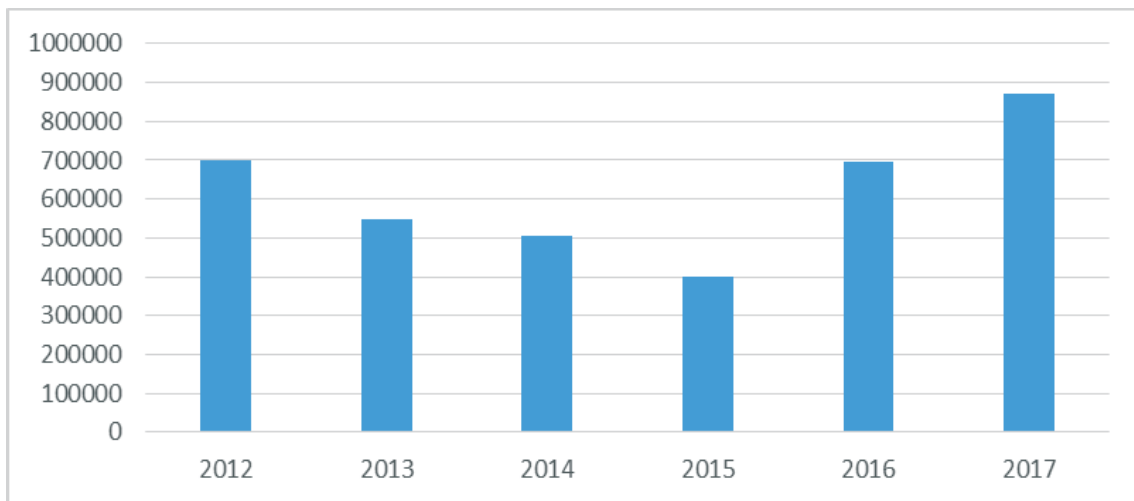


Валова рентабельність, %

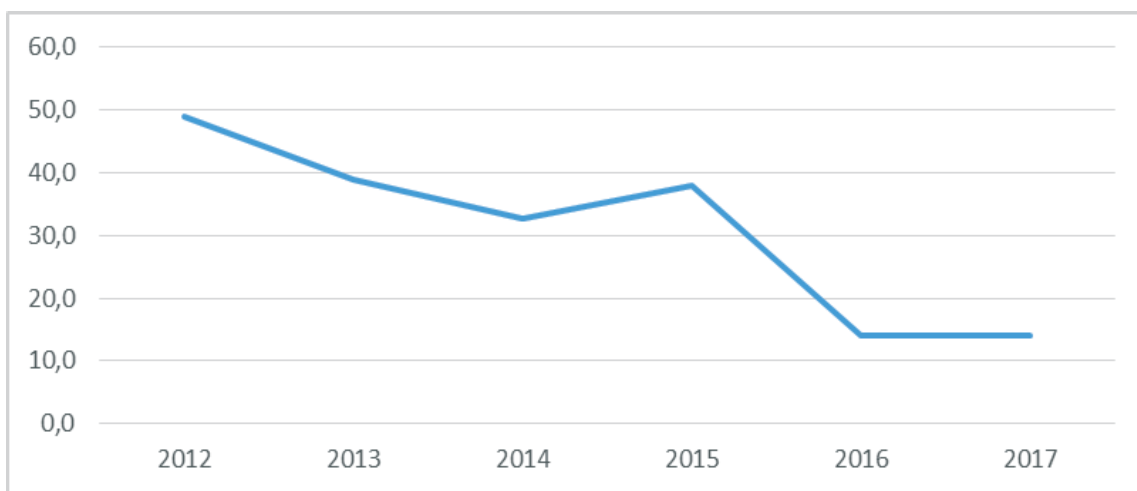


Податки та збори, тис. грн

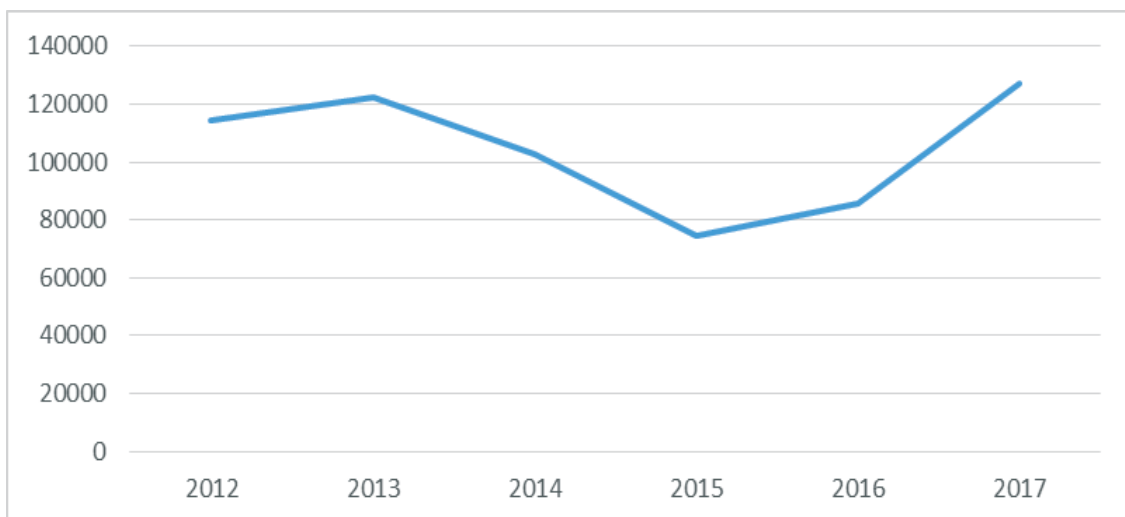
Рис. 7.9. Перерахування податків та зборів ПрАТ "ФЕД" за 2012 – 2018 рр. та фінансові показники діяльності підприємства



Чистий дохід підприємства, тис. грн

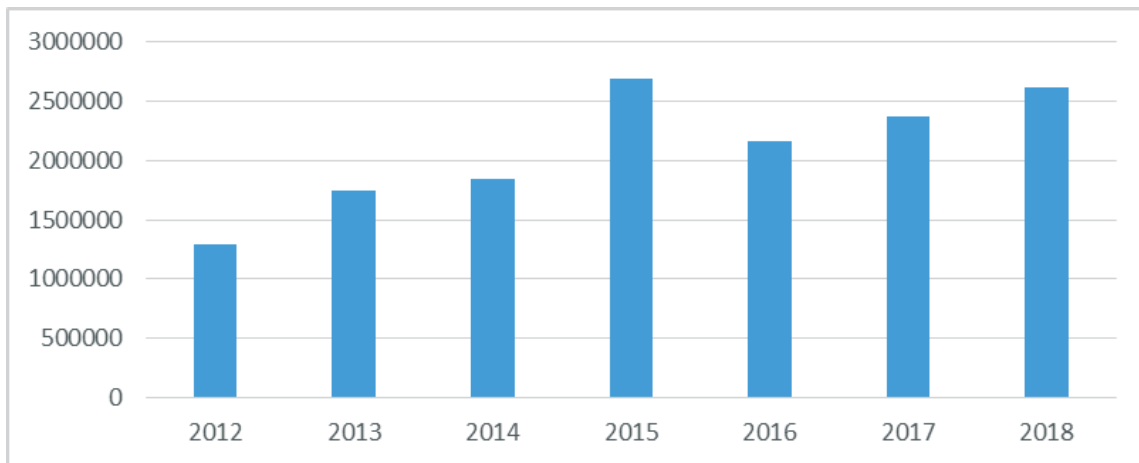


Валова рентабельність, %

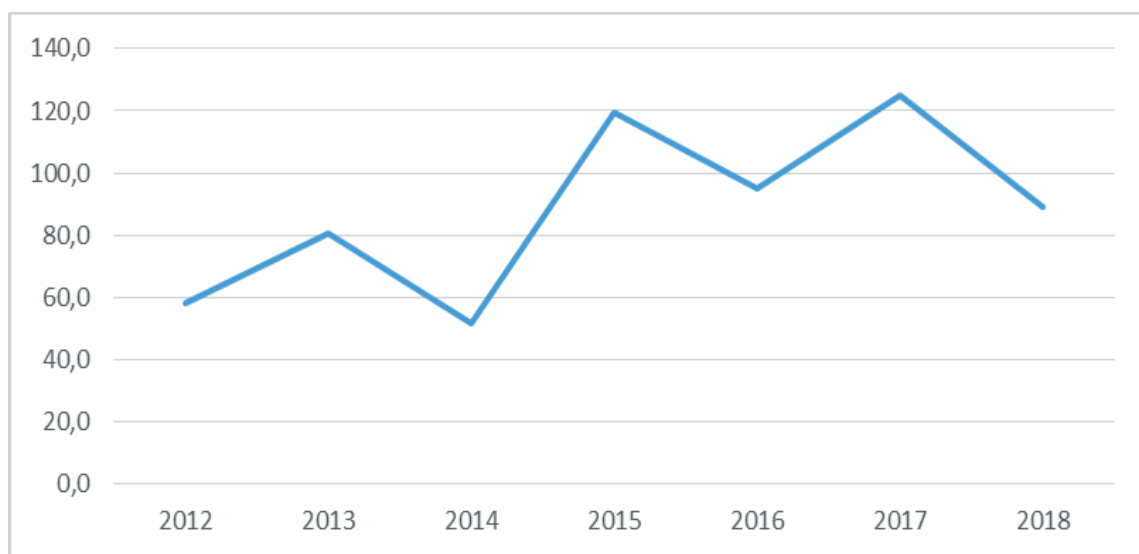


Податки та збори, тис. грн

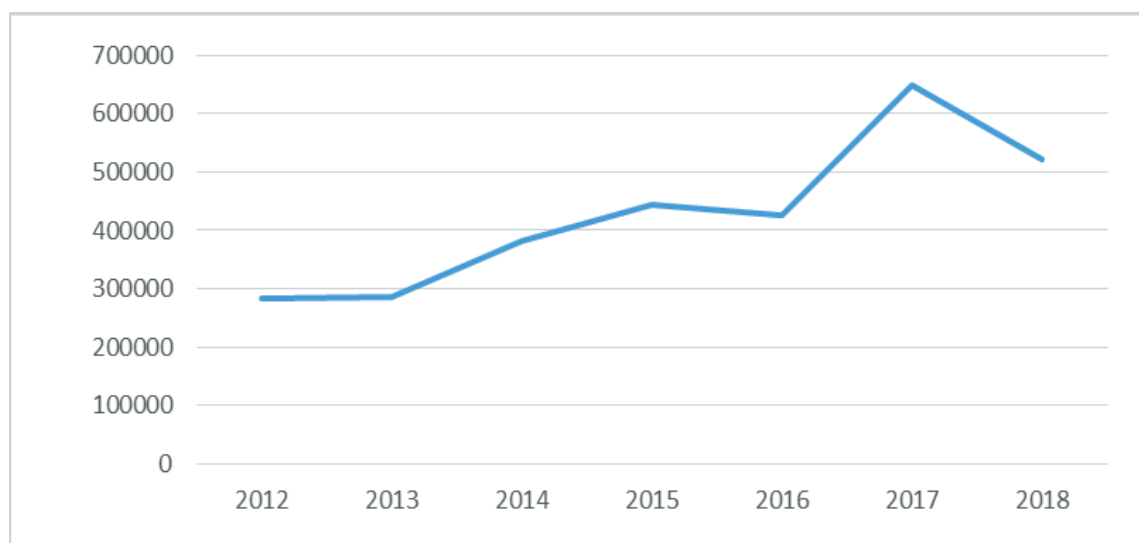
Рис. 7.10. Перерахування податків та зборів АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" за 2012 – 2017 рр. та фінансові показники діяльності підприємства



Чистий дохід підприємства, тис. грн

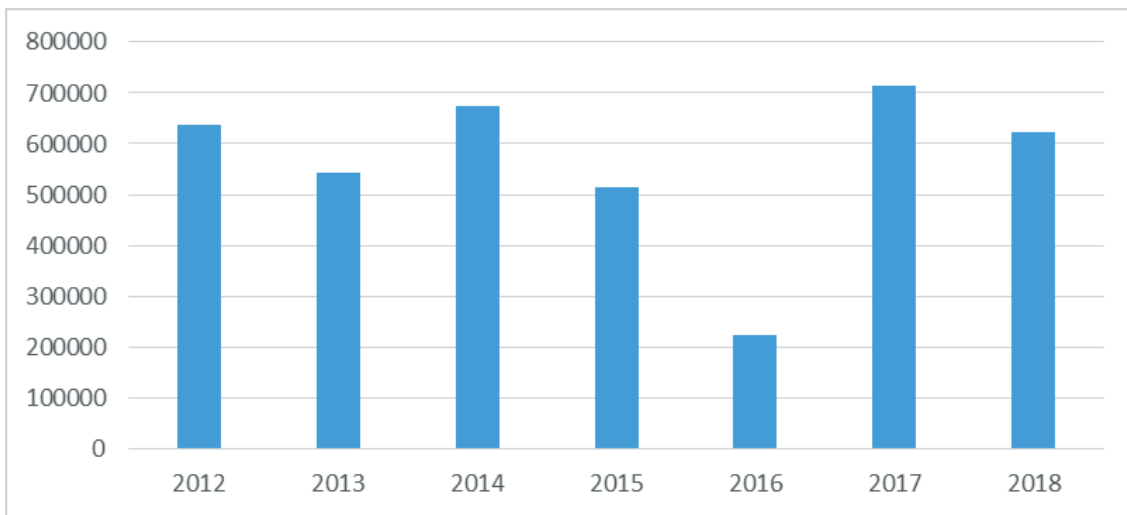


Валова рентабельність, %

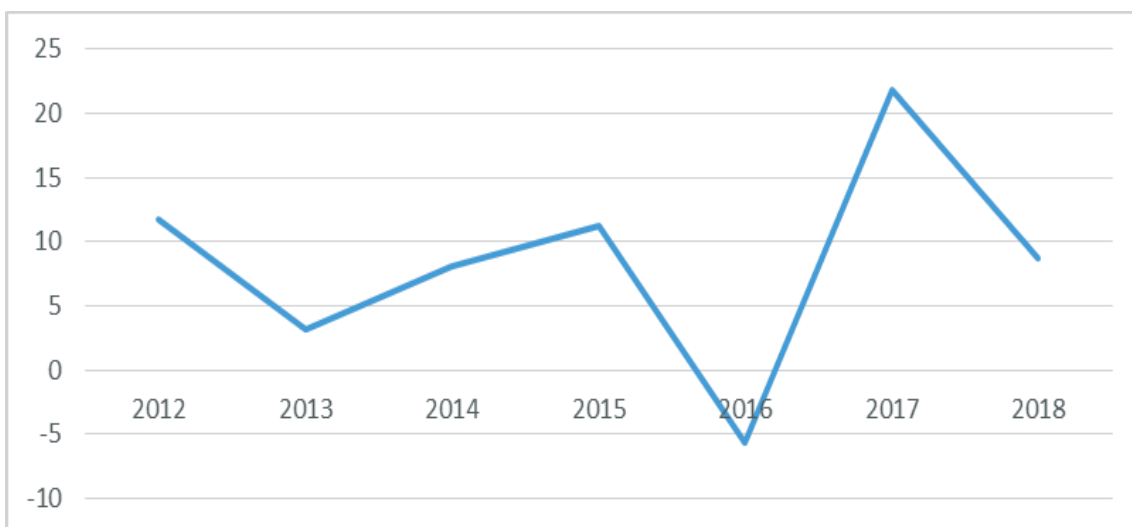


Податки та збори, тис. грн

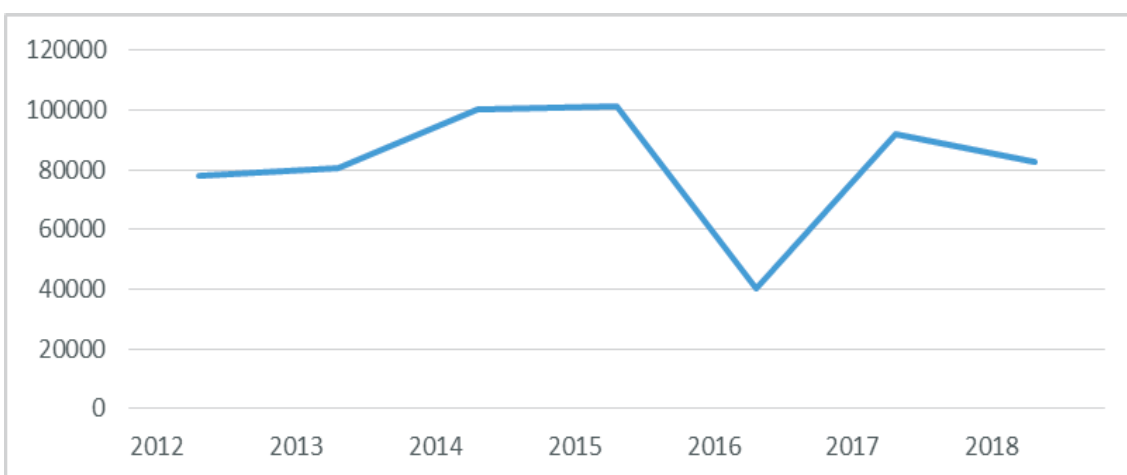
Рис. 7.11. Перерахування податків та зборів АТ "Турбоатом" за 2012 – 2018 рр. та фінансові показники діяльності підприємства



Чистий дохід підприємства, тис. грн

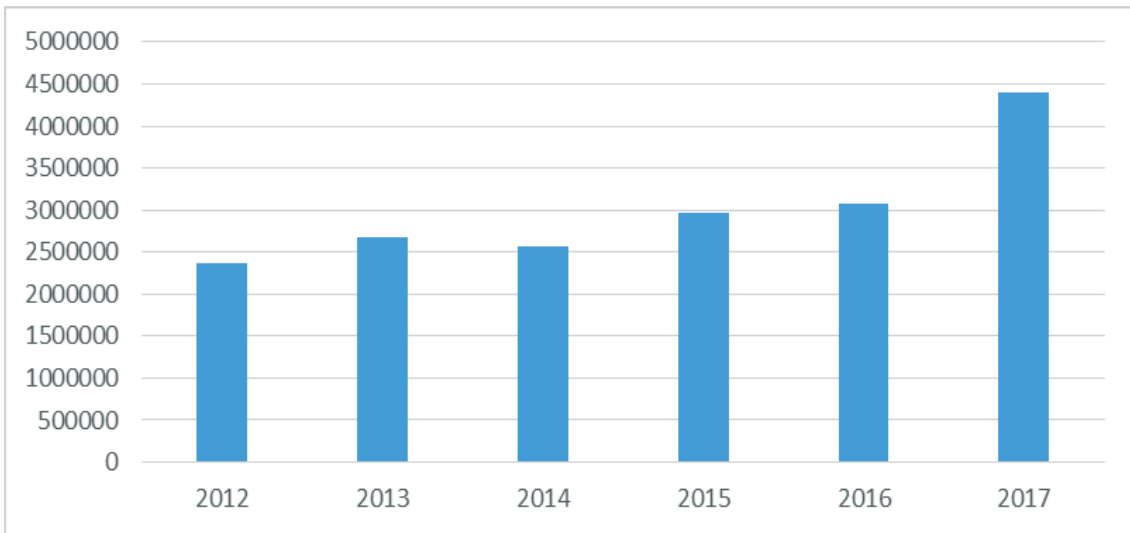


Валова рентабельність, %

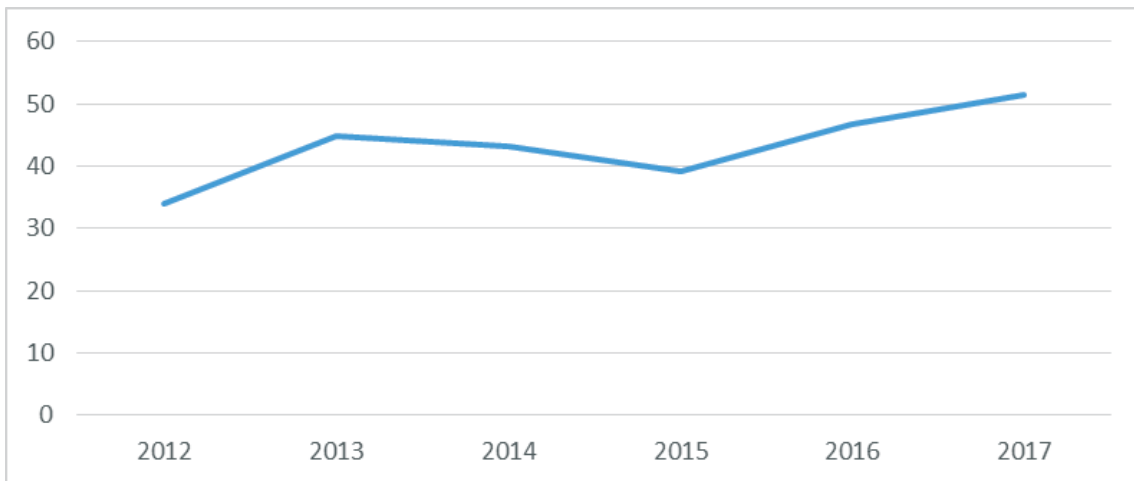


Податки та збори, тис. грн

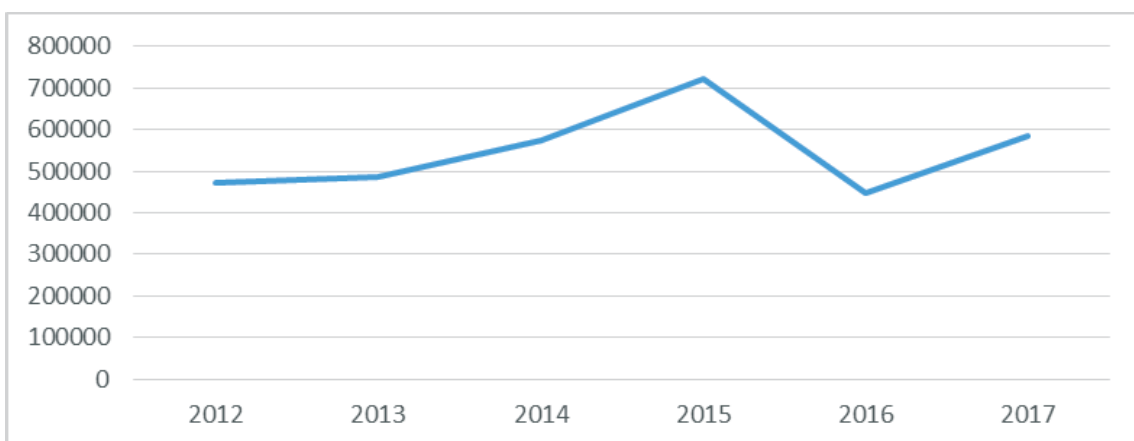
Рис. 7.12. Перерахування податків та зборів ПрАТ "Харківський тракторний завод" за 2012 – 2018 рр. та фінансові показники діяльності підприємства



Чистий дохід підприємства, тис. грн

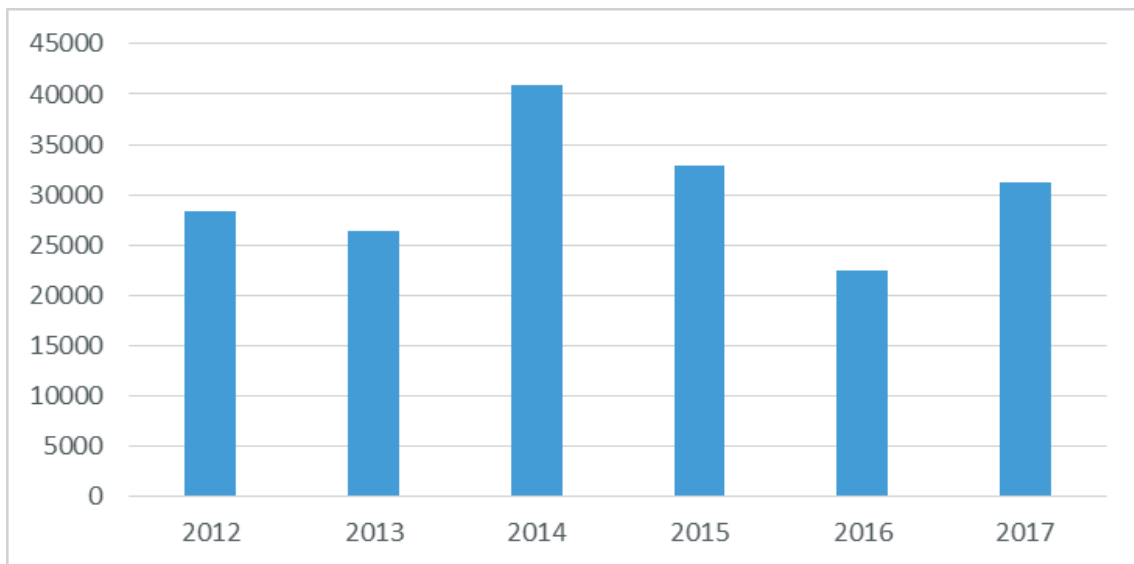


Валова рентабельність, %

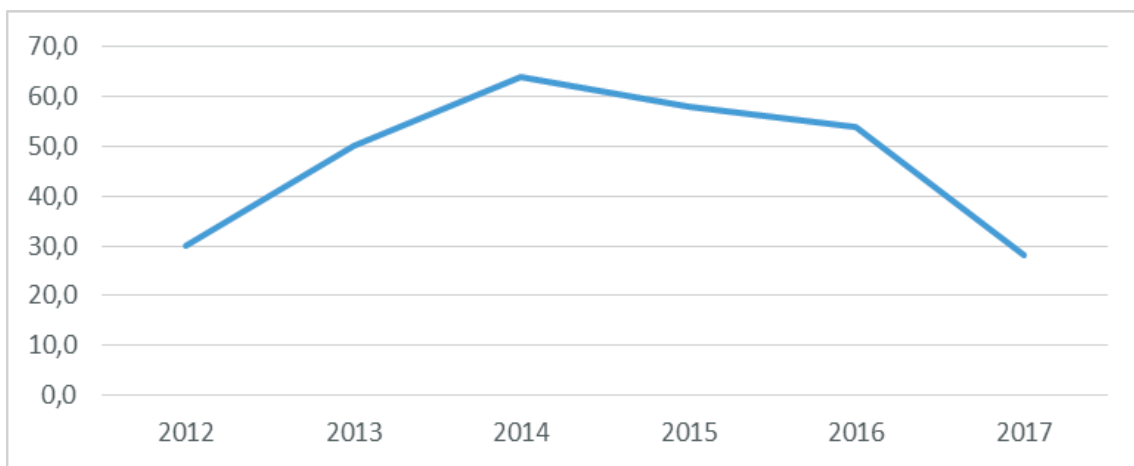


Податки та збори, тис. грн

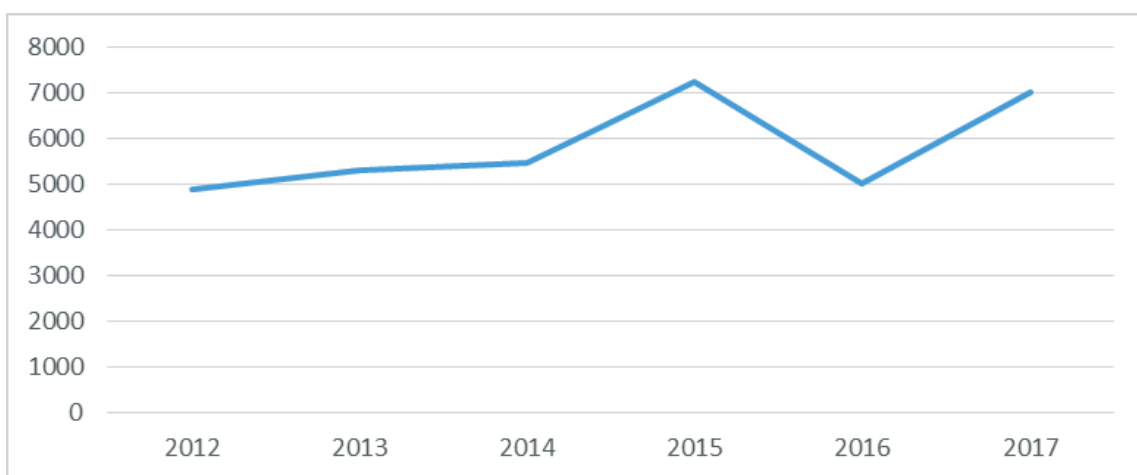
**Рис. 7.13. Перерахування податків та зборів
ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод"
за 2012 – 2017 рр.
та фінансові показники діяльності підприємства**



Чистий дохід підприємства, тис. грн



Валова рентабельність, %



Податки та збори, тис. грн

Рис. 7.14. Перерахування податків та зборів ПрАТ "Харківський машинобудівний завод "Плінфа" за 2012 – 2017 рр. та фінансові показники діяльності підприємства

Підприємства ПрАТ "Харківський тракторний завод" і ПрАТ "Харківський машинобудівний завод "Плінфа" із-за значних коливань показників своєї діяльності за останні роки достатньо стабільно сплачували податки і збори. Якщо ж розглядати цю ситуацію із точки зору держави у короткостроковому періоді, то це позитивний чинник. Але якщо розглядати у довгостроковій перспективі, то підприємство, яке знаходиться у кризовому становищі, більше уваги приділяє питанню пошуку коштів для сплати всіх податків і зборів. При цьому коштів, що залишаються (судячи із динаміки розвитку підприємства), не вистачає на модернізацію виробничих потужностей, підвищення рівня середньої заробітної плати працівників та ін. Це негативно позначається на розвитку підприємства і економічної системи держави в цілому.

Аналіз діяльності АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" та ПрАТ "Харківський тракторний завод" показав, що поодинокі випадки інвестування коштів у модернізацію уповільнює темп зниження обсягів доходу і прибутку підприємства або забезпечує їх збільшення, але тільки у короткостроковій перспективі.

Із початком бойових дій на сході України багато шахт із видобутку вугілля залишилися на непідконтрольній частині України. В основному це шахти, де видобувають вугілля марки антрацит, який використовують вітчизняні електростанції для генерації електроенергії і тепла. Обсяг вугілля марки антрацит, що видобувають у шахтах на підконтрольній частині України, недостатній для повного задоволення потреб вітчизняних ТЕЦ і ТЕС. Виходячи із цього, на рівні державних структур було прийнято рішення про модернізацію ТЕЦ і ТЕС із метою перевести їх під використання газового вугілля, що видобувають в Україні в достатній кількості; збільшенні продуктивності видобутку вугілля марки антрацит у шахтах, які залишилися на підконтрольній частині України. Тому в табл. 7.7 наведено дані щодо споживання вугілля українськими ТЕС і ТЕЦ, а в табл. 7.8 показано динаміку імпорту вугілля в Україну за останні роки українськими ТЕЦ і ТЕС.

Як видно із табл. 7.7 та табл. 7.8, споживання вугілля у 2017 і 2018 рр. зменшилося порівняно із 2016 роком, але імпорт вугілля збільшився, що свідчить про низьку ефективність роботи українських шахт із видобутку вугілля в даний період часу. Це також свідчить про зростання енергозалежності держави, тобто зростає небезпека для жителів України залишитися в холодну пору року без опалення через політичні розбіжності країн, що експортують вугілля.

**Обсяги і частка споживання вугілля ТЕС і ТЕЦ України
в 2016 – 2018 рр. [13]**

	2016 р.		2017 р.		2018 р.	
	млн. тон	доля, %	млн. тон	доля, %	млн. тон	доля, %
газова група	18 514,6	59,1	187 38,3	75,5	20 812,5	79,4
антрацит	12 824,1	40,9	6 073,1	24,5	5 407,5	20,6
Всього	31 338,6	100	24 811,3	100	26 220,0	100

Обсяг імпортованого вугілля в Україні в 2016 – 2019 рр. [36]

	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Імпорт вугілля, млрд долл. США	1,46	2,74	3,35	2,81

Необхідно зазначити, що низький видобуток вугілля на багатьох шахтах обумовлений низькою пропускною здатністю транспортування вугілля у стовбурі шахти та з підйому його на поверхню. Тому важливо забезпечити шахти високоефективними шахтними конвеєрами, основним виробником яких в Україні є АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря".

Необхідно також зазначити, що проблема випуску якісної продукції (шахтних конвеєрів) на АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" зростала із кожним роком. У радянські часи це підприємство забезпечувало своєю продукцією шахти із видобутку вугілля Донбасу, Західної України і шахти, що знаходилися за територією України. Після отримання незалежності України, вітчизняний ринок був відкритий і багато іноземних виробників (в основному Польща, Німеччина, Італія) почали надавати активну конкуренцію АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" на українському ринку, завдяки постачанню своєї продукції на українські шахти. Головною причиною низької конкурентоспроможності продукції АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" стала її низька якість. Це пов'язано із високими вимогами до якості машинобудівної продукції, що застосовують для видобутку вугілля на шахтах. Ця продукція повинна бути високонадійною зі значним терміном працездатності, оскільки у шахтних умовах (під землею) її складно ремонтувати. Вимоги до її виготовлення порівняні з високими вимогами до

будівництва підводних човнів, де потрібно значні потужності технологічного устаткування зосередити у малих об'ємах робочого простору підводного човна.

На основі проведеного фахівцями підприємства дослідження із потреб шахт в обладнанні для видобутку вугілля та перспективних технологій видобутку вугілля на цих шахтах, керівництво АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" зробило висновок щодо необхідності проведення модернізації виробництва. Було запропоновано нову технологію отримання на фінішних операціях високої якості виготовлення найбільш відповідальних деталей редукторів шахтних конвеєрів – зубчастих коліс – технологію глибинного шліфування. Для цього було придбано сучасний зубошліфувальний верстат із ЧПУ моделі HOFLEERRAPID 1250 (виробництво Німеччини). Як зазначалося раніше, він забезпечує збільшення продуктивності більш ніж у 5 разів та високу якість продукції, що виготовляється.

У табл. 7.9 наведено вихідні дані для розрахунку витрат на заробітну плату основного робочого за базовою технологією виробництва (плоске шліфування деталей зі сталі ШХ15).

Таблиця 7.9

Вихідні дані для розрахунку витрат на заробітну плату основного робочого за базовою технологією виробництва

Параметр	Значення
\bar{X} – зернистість шліфувального круга, м	$0,2 \cdot 10^{-3}$ м
m – об'ємна концентрація зерен в шліфувальному крузі	100
$V_{кр}$ – швидкості шліфувального круга, м/с	30 м/с
$R_{кр}$ – радіус шліфувального круга, м	0,15 м
σ – енергоємність оброблення, Н/м ²	$1,5 \cdot 10^{10}$ Н/м ²
c_m – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг·град)	640 Дж/(кг·град)
ρ – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м ³	7 850 кг/м ³
a – коефіцієнт температуропровідності оброблюваного матеріалу, м ² /с	$8,4 \cdot 10^{-6}$ м ² /с
B – ширина шліфувального круга, м	0,01 м
\mathcal{Q} – об'єм металу, що видаляється із деталі у процесі оброблення, м ³	$4 \cdot 10^{-5}$ м ³
A – тарифна ставка робітника, грн./с	0,01388 грн/с
θ – температура різання, град	500 град

Розрахунки витрат на заробітну плату основного робочого на операції шліфування виконано із використанням залежності (6.17) та подано у табл. 7.10. У цій таблиці також наведено результати розрахунків, виконаних співробітниками підприємства, щодо середньої тривалості роботи одного шахтного конвеєра залежно від його якості.

Таблиця 7.10

**Витрати на заробітну плату основних працівників
за базовою технологією виробництва**

Шорсткість обробленої поверхні R_a , мкм	Витрати на заробітну плату основних працівників, грн	Ресурс роботи скребкового конвеєра, тис. тон
0,1	26,35	1 600
0,2	15,66	1 350
0,3	11,56	600
0,4	9,31	570
0,5	7,88	550
0,6	6,87	515
0,7	6,12	490
0,8	5,34	450
0,9	5,07	420
1,0	4,68	300

Згідно із наведеними розрахунками співробітників АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря", граничні витрати на заробітну плату основного робітника при виконанні операції шліфування складають 13 грн. За якістю продукція (зубчасте колесо для скребкового конвеєра) після виконання операції шліфування повинна відповідати параметру шорсткості поверхні $R_a = 0,2$ мкм. Однак, згідно з проведеними розрахунками (табл. 7.10), виконання операції шліфування з такими високими вимогами до якості продукції для підприємства за базовою технологією є нерентабельним. У зв'язку із цим, керівництву АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" було запропоновано придбати сучасний високопродуктивний зубшліфувальний верстат із ЧПУ моделі HOFLEER RAPID 1250 (виробник – Німеччина). Виходячи із технічних можливостей нового обладнання, вдалося ще на етапі опрацювання придбання обладнання провести розрахунки параметрів процесу шліфування на новому обладнанні (табл. 7.11).

**Вихідні дані для розрахунку витрат на заробітну плату
за новою технологією виробництва**

Параметр	Значення
\bar{X} – зернистість шліфувального круга, м	0,0001 м
m – об'ємна концентрація зерен в шліфувальному крузі	100
$V_{кр}$ – швидкості шліфувального круга, м/с	30 м/с
$R_{кр}$ – радіус шліфувального круга, м	0,15 м
σ – енергоємність оброблення, Н/м ²	10 ¹⁰ Н/м ²
c_m – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг·град)	640 Дж/(кг·град)
ρ – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м ³	7 850 кг/м ³
a – коефіцієнт температуропровідності оброблюваного матеріалу, м ² /с	8,4 · 10 ⁻⁶ м ² /с
B – ширина шліфувального круга, м	0,02 м
\mathcal{V} – об'єм металу, що видаляється із деталі у процесі оброблення, м ³	4 · 10 ⁻⁵ м ³
A – тарифна ставка робітника, грн./с	0,01388 грн/с
θ – температура різання, град.	800 град.

Розрахунки витрат на заробітну плату основного робітника на операції шліфування за новою технологією виконано із використанням залежності (6.17) та ресурс роботи виготовленої продукції представлено у табл. 7.12.

Згідно із проведеними розрахунками, продуктивність праці збільшилася у 11,7 разів. Виходячи із граничних витрат і необхідної якості, у ПрАТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" утворився виробничий резерв. За рахунок цього придбаний верстат замінив роботу 4-х зубошліфувальних верстатів застарілої конструкції, які застосовували раніше на підприємстві. Підвищення продуктивності праці та зменшення відсотку браку у процесі шліфування дозволили окупити вартість нового обладнання за 6 місяців.

Згідно рис. 7.15, різниця між лініями 2 і 3 – зона 5 (базова технологія) у діапазоні виконання вимог соціально відповідального маркетингу і, отже, випуску якісної продукції (R_a менш 0,2 мкм) утворюють збиток для підприємства під час виконання операції шліфування. Різниця між лініями 1 і 3 – зона 6 (нова технологія) – у діапазоні випуску якісної продукції утворює додатковий прибуток для підприємства.

**Витрати на заробітну плату основного робітника
за новою технологією виробництва**

Шорсткість обробленої поверхні R_a , мкм	Витрати на заробітну плату основного робітника, грн	Ресурс роботи скребкового конвеєра, тис. тон
0,1	2,25	1 600
0,2	1,34	1 350
0,3	0,99	600
0,4	0,79	570
0,5	0,67	550
0,6	0,59	515
0,7	0,52	490
0,8	0,47	450
0,9	0,43	420
1,0	0,40	300

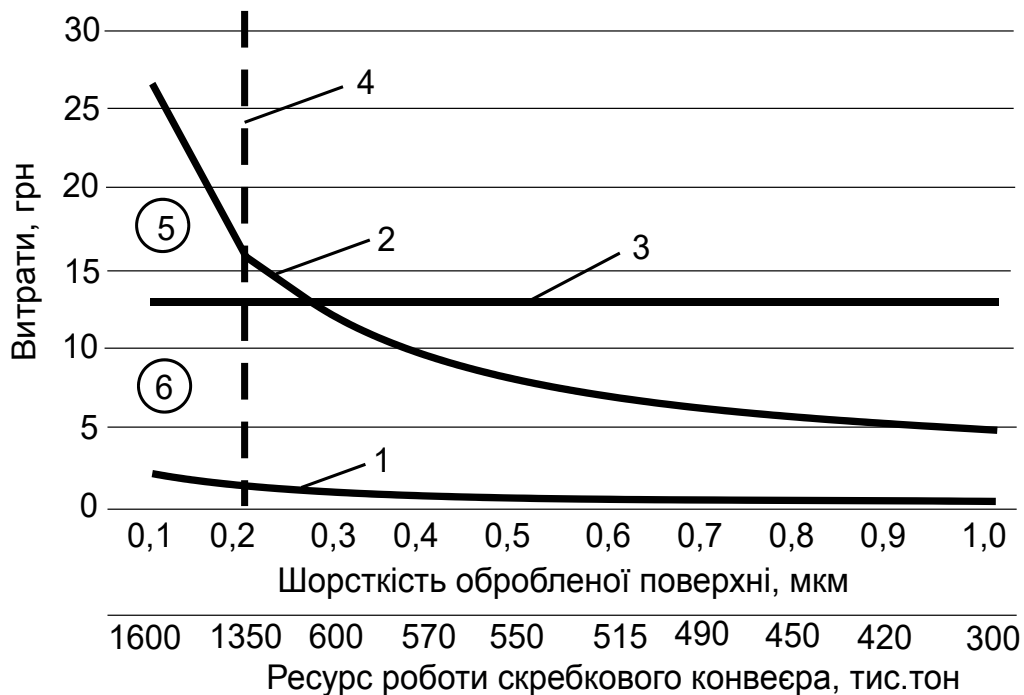


Рис. 7.15. Залежності витрат на заробітну плату основних працівників АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" для різних технологій виробництва: 1 – нова технологія; 2 – базова технологія; 3 – граничні витрати; 4 – обмеження за соціально відповідальним маркетингом

Із рис. 7.15 випливає, що для рентабельного виробництва зубчастих коліс скребкових конвеєрів за базовою технологією підприємству необхідно збільшувати інтенсивність процесу шліфування шляхом зниження якості продукції, що випускається. Такий напрям діяльності приводить до зниження конкурентоспроможності підприємства, погіршення репутації на ринку і втрати клієнтів.

Після модернізації підприємства операції шліфування зубчастих коліс для скребкових конвеєрів стають більш рентабельними і мають значний резерв. Це дозволяє підприємству підвищувати якість продукції, що виготовляється, й бути більш гнучким у питанні зниження ціни, що забезпечує підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Проведена модернізація виробничих потужностей дозволила на АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" ліквідувати "вузьке місце" і підвищити якість та продуктивність виробництва продукції. Це, в свою чергу, дозволило шахтарям видобувати більше вугілля для забезпечення українців теплом та електроенергією. Тому систематична модернізація всіх етапів виробничого процесу відкриває підприємству нові можливості отримання значного економічного ефекту. Це вказує на те, що застосування сучасного закордонного обладнання на машинобудівних підприємствах України є найважливішою умовою підвищення інтенсивності виробництва та виготовлення високоякісної конкурентоспроможної продукції, що відповідає принципам соціально-відповідального маркетингу. Така модернізація підприємства дозволяє йому вийти із кризового стану і домогтися отримання прибутку завдяки збільшенню частки ринку, на якому вже працює підприємство, й вийти на нові закордонні ринки.

Завдяки проведенню модернізації виробничих потужностей на АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря" вдалося підвищити якість виготовленої продукції та збільшити ресурс роботи шахтного конвеєра із 600 до 1 500 тис. тон видобутого вугілля. Це, своєю чергою, дозволило збільшити обсяги видобутку вугілля, у тому числі вкрай необхідного для економіки держави вугілля марки антрацит, що забезпечує ритмічність отримання українцями у своїх будинках тепла та електроенергії від ТЕЦ і ТЕС, підвищуючи тим самим енергонезалежність держави.

Для аналізу діяльності машинобудівних підприємств і виконання принципів соціально відповідального маркетингу запропоновано новий показник – показник відповідності підприємства принципам соціально

відповідального маркетингу $K_{СВМ}$. Цей показник ґрунтується на урахуванні зміни в часі (на протязі 5 – 6 років) чотирьох показників: залишкова вартість машин та обладнання виробничого призначення; збільшення валового прибутку підприємства щодо номінального внутрішнього валового продукту України; зміна середньої заробітної плати на підприємстві щодо середньої заробітної плати в Україні; зміна величини сплати податків і зборів щодо номінального внутрішнього валового продукту України:

$$K_{СВМ} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (7.1)$$

де K_1 – коефіцієнт темпу зростання валового прибутку підприємства щодо темпу зростання номінального внутрішнього валового продукту України;

K_2 – коефіцієнт темпу зростання величини сплати податків і зборів підприємством щодо темпу зростання номінального внутрішнього валового продукту України;

K_3 – коефіцієнт перевищення середньої заробітної плати на підприємстві щодо середньої заробітної плати в Україні;

K_4 – коефіцієнт зміни залишкової вартості машин та обладнання виробничого призначення;

$$K_1 = \frac{\left(\frac{\text{Пр}_{2018}}{\text{Пр}_{2012}} \right)}{\left(\frac{\text{ВВП}_{2018}}{\text{ВВП}_{2012}} \right)}, \quad (7.2)$$

де Пр – валовий прибуток підприємства, грн;
ВВП – внутрішній валовий продукт, грн.

$$K_2 = \frac{\left(\frac{\text{П}_{2018}}{\text{П}_{2012}} \right)}{\left(\frac{\text{ВВП}_{2018}}{\text{ВВП}_{2012}} \right)}, \quad (7.3)$$

де П – податки і збори, сплачені підприємством, грн.

$$K_3 = \frac{(K_{3.1} + K_{3.2} + \dots + K_{3.n})}{n}, \quad (7.4)$$

де $K_{3.1} = \frac{\text{ЗПп}_{2012}}{\text{ЗПукр}_{2012}}$; $K_{3.2} = \frac{\text{ЗПп}_{2013}}{\text{ЗПукр}_{2013}}$; ...; $K_{3.n} = \frac{\text{ЗПп}_n}{\text{ЗПукр}_n}$;

ЗПп і ЗПукр – відповідно середня заробітна плата на підприємстві та в Україні за роками, грн;

n – період часу, що розглядається, рік;

$$K_4 = \frac{ЗВМіО_{2018}}{ЗВМіО_{2012}}, \quad (7.5)$$

де ЗВМіО – залишкова вартість машин та обладнання виробничого призначення за період часу, що розглядається, грн.

Коефіцієнт K аналізують щодо зростання економіки України. Якщо він більше одиниці, то підприємство, що оцінюють, показує результати вище середнього значення і характеризують як підприємство, що значно впливає на зростання ВВП України за рахунок темпів зростання свого розвитку вище середнього значення.

Коефіцієнт K_2 показує зацікавленість підприємства у розвитку держави і суспільства, у якому здійснює свою діяльність, завдяки перерахуванню додаткових коштів в бюджет держави і регіону, та створенню їм можливості збільшення витрат на соціальні проекти.

Коефіцієнт K_3 показує наявність висококваліфікованих фахівців на підприємстві. Якщо на підприємстві середня заробітна плата вище середньої заробітної плати в країні, то у фахівців буде бажання потрапити на це підприємство і працювати на ньому. Також це характеризує участь у виробничому процесі висококваліфікованих фахівців, які здатні виготовляти якісну продукцію, підвищуючи загальний добробут громадян.

Коефіцієнт K_4 характеризує процес інвестування коштів у основні фонди підприємства та показує наявність використання підприємством сучасних засобів виробництва, які дозволяють виготовляти продукцію, що відповідає підвищеним вимогам за якістю. Також цей коефіцієнт показує спрямованість і бажання власників на розвиток підприємства у довгостроковій перспективі.

Придбання нового обладнання вирішує питання не тільки підвищення продуктивності праці, а й інші соціальні проблеми. Це екологія виробництва для персоналу в умовах застосування нового обладнання та мінімальні (або відсутні) шкідливі викиди у повітря в процесі діяльності для навколишнього середовища; ергономічність роботи; відхід від важкої ручної праці та ін. Тому використання показника K_4 при розрахунку $K_{СВМ}$ дозволяє враховувати не тільки економічні складові довгострокового розвитку підприємства, а й соціальні, спрямовані як на персонал, так і на суспільство в цілому.

Слід зазначити, що підприємство АТ "ХМЗ "Світло шахтаря" через бойові дії у 2014 – 2015 рр. на Сході України і зупинки роботи більшості шахт (основних замовників), було змушено зменшити обсяги виробництва, скоротити чисельність персоналу підприємства й, отже, зменшити величину сплати податків і зборів. Тому доцільно у розрахунках показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу $K_{СВМ}$ щодо оцінювання АТ "ХМЗ "Світло шахтаря" не враховувати дані за 2014 – 2015 рр.

Підприємство ПрАТ "Новокраматорській машинобудівний завод" також постраждало у 2014 році, оскільки знаходилося в епіцентрі бойових дій і було змушено зупиняти свою роботу, скорочувати чисельність персоналу. У табл. 7.13 і табл. 7.14 наведено вихідні дані для розрахунку показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу $K_{СВМ}$.

Таблиця 7.13

Середня заробітна плата в Україні у 2012–2018 р.р., грн [83]

	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.
Середня заробітна плата	3 041	3 282	3 480	4 195	5 183	7 104	8 865

Таблиця 7.14

Номінальний внутрішній валовий продукт України, млн. грн [83]

Номінальний ВВП	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.
	1 408 889	1 454 931	1 566 728	1 979 458	2 383 182	2 982 920	3 558 706

У табл. 7.15 наведено розрахунки коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 і K_4 на підставі вихідних даних (табл. 7.13 та табл. 7.14) та фінансової звітності підприємств.

У табл. 7.16 наведено розрахункові значення показника $K_{СВМ}$ і проведено угруповання отриманих результатів за цим показником ($K_{СВМ} > 1$ і $K_{СВМ} < 1$). Найбільші значення $K_{СВМ} > 1$ мають ПрАТ "ФЕД" і АТ "Турбоатом". Менші значення $K_{СВМ} > 1$ мають ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" і ПрАТ "Харківський тракторний завод". Всі ці підприємства дотримуються принципів соціально відповідального маркетингу.

Таблиця 7.15

Результати розрахунку коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 і K_4 для оцінювання соціальної відповідальності підприємства та його маркетингу

	K_1	K_2	K_3	K_4
ПрАТ "ФЕД"	2,816	1,496	2,817	2,64
АТ "ХМЗ "Світло шахтаря"	0,637	1,226	1,161	1,044
АТ "Турбоатом"	1,025	0,729	1,185	7,16
ПрАТ "Харківський тракторний завод"	0,297	0,417	0,943	14,088
ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод"	1,583	0,533	1,547	1,37
ПрАТ "ХМЗ "Плінфа"	0,493	0,676	0,762	0,764

Підприємства АТ "ХМЗ "Світло шахтаря" і ПрАТ "ХМЗ "Плінфа" мають значення $K_{СВМ} < 1$. Причому, для підприємства АТ "ХМЗ "Світло шахтаря" показник $K_{СВМ}$ наближається до одиниці, що вказує на бажання керівництва підприємства виконувати принципи соціально відповідального маркетингу.

Таблиця 7.16

Результати розрахунків показника відповідності підприємства принципам соціально-відповідального маркетингу $K_{СВМ}$

Назва підприємства	Значення $K_{СВМ}$	Групування значень $K_{СВМ}$
ПрАТ "ФЕД"	31,33	$K_{СВМ} > 1$
АТ "ХМЗ "Світло шахтаря"	0,946	$K_{СВМ} < 1$
АТ "Турбоатом"	6,34	$K_{СВМ} > 1$
ПрАТ "Харківський тракторний завод"	1,645	$K_{СВМ} > 1$
ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод"	1,788	$K_{СВМ} > 1$
ПрАТ "ХМЗ "Плінфа"	0,194	$K_{СВМ} < 1$

На підставі даних, наведених у табл. 7.16, побудована гістограма розподілу розглянутих підприємств за значеннями показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу $K_{СВМ}$ (рис. 7.16). Це дозволило графічно представити значення показника $K_{СВМ}$ для розглянутих підприємств відносно граничного значення $K_{СВМ} = 1$.

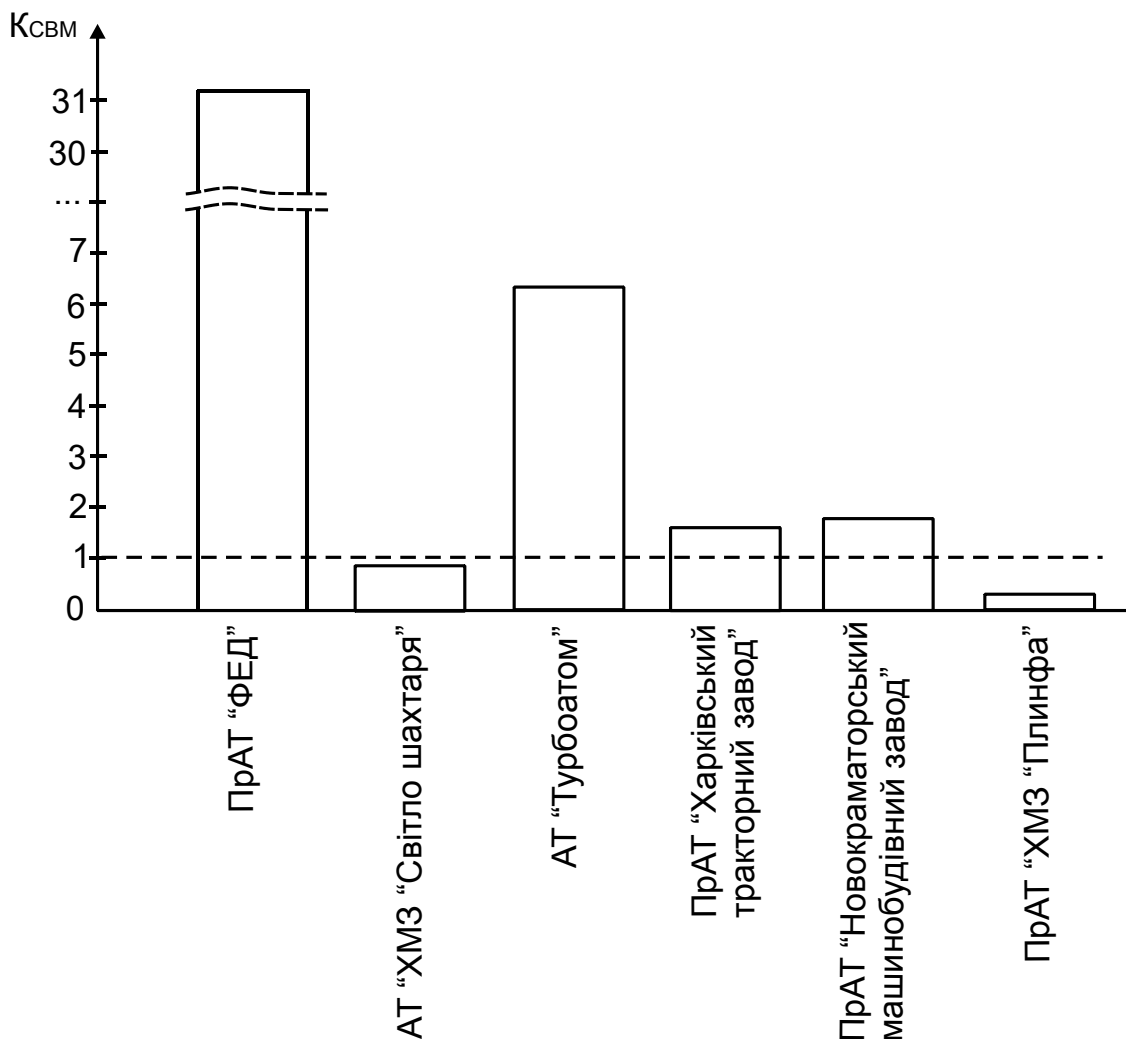


Рис. 7.16. Гістограма розподілу підприємств за значеннями показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу K_{CBM}

Виходячи із результатів розрахунків показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу K_{CBM} , у табл. 7.16 та на основі фінансової звітності розглянутих підприємств побудовано матрицю взаємозв'язку показника K_{CBM} і валового прибутку (рис. 7.17). Із наведеної матриці (рис. 7.17) видно, що машинобудівні підприємства із низьким показником $K_{CBM} < 1$ можуть отримувати незначний валовий прибуток. Для отримання більшого валового прибутку (понад 1 млрд. грн на рік) необхідно цим підприємствам дотримуватися принципів соціально відповідального маркетингу.

Із табл. 7.16 та рис. 7.16 випливає, що найбільше значення показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу K_{CBM} серед аналізованих підприємств має ПрАТ "ФЕД". Це досягнуто за рахунок того, що ПрАТ "ФЕД" забезпечує таку середню за-

робітну плату своїм співробітникам за останні роки, що перевищує більш ніж у два рази середню заробітну плату в Україні. Темпи зростання валового прибутку підприємства у 2,8 разів вище темпів зростання економіки України, що забезпечує зростання податкових відрахувань і зборів вищих за темпами зростання економіки. Також підприємство систематично займається оновленням своїх виробничих потужностей із метою виготовлення високоякісної продукції.

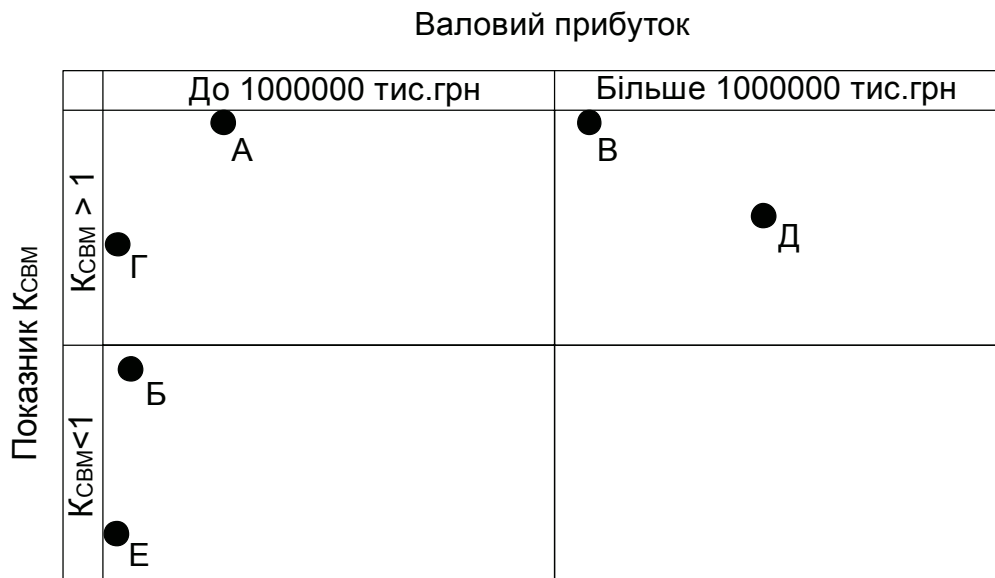


Рис. 7.17. Матриця взаємозв'язку показника соціально відповідального маркетингу підприємства $K_{СВМ}$ і валового прибутку для розглянутих підприємств:

- А – ПрАТ "ФЕД"; Б – АТ ХМЗ "Світло шахтаря";
 В – АТ "Турбоатом"; Г – ПрАТ "Харківський тракторний завод";
 Д – ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод";
 Е – ПрАТ "ХМЗ "Плінфа"**

Підприємство АТ "Турбоатом" характеризується високим ступенем соціальної відповідальності маркетингу. Однак коефіцієнт темпу зростання величини сплати податків і зборів підприємством K_2 щодо темпу зростання номінального внутрішнього валового продукту України – відносно низький. Це знижує загальну оцінку соціальної відповідальності підприємства та його маркетингу.

Як впливає із табл. 7.16, підприємства ПрАТ "Харківський тракторний завод" та ПрАТ "Новокраматорській машинобудівний завод" також забезпечують виконання принципів соціально відповідального маркетингу. Причому, згідно рис. 7.17, підприємство ПрАТ "Новокраматорський

машинобудівний завод" має найкраще співвідношення показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу $K_{СВМ}$ і валового прибутку. Для підвищення показника $K_{СВМ}$ на цьому підприємстві необхідно збільшити коефіцієнти K_2 і K_4 , які менше, ніж на підприємствах ПрАТ "ФЕД" і АТ "Турбоатом".

Чисельність співробітників на ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" у 2,5 разів більше ніж на АТ "Турбоатом" (8 908 і 3 469 працівників відповідно), а валовий прибуток на ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" всього на 21 % більше, ніж на АТ "Турбоатом". Тому ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" має значний резерв підвищення показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу $K_{СВМ}$ за рахунок своєчасної сплати у повному обсязі податків і зборів, що в останні роки не виконувалося. Також необхідно збільшити інвестиції в оновлення виробничих фондів для отримання можливості виготовляти продукцію найвищої якості, що дозволить підприємству стати одним зі світових лідерів у своїй галузі.

Підприємству АТ "ХМЗ "Світло шахтаря" необхідно посилити роботу щодо зниження витрат на виробництво для отримання більшого валового прибутку. Це дозволить йому надійно перейти у групу підприємств із показником $K_{СВМ} > 1$.

Керівництво і власники підприємства ПрАТ "ХМЗ "Плінфа" недостатньо уваги приділяють питанням, пов'язаним із довгостроковим розвитком підприємства, оскільки показник відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу $K_{СВМ} < 1$. Тому необхідно більш активно займатися питаннями модернізації виробництва цього підприємства.

Таким чином, у навчальному посібнику на основі проведення техніко-економічного обґрунтування доцільності здійснення модернізації виробничого підприємства отримали подальший розвиток методичні положення щодо проведення комплексної діагностики виробничого підприємства та здійснення його реструктуризації. Вони дозволяють отримати детальний план дій із аналізу доцільності проведення модернізації, закупівлі необхідного обладнання та його налагоджувальні роботи, а також забезпечення ритмічної та скоординованої роботи із постачальниками сировини, комплектуючих та інших витратних матеріалів. У результаті підприємство отримує 100-відсоткову гарантію своєчасної здачі замовнику готової продукції та отримання максимально можливого прибутку за виконання контракту. Установлено, що для ефективного проведення мо-

дернізації виробничого підприємства слід визначити проміжні техніко-економічні параметри потрібного обладнання. Для цього запропоновано уточнену модель розрахунку витрат на виконання операції, що дозволяє визначити необхідні техніко-економічні параметри обладнання та інструментів, які забезпечують виробництво продукції заданої якості та з мінімальною собівартістю. Виходячи із цього, ще на етапі планування модернізації стає відомо, яке обладнання необхідно придбати, щоб ефективно й своєчасно виконати контракт і отримати запланований прибуток. Це підтверджується результатами діяльності підприємств, на яких проводили модернізацію та забезпечили сталий розвиток.

Питання для самостійного контролю

1. Обґрунтуйте позитивні зміни техніко-економічних показників діяльності виробничих підприємств України після проведення на них модернізації виробництва.
2. Завдяки чому досягається підвищення ефективності виробничих підприємств після проведення на них модернізації виробництва?
3. Назвіть середню заробітну плату в Україні.
4. Завдяки чому досягнуто підвищення ефективності операції шліфування зубчастих коліс для скребкових конвеєрів на підприємстві АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря"?
5. Завдяки чому можна вирішити важливу й актуальну для промислових підприємств України проблему успішного переходу від масового до одиничного та штучного виробництва?
6. Які задачі на виробничому підприємстві вирішує придбання нового обладнання?
7. Обґрунтуйте сутність показника відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу K_{CBM} .
8. Які витрати включає показник K_{CBM} та які значення він може приймати?
9. Завдяки яким чинникам можна підвищити показник K_{CBM} ?
10. Як впливає продуктивність праці на показник K_{CBM} ?
11. Як можна побудувати матрицю взаємозв'язку показника соціально відповідального маркетингу підприємства K_{CBM} і валового прибутку для розглянутих підприємств?
12. Назвіть підприємства, які дотримуються принципів соціально відповідального маркетингу, виходячи із розрахункових значень K_{CBM} .

Література: [13, 36, 81 – 85].

Висновки

У роботі розглянуто сутність та призначення техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва, наведено основні вимоги до його виконання та методики проведення. Для цього значну увагу приділено основним визначенням та положенням операційної діяльності виробничого підприємства, умовам підвищення ефективності його діяльності. Показано, що вони полягають у забезпеченні високого рівня якості та конкурентоспроможності продукції, що виготовляється, підвищенні продуктивності праці та зниженні трудомісткості й собівартості виготовлення продукції, виходу виробничих підприємств на світові ринки та отримання ними прибутку. Показано також, що для здійснення цих умов потрібно, перш за все, вийти на сучасний рівень виробництва, провести його технічне переозброєння новітніми технологіями та обладнанням. Для цього необхідно виконати техніко-економічне обґрунтування умов здійснення модернізації виробництва та вибрати на цій основі раціональні технологічні процеси та обладнання, які дозволять реалізувати на практиці можливість суттєвого підвищення операційної діяльності виробничого підприємства.

У зв'язку із цим у роботі наведено нові методичні підходи до проведення техніко-економічного обґрунтування доцільності здійснення модернізації виробничого підприємства, у тому числі із застосуванням вимог соціально відповідального маркетингу. Це дозволило науково обґрунтовано підійти до вибору раціональних технологічних рішень, які забезпечують високу якість виготовленої продукції та вихід виробничих підприємств України із кризового стану. Показано, що у результаті проведення модернізації підприємства стають конкурентоспроможними, із кожним роком зростають їх обсяги виробництва та прибуток. Це підтверджено аналізом техніко-економічних показників ряду виробничих підприємств України: ПрАТ "ФЕД", АТ "Харківський машинобудівний завод "Світло шахтаря", АТ "Турбоатом", ПрАТ "Харківський тракторний завод", ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод", ПрАТ "Дніпрополімермаш", ТОВ "Імперія металів" та ін. Особливо це відноситься до підприємства ПрАТ "ФЕД", де виробництво промислової продукції здійснюється із застосуванням сучасних технологій та обладнання, фактично всі застарілі металорізальні верстати замінено сучасними закордонними високообертливими верстатами із ЧПУ типу "оброблювальний центр". Вони дозволяють автоматизувати виробництво, значно підвищити продуктивність праці та вирішити важ-

ливу й актуальну для промислових підприємств України проблему успішного переходу від масового до одиничного та штучного виробництва, що продиктовано вимогами ринку щодо суттєвого розширення номенклатури виробництва продукції.

Показано, що під час проведення техніко-економічного обґрунтування вибору раціональних технологічних процесів виготовлення продукції важливо здійснити оцінювання можливостей застосування високих технологій, які дозволяють кардинально вирішити питання підвищення ефективності виробництва. На цій основі удосконалено модель управління прибутком підприємства, яка заснована на взаємозв'язку ціни та витрат на виготовлення продукції з основним параметром її якості, виходячи із принципів соціально відповідального маркетингу. Запропоновано показник відповідності підприємства принципам соціально відповідального маркетингу $K_{СВМ}$, який може приймати значення $K_{СВМ} > 1$ та $K_{СВМ} < 1$. Розрахунками встановлено, що розглянуті у роботі виробничі підприємства ПрАТ "ФЕД", АТ "Турбоатом", ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" і ПрАТ "Харківський тракторний завод" дотримуються принципів соціально відповідального маркетингу, оскільки для них $K_{СВМ} > 1$. Крім того, підвищеним значенням показника $K_{СВМ}$ відповідають більші значення валового прибутку. У результаті обґрунтовано умови підвищення продуктивності праці, прибутку підприємства, заробітної плати працівників промислових підприємств та своєчасної сплати у повному обсязі державі податків і зборів, створення нових робочих місць, покращення умов праці та екології виробництва й навколишнього середовища.

У роботі значну увагу приділено аналітичному опису собівартості виробництва промислової продукції та техніко-економічному обґрунтуванню умов її зменшення. Проведено аналіз потенційних можливостей технологій механічного оброблення деталей машин та показано, що досягти значного зменшення собівартості можна, перш за все, завдяки підвищенню продуктивності праці на основі застосування високопродуктивного обладнання – сучасних високооберткових металорізальних верстатів із ЧПУ типу "оброблювальний центр". Підвищення продуктивності праці також дозволяє знизити термін їх окупності до необхідного рівня, що є вирішенням основної задачі під час проведення модернізації виробничого підприємства. На основі отриманих результатів досліджень розроблено практичні рекомендації щодо подальшого розвитку теоретичних підходів до техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва.

Список використаних джерел

1. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку / Г. О. Андрощук // Наука, технології, інновації. – 2017, № 1. – С. 68–77.
2. Аросьев Г. Volkswagen: история одной махинации. URL: <https://p.dw.com/p/1HGw9> (дата 04.12.2015).
3. Багров Н. М. Основы отраслевых технологий : учеб. пособие / Н. М. Багров, Г. А. Трофимов, В. А. Андреев. – 2-е изд., доп. и перераб. – С.-П.: Изд-во СПбГУ ЭФ, 2010. – 256 с.
4. Баффетт У. Эссе об инвестициях, корпоративных финансах и управлении компаниями / У. Баффетт. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 268 с.
5. Беляев В. И. Маркетинг: основы теории и практики : учебник / В. И. Беляев. – М.: КНОРУС, 2005. – 672 с.
6. Беляевский И. К. Социально-этические проблемы маркетинга / В. И. Беляев // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2011. – № 2. – С. 133–147.
7. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов : учебник / В. Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 343 с.
8. Бондар Д. С. Токарні пластини із WIPER-геометрією / Д. С. Бондар, Н. О. Балицька, Л. Є. Глембоцька // Державний університет "Житомирська політехніка". – Машинобудування і комп'ютерні технології. – URL: <https://conf.ztu.edu.ua/uploads/2021/05/2.-p>.
9. Бондарец А. В. Экономика организаций (предприятий). Курс лекций. Часть III : учеб. пособие / А. В. Бондарец, Н. П. Скосырева. – Волгоград: ВолгГТУ, 2005. – 62 с.
10. Брун М. Внутрішньофірмовий маркетинг як елемент орієнтації на клієнта / М. Брун // Проблеми теорії та практики управління. – 2009.– № 6. – С. 66–69.
11. Віртуальна реальність в освіті. Блог Вікторії Рогалевич, 2020. – URL: <https://www.intellias.ua/blog/vr-possibilities-in-education>
12. Віртуальна реальність: лікує чи калічить. – 3 січня 2018. – Аліна Полякова. – URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2018/01/3/632717>
13. В 2018 году украинские ТЭС и ТЭЦ нарастили потребление "газового" угля на 6 %, сократив использование антрацита на 11 %. – URL: <http://reform.energy/analitics/v-2018-godu-ukrainskie-tes-i-tets-narastili-potreblenie-gazovogo-uglya-na-6-sokrativ-ispolzovanie-antratsita-na-11-10463>

14. Господарський кодекс України від 16.01.2003 № 436-IV, чинний. Дата оновлення 02.04.2020. URL: zakon.rada.gov.ua/go/436-15
15. Грабовський Є. М. Технології поліграфічного виробництва : Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 0927 "Видавничо-поліграфічна справа" всіх форм навчання / Є. М. Грабовський. – Харків: ХНЕУ, 2007. – 139 с.
16. Грабченко А. І. Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні : навч. посіб. / А. І. Грабченко. – Харків: ХДПУ, 1999. – 436 с.
17. Гринько Т. В. Механізм формування конкурентоспроможності вітчизняних підприємств на міжнародних ринках : монографія / Т. В. Гринько. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2005. – 324 с.
18. Гриньова В. М. Процес підготовки реструктуризації підприємств машинобудування: організація управління : монографія / В. М. Гриньова, М. В. Новікова. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2010. – 240 с.
19. Гусарев В. С. Модели процессов. Алгоритмы. Структуры технологических машин : научное издание / В. С. Гусарев. – Одесса: Печатный дом, 2018. – 227 с.
20. Гусарев В. С. Технологическая энергоэкономика / В. С. Гусарев // Вестник инженерной академии Украины. – Киев – Харьков: ИАУ, 2001. – № 2. – С. 302–356.
21. Гусарев В. С. Энергетическая эффективность технологических процессов / В. С. Гусарев // Авиационно-космическая техника и технология. Труды Государственного аэрокосмического университета имени Н. Е. Жуковского "ХАИ". – Выпуск 14. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т имени Н. Е. Жуковского "ХАИ", 2000. – С. 41–44.
22. Деменков М. С. Интернет-технології в обслуговуванні клієнтів банку / М. С. Деменков // Банківська справа. – 2009. – N 1. – С. 58–65.
23. Долан Э. Дж. Англо-русский словарь-справочник / Э. Дж. Долан, Б. И. Домненко. – М.: Лазурь, 1994. – 544 с.
24. Друкарське устаткування: підручник / Я. І. Чехман, В. Т. Сенкус, В. П. Дідич і др. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2005. – 468 с.
25. ДСТУ ISO 9001:2015 Національний стандарт України. – URL: <https://khoda.gov.ua/image/catalog/files/%209001.pdf>
26. Дудко П. Д. Основы технологических систем : учеб. пособие / П. Д. Дудко, А. Г. Крюк, Н. Ф. Савченко. – Харьков : Изд. ХГЭУ, 2002. – 248 с.
27. Економічна ефективність. – URL: <https://uk.wikipedia.org › wiki ›>

28. Жариков В. Д. Экономика машиностроения : учеб. пособие / В. Д. Жариков, Р. В. Жариков, Е. Б. Попова. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 80 с.

29. Желібо Є. П. Основи технологій виробництва в галузях народного господарства : навч. посібник / Є. П. Желібо. – 2 вид. зі змін. та доп. – Київ: Кондор, 2009. – 520 с.

30. Жовтобрюх В. О. Підвищення ефективності механічної обробки деталей гідравлічних систем шляхом вибору раціональних параметрів операцій за критерієм собівартості : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08. ДВНЗ "Приазовський державний технічний університет" / В. О. Жовтобрюх. – Маріуполь, 2012. – 233 с.

31. Жовтобрюх В. А. Проектирование и автоматизированное программирование современных технологий для станков с ЧПУ : монография / В. А. Жовтобрюх, Ф. В. Новиков. – Днепр: ЛИРА, 2019. – 480 с.

32. Зеленко О. О. Соціально-відповідальний маркетинг як невід'ємна складова соціальної відповідальності / О. О. Зеленко // Економічний простір. – 2008. – № 19. – С. 118–123.

33. Зозулев А. В. Промышленный маркетинг : рыночная стратегия : учеб. пособие / А. В. Зозулев. – Киев: Издательский дом "Профессионал", 2009. – 576 с.

34. Инновационное развитие современных технологий : монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, В. С. Гусарев, В. Б. Наддачин, А. А. Якимов, А. А. Андилахай, А. С. Сергеев, Д. Ф. Новиков. – Днепр : ЛИРА, 2021. – 480 с.

35. Інноваційні ресурсозберігаючі технології : ефективність в умовах різного фінансового стану агроформувань : монографія / за ред. проф. Г. Є. Мазнева. – Харків: Вид-во "Майдан", 2014. – 592 с.

36. Игнатьева А. Украина уменьшила импорт угля на 18 %. – URL: <https://neftegaz.ru/news/coal/620415-ukraina-umenshila-import-uglya-na-18>

37. Искусственный интеллект: применение в интегрированных производственных системах / под ред. Э. Кьюсиака; пер. с англ. – М.: Мир, 2000. – 400 с.

38. Как один Volkswagen может похоронить все дизельные автомобили. – URL: <https://www.vedomosti.ru>

39. Каратыгин С. Телекоммуникационные технологии для менеджмента / С. Каратыгин. – В 2-х томах. – М.: АБФ, 1995.

40. Карпенко А. П. Робототехника и системы автоматизированного проектирования : учеб. пособие / А. П. Карпенко. – М.: МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2014. – 71 с.
41. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер, К. Л. Келлер. – 12-е изд. – С.-П.: Питер, 2008. – 816 с.
42. Котлер Ф. Основы маркетинга : пер. с англ / Ф. Котлер. – М.: Ростинтэр, 1996. – 704 с.
43. Кремнев Г. П. Ресурсо- и энергосберегающие технологии в машиностроении : учеб. пособие / Г. П. Кремнев, Ф. В. Новиков. – Днепропетровск: ЛИРА, 2016. – 297 с.
44. Кремнев Г. П. Системы технологий : учеб. пособие / Г. П. Кремнев, Ф. В. Новиков, В. М. Колесник. – Днепропетровск: ЛИРА, 2015. – 140 с.
45. Крюк А. Г. Використання газової суміші у якості захисного газу при дуговому зварюванні / А. Г. Крюк, А. М. Осикова // Физические и компьютерные технологии : Труды 19-й Междунар. научн.-практ. конф., 25–26 июня 2014 г. – Харьков: ГП ХМЗ "ФЭД", 2014. – С. 140–143.
46. Ламбен Ж.-Ж. Менеджмент, ориентированный на рынок / Пер. с англ. под ред. В. Б. Колчанова / Ж.-Ж. Ламбен. – С.-П.: Питер, 2004. – 800 с.
47. Луи Швейцер // интервью – URL: <https://www.lesechos.fr/>
48. Луканчева А. Г. Биотехнология: достижения, проблемы, перспективы : лекции / А. Г. Луканчева.– Саратов: Саратовский сельскохозяйственный институт, 1991. – 68 с.
49. Макаров И. М. Робототехника: история и перспективы / И. М. Макаров, Ю. И. Топчеев. – М.: Наука; Изд-во МАИ, 2003.
50. Макурін М. С. Виробництво електронних засобів : навч. посіб. / М. С. Макурін. – Харків: ХДУРЕ, 1999. – 180 с.
51. Малигін Є. Н. Методика автоматизованого вибору та розрахунку фільтрів для розділення суспензій / Є. Н. Малигін, С. В. Карпушкін, С. Н. Маковеїв. – Вестник ТДТУ. – 2003. – Том 9. – № 4. – 10 с.
52. Маркетинг : підручник / В. Руделіус, О. М. Азарян, Н. О. Бабенко та ін.; ред.-упор. О. І. Сидоренко, Л. С. Макарова. – 2-ге вид. – Київ: Навчально-методичний центр "Консорціум із удосконалення менеджмент-освіти в Україні", 2008. – 648 с.
53. Маркетинг / У. Руделиус, М. В. Авдохина, Н. И. Ивашко и др. – М.: Де Ново, 2001. – 706 с.

54. Методичні рекомендації до виконання технологічної частини дипломної роботи для студентів спеціальностей 8.050108, 8.150208 усіх форм навчання / Уклад. В. Г. Шкурупій. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2005. – 76 с.
55. Механічна обробка великогабаритних деталей зі зносостійкими наплавочними матеріалами : монографія / Новіков Ф. В., Анділахай В. О., Іванов І. Є., Новіков Д. Ф. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 312 с.
56. Мирний Д. Д. Друкувальні машини та поліграфічні матеріали / Д. Д. Мирний, І. Г. Довгий. – Львів: Афіша, 2001. – 97 с.
57. Мищисин О. Я. Опорний конспект лекцій з дисципліни "Ефективність інформаційних систем" з освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр" для спеціальності "Інформаційні технології в бізнесі" / О. Я. Мищисин. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 98 с. URL: <http://financial.lnu.edu.ua> › 2017/09 › L_EIS
58. Можливості технологій віртуальної реальності в різних сферах (08 грудня 2017). ГКД. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/28903722.html>
59. Написання бізнес-планів та ТЕО. – МОЕПРАВОІНФОРМ 4 листопада, 2020. – URL: <https://moepravo-inform.com.ua/napysannya-biznes-planiv-ta-teo/>
60. Новіков Д. Ф. Методика инвестиционного планирования технического перевооружения промышленного предприятия / Д. Ф. Новіков // Физические и компьютерные технологии : труды 20-й Междунар. научн.-практ. конф., Харьков, 23–24 декабря 2014. – Днепропетровск: ЛИРА, 2015. – С. 222–225.
61. Новіков Д. Ф. Определение шероховатости поверхности при точении резцами с закругленной вершиной режущей части / Д. Ф. Новіков // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : збірник наукових праць. – Краматорськ, 2015. – Вип. 37. – С. 40–46.
62. Новіков Д. Ф. Совершенствование технологий производства на основе внедрения инструментального менеджмента / Д. Ф. Новіков // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении : материалы междунар. научн.-техн. конф., г. Одесса, 20–22 сентября 2017 г. – Одесса: ОНПУ, 2017. – С. 101–104.
63. Новіков Д. Ф. Ефективне управління технологіями машинобудівних підприємств – важливий фактор підвищення якості їх продукції, соціальної відповідальності, збільшення прибутку та конкурентоспроможності / Д. Ф. Новіков // Бізнес Інформ. – 2019. – № 12. – С. 432–437.

64. Новіков Д. Ф. Соціально відповідальний маркетинг в управлінні якістю та конкурентоспроможністю машинобудівної продукції / Д. Ф. Новіков // Бізнес Інформ. – 2020. – № 1. – С. 367–373.

65. Новіков Д. Ф. Соціально-відповідальний маркетинг на промисловому ринку / Д. Ф. Новіков // Матеріали Міжнародної наукової конференції "Економічний розвиток і спадщина Семена Кузнеця" : тези доповідей, 1–2 червня 2017 р. – Харків: ХНЕУ ім. Семена Кузнеця, 2017. – С. 387–389.

66. Новиков Ф. В. Оптимальные решения в металлообработке : монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, Г. В. Новиков. – Днепр: ЛИРА, 2017. – 476 с.

67. Новиков Ф. В. Основы математического моделирования технологических процессов механической обработки : монография / Ф. В. Новиков. – Днепр: ЛИРА, 2018. – 400 с.

68. Новиков Ф. В. Основы повышения качества и производительности механической обработки: монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, Г. В. Новиков. – Днепр: ЛИРА, 2017. – 452 с.

69. Новиков Ф. В. Современные экологически безопасные технологии производства : монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, Г. В. Новиков. – Днепр: ЛИРА, 2017. – 372 с.

70. Новіков Ф. В. Математичне моделювання і оптимізація процесів металообробки : монографія / Ф. В. Новіков. – Харків: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 385.

71. Новіков Ф. В. Сучасні технологічні системи [Електроний ресурс] : навч. посіб. / Ф. В. Новіков, С. О. Дитиненко, Д. Ф. Новіков ; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. – Електрон. текстові дан. (71,2 МБ). – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. – 446 с.

72. Общий каталог Taegu-Tec. Cat.No: 7806919. Russian Version: СТ 05/2011. Taegu-Tec LTD. URL: <http://www.taegutec.com.ui>

73. Окландер М. А. Маркетингові комунікації промислових підприємств в умовах інформаційної економіки : монографія / М. А. Окландер, М. В. Ботушан. – Одеса: Астропринт, 2011. – 210 с.

74. Операционный убыток Volkswagen превысил 4 млрд. евро из-за "дизельгейта" – reuters.com

75. Орлов П. А. Важнейшие факторы масштабного повышения социальной ответственности субъектов хозяйствования и их маркетинга для эффективного социально-экономического развития стран / П. А. Орлов // Економіка розвитку. – № 3(83). – 2017. – С. 20–33.

76. Орлов П. А. Организационно-экономические аспекты оценки конкурентоспособности продукции машиностроения / П. А. Орлов, В. В. Мищенко // Міжнародна науково-практична конференція "Актуальні проблеми управління економічними процесами промислових підприємств" (Харків, 14–15 листопада 2006 р.). Управління розвитком : збірник наукових статей Харківського національного економічного університету. – 2006. – № 7. – Спецвипуск. – С. 198–201.

77. Орлов П. А. Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий, разрабатываемых в курсовых, дипломных проектах и выпускных работах для студентов специальностей 7.050201, 7.050204, 7.050206, 7.050108 всех форм обучения / П. А. Орлов. – Харьков: РИО ХГЭУ, 1998. – 60 с.

78. Орлов П. А. Проблемы социальной ответственности маркетинга в промышленно развитых странах с рыночной экономикой и в Украине в условиях затяжного мирового экономического кризиса / П. А. Орлов // Науковий журнал "БІЗНЕС ІНФОРМ". – Харків: Видавничий дім "ІНЖЕК", № 1 '2013 р. (420). – С. 6–12.

79. Оснач О. Ф. Маркетинг промышленного предприятия в схемах и рисунках : учеб. пособие. – Одесса: ОНЭУ, 2015. – 317 с.

80. Офіційний портал Державної фіскальної служби України. – URL: <http://vl.sfs.gov.ua/media-ark/news-ark/257001.html>

81. Офіційний сайт Агентства з розвитку інфраструктури фондового ринку України. – URL: <https://smida.gov.ua/>

82. Офіційний сайт АТ "Турбоатом". – URL: <https://www.turboatom.com.ua/>

83. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

84. Офіційний сайт ПрАТ "ХТЗ". – URL: <http://xtz.ua/ua/>

85. Офіційний сайт товариства ПрАТ "ФЕД". – URL: <http://fed.kh.ua/>

86. Офіційний сайт Українського союзу промисловців та підприємців. – URL: <http://uspp.ua/>

87. Пилипенко А. А. Конкуренстпроможність продукції промислового підприємства: організація управління та маркетингове забезпечення : монографія / А. А. Пилипенко, О. В. Фартушняк, І. Ю. Пасічник. – Харків: ФОП Лібуркіна Л. М., 2017. – 280 с.

88. Податковий кодекс України від 02.12.2010 № 2755-VI, чинний. Дата оновлення 29.05.2020. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/go/2755-17>

89. Полянський В. І. Розроблення та впровадження у виробництво ефективних технологічних процесів механічної обробки складнопрофільної формуючої оснастки для харчової промисловості / В. І. Полянський, Ф. В. Новіков // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: Материалы международной научно-технической конференции, 22-24 сентября 2021 г., г. Одесса. – Одесса: Государственный университет «Одесская политехника», 2021. – С. 140–146. <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/26754>

90. Попова Л. М. Введение в нанотехнологию : учеб. пособие / Л. М. Попова. – С.-П.: СПбГТУРП, 2013. – 96 с.

91. Прищепя М. М. Мікроелектроніка. У 3-х частинах. Ч. 2. Елементи мікросхемотехніки : навч. посіб. / М. М. Прищепя, В. П. Погребняк. – Київ: Вища школа, 2006. – 503 с. – ISBN 966-642-319-7.

92. Профессор Якимов Александр Васильевич и его научная технологическая школа : научн.-информ. издание / Под общей ред. проф. Ф. В. Новикова. – Днепр: ЛИРА, 2019. – 296 с.

93. Последствия "дизельного скандала": Volkswagen заплатит автодилерам в США \$1,2 миллиарда. – URL: <https://economics.unian.net/>

94. Пропускна здатність. – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>

95. Про рекламу : Закон України від 03.07.1996 № 270/96-ВР, чинний. Дата оновлення 18.04.2020. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/go/270/96-%D0%B2%D1%80>

96. Проскурович О. В. Моделирование адаптивного управления прибытком предприятия / О. В. Проскурович, В. А. Бойчук // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2010. – № 1, т. 2. – С. 71–76.

97. Резницкий А. М. Ремонт и наладка электросварочного оборудования / А. М. Резницкий, В. С. Коцюбинский. – М.: Машиностроение, 1991. – 256 с.

98. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко. – Киев: Вища школа, 1985. – 255 с.

99. Сидорова К. С. Удосконалення технології виробництва хлібобулочних виробів / К. С. Сидорова // Физические и компьютерные технологии : труды 19-й Междунар. научн.-практ. конф., 25–26 июня 2014 г. – Харьков: ГП ХМЗ "ФЭД", 2014. – С.187–189.

100. Системы технологий : учеб. пособие / В. Н. Гринева, П. Д. Дудко, В. С. Пономаренко и др. – Харьков: Изд. ХГЭУ, 2003. – 292 с.

101. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
102. Теоретические основы технологии машиностроения : учебник / А. В. Якимов, Ф. В. Новиков, А. А. Якимов и др. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 492 с.
103. Техніко-економічне обґрунтування. URL: [https://uk.wikipedia.org > wiki >](https://uk.wikipedia.org/wiki/)
104. Техніко-економічне обґрунтування проектів. URL: [http://fit.univ.kiev.ua > archives](http://fit.univ.kiev.ua/archives)
105. Технологии производства: проблемы и решения : монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, С. А. Дитиненко и др. – Днепр: ЛИРА, 2018. – 536 с.
106. Тітова М. Г. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення упаковки продукції / М. Г. Тітова // Физические и компьютерные технологии : труды 19-й Междунар. научн.-практ. конф., 25–26 июня 2014 г. – Харьков: ГП ХМЗ "ФЭД", 2014. – С. 163–166.
107. Ткачев М. М. Оцінювання збитків правовласників від контрафактної діяльності на ринку автозапчастин : автореф. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / М. М. Ткачев. – Харків: НТУ "ХПІ", 2016. – 22 с.
108. Ткачук О. О. Удосконалення технології фільтрування на виробництві олігоєфіракрилатів МГФ-9 / О. О. Ткачук // Физические и компьютерные технологии : труды 19-й Междунар. научн.-практ. конф., 25–26 июня 2014 г. – Харьков: ГП ХМЗ "ФЭД", 2014. – С.166–170.
109. Токарно-винторезный станок. Модель 1К62. Руководство по уходу и обслуживанию. – М., 1966. – 63 с.
110. Туромша Е. П. Производственные технологии : учеб.-метод. комплекс / Е. П. Туромша ; ГИУСТ БГУ. – Минск: ГИУСТ БГУ, 2014. – 342 с.
111. Фільтри для рідин. Каталог. Частина II. Фільтри періодичної дії, фільтр-преси, патронні керамічні фільтри. – М.: ЦІНТІхімнафтомаш, 2006. – 72 с.
112. Хофер М. Компьютерная томография : базовое руководство / М. Хофер. – М.: Медицинская литература, 2008. – 228 с.
113. Чернышов Г. Г. Сварочное дело: Сварка и резка металлов : Учебник для нач. проф. образования / Г. Г. Чернышов. – М.: Издательский центр "Академия", 2004. – 496 с.

114. Чистяк В. Г. Техника и технология производства курса "Системы технологий" : конспект лекцій / В. Г. Чистяк. – Харьков: Изд. ХГЭУ, 2003. – 108 с.
115. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навч. посіб. / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Ч. 1. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.
116. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навч. посіб. / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Ч. 2. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.
117. Шталь Т. В. Социальный маркетинг и социальная ответственность бизнеса: взаимосвязи и результаты / Т. В. Шталь, О. О. Тищенко // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2012. – № 4. – С. 97–104.
118. Эндрю Моррис // Financial Times – URL: <https://www.ft.com/>
119. Энциклопедический словарь бизнесмена. Менеджмент. Маркетинг. Информатика / под общ. ред. М. И. Молдованова. – Київ: Техніка, 1993. – 856 с.
120. Эрлих Г. Малые объекты – большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии / Г. Эрлих. – М.: Бином, 2011. – 254 с.
121. Якимов А. В. Высокопроизводительная обработка абразивно-алмазными инструментами / А. В. Якимов, Ф. В. Новиков, А. А. Якимов. – учеб. пособие. – Киев: Техніка, 1993. – 152 с.
122. Яркина Т. В. Основы экономики предприятия: краткий курс : учеб. Пособие / Т. В. Яркина. – М.: Российский гуманитарный интернет-университет (РГИУ), 2005. – 85 с.
123. Aер M. and Gerz M. (1992). Social Marketing als unternehmerisches Erfolgskonzept. - Stuttgart: [s. n.]. - 280 p.
124. Tonkonogyi, Vladimir & Sidelnykova, Tetiana & Dasic, Predrag & Yakimov, Alexey & Bovnegra, Liubov. (2020). Improving the Performance Properties of Abrasive Tools at the Stage of Their Operation. I. Karabegovic (Ed): NT 2019, LNNS 76, pp.136-145, 2020. (https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_15).

Зміст

Вступ	3
Розділ 1. Загальні положення щодо виробничого підприємства та техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва	5
1.1. Основні терміни, визначення та положення операційної діяльності виробничого підприємства	5
1.2. Основні показники технологічної системи, сутність поняття "техніко-економічного обґрунтування" та його практичне значення..	27
Питання для самостійного контролю	39
Розділ 2. Приклади виконання техніко-економічного обґрунтування доцільності застосування прогресивних технологічних процесів та технологічних операцій на виробничих підприємствах	41
2.1. Техніко-економічне обґрунтування та розроблення рекомендацій із удосконалення технологічної операції точіння деталі "шків"	41
2.2. Техніко-економічне обґрунтування вартості виготовлення легованої сталі	53
2.3. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу використання газової суміші у якості захисного газу під час дугового зварювання	55
2.4. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення упакування продукції	59
2.5. Техніко-економічне обґрунтування удосконалення технології фільтрування під час виробництва олігоєфіракрилатів МГФ-9	63
2.6. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виробництва хлібобулкових виробів	66
Питання для самостійного контролю	70
Розділ 3. Аналіз високих технологій та можливостей їх застосування на практиці	71
3.1. Сутність високих технологій	71
3.2. Сутність цифрових технологій	73
3.3. Сутність мікротехнології	76
3.4. Сутність інформаційних технологій	79
3.5. Віртуальна реальність	82
3.6. Сутність нанотехнології	84
3.7. Робототехніка	92
3.8. Сутність 3D-технології	98
3.9. Штучний інтелект	105

3.10. Біотехнологія	111
Питання для самостійного контролю	115
Розділ 4. Підходи техніко-економічного обґрунтування доцільності здійснення технічної модернізації виробничого підприємства	116
4.1. Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування сучасних технологій виробництва	116
4.2. Методика техніко-економічного обґрунтування доцільності придбання виробничим підприємством сучасного обладнання	145
Питання для самостійного контролю	157
Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування ефективності операційної діяльності виробничого підприємства за умов забезпечення вимог соціально відповідального маркетингу	159
5.1. Соціально відповідальний маркетинг на промисловому ринку ...	159
5.2. Соціально відповідальний маркетинг в управлінні якістю та конкурентоспроможністю виробничої продукції	162
5.3. Ефективне управління технологіями виробничих підприємств – важливий чинник підвищення якості та конкурентоспроможності їхньої продукції, соціальної відповідальності та збільшення прибутку	169
Питання для самостійного контролю	177
Розділ 6. Аналітичні підходи до визначення собівартості виготовлення продукції та умов її зменшення	178
6.1. Аналітичне встановлення взаємозв'язків собівартості виготовлення деталей машин із параметрами їх якості та продуктивністю механічного оброблення	178
6.2. Техніко-економічне обґрунтування умов підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва	192
6.3. Розроблення математичної моделі визначення собівартості оброблення деталей машин	197
6.4. Теоретичне обґрунтування умов зниження собівартості оброблення деталей машин на верстатах із ЧПУ	206
Питання для самостійного контролю	210
Розділ 7. Результати проведення техніко-економічного обґрунтування операційної діяльності виробничих підприємств щодо доцільності їх модернізації	211
Питання для самостійного контролю	241
Висновки	242
Використана література	244

Навчальне видання

**Федір Васильович Новіков
Дмитро Федорович Новіков
Олексій Анатолійович Єрмоленко
Валерій Олексійович Жовтобрюх**

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА**

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск **Новіков Ф. В.**

В авторській редакції

Підп. до друку 08.07.2022 р.
Формат 60x84/16. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 14,88.
Наклад 300 пр. Заказ № 83

Видавництво та друкарня ПП "Ліра ЛТД"
49107, м. Дніпро, вул. Наукова, 5
Свідоцтво про внесення до Держреєстру
ДК № 6042 від 26.02.2018.