

**Л.В. Забуранна
Н.В. Попрозман
Н.А. Клименко
О.І. Попрозман
С.В. Забуранний**

ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ

К И Ї В – 2 0 1 4

**ОПТИМІЗАЦІЙНІ
МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ
ПІДРУЧНИК
Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України**

К И Ї В - 2 0 1 4

ББК _____

Рецензенти:

М.Й. Малік, д.е.н., професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач відділу розвитку підприємництва і кооперації ННЦ „Інститут аграрної економіки”;

В.А. Кадієвський, д.е.н., професор, завідувач кафедри економічної кібернетики Національної академії статистики, обліку та аудиту;

В.К. Збарський, д.е.н., проф. кафедри аграрної економіки ім. проф. І.Н. Романенка Національного університету біоресурсів та природокористування України.

Рекомендовано Міністерством освіти та науки України

Лист № №1/11-6729 від 07.05.2014.

Леся Валентинівна Забуранна

Наталія Василівна Попрозман

Наталія Анатолівна Клименко

Олександр Іванович Попрозман

Сергій Вадимович Забуранний

ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ: Підручник. – К.: __, 2014.

– с.372/25,2др.ар

ISBN _____ У підручнику висвітлені основні положення дисципліни «Оптимізаційні методи і моделі», що є нормативною для студентів усіх напрямів підготовки галузі знань 0305 «Економіка та підприємництво, вказано на особливості застосування оптимізаційних методів і моделей в ринковій економіці аграрного сектору України, як засобу прийняття ефективних управлінських рішень. Викладений теоретичний та прикладний зміст оптимізаційних методів та моделей, а головне, проілюстрований їх розв’язок та аналіз.

Підручник розрахований, у першу чергу на студентів економічних спеціальностей, що вивчають дисципліну «Оптимізаційні методи і моделі», яка завершує цикл фундаментальних дисциплін з економіко-математичного моделювання, може бути корисним для практичних працівників, які приймають управлінські рішення на основі реалізації математичних моделей у аграрній та природоохоронній галузях.

ББК _____

ISBN _____

Зміст

ВІД АВТОРІВ	6
Розділ 1. СТАН ТА ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРАРНОЇ СФЕРИ УКРАЇНИ	8
1.1.Особливості та сучасне бачення функціонування аграрної сфери	8
1.2. Основні зміни в сільському секторі суспільства та передумови диверсифікації аграрної економіки	21
<i>Підсумки</i>	31
<i>Запитання для самоконтролю</i>	32
Розділ 2. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ ЯК ЗАСІБ ПРИЙНЯТТЯ ЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ	34
2.1.Історична довідка	34
2.2. Загальна класифікація економіко-математичних моделей	36
2.3. Поняття критерію оптимальності: глобальний і локальний	49
2.4. Векторна оптимізація	51
<i>Підсумки</i>	56
<i>Запитання для самоконтролю</i>	57
<i>Завдання для самостійної роботи</i>	59
Розділ 3. ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ	64
3.1.Історична довідка	64
3.2.Предмет математичного програмування	66
3.3.Класифікація задач математичного програмування	69
3.4.Загальна задача лінійного програмування	74
3.5.Форми запису задачі лінійного програмування	77
3.6. Графічний метод розв'язку задач лінійного програмування	81
3.7. Симплексний метод розв'язку задач лінійного програмування	88
3.8. Транспортна задача лінійного програмування. Метод потенціалів	96
3.9.Розв'язання задач лінійного програмування з використанням MICROSOFT EXCEL	112
3.10. Нелінійне програмування: методи та їх особливості	128
3.11.Проблема двоїстості в лінійному програмуванні	137
<i>Підсумки</i>	147
<i>Запитання для самоконтролю</i>	148
<i>Завдання для самостійної роботи</i>	151
Розділ 4. ПРИКЛАДНІ МОДЕЛІ В ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ	169

4.1.Природоохоронні аспекти природокористування	169
4.2.Екологічні наслідки природокористування	173
4.3. Формалізація витрат на екологію	175
4.4. Моделювання еколого-економічних аспектів землекористування в рільництві	179
<i>Підсумки</i>	193
<i>Запитання для самоконтролю</i>	194
<i>Завдання для самостійної роботи</i>	195
Розділ 5. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЗРОСТАННЯ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ	199
5.1. Доцільність використання економіко-математичних моделей в сільському господарстві	199
5.2. Економіко –математична модель визначення оптимального плану структури посівних площ сільськогосподарських культур при заданому обсязі виробництва продукції тваринництва	202
5.3. Економіко – математична модель визначення оптимального обсягу внесення добрив у господарстві аграрної сфери	212
5.4. Економіко – математична модель визначення оптимальної структури стада великої рогатої худоби	218
5.5. Економіко – математична модель визначення оптимального раціону годівлі сільськогосподарських тварин	226
5.6. Економіко – математична модель визначення оптимального плану використання заготовлених кормів	232
5.7. Реалізація та аналіз прикладних оптимізаційних моделей у середовищі EXCEL	240
<i>Підсумки</i>	252
<i>Запитання для самоконтролю</i>	254
<i>Завдання для самостійної роботи</i>	254
Розділ 6. УПРАВЛІННЯ ПРИБУТКОМ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	265
6.1. Управління якістю продукції	265
6.2. Оперативне управління виробництвом	289
6.3. Управління за результатами виробничої діяльності	301
6.4. Підготовка виробництва до випуску нової продукції	320
6.5. Технологічна і екологічна підготовка виробництва	339
<i>Запитання для самоконтролю</i>	349
<i>Завдання для самостійної роботи</i>	349
ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	356
ТЕМАТИКА РЕФЕРАТІВ	365
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	369

ВІД АВТОРІВ

Шановні студенти, що обрали своїм майбутнім фахом економічне ремесло, сучасні умови ініціюють появу економістів нової формації, що здатні самотійно вирішувати економічні проблеми, володіють засобами, які дають змогу швидко та точно рахувати, можуть генерувати заходи щодо підвищення ефективності управління підприємствами та установами. Треба зазначити, що у будь-якому економічному процесі (чи спрямуванні використання економістів) у структурі працеемкості 95% займає обробка інформації і тільки 5 % – інтерпретація результатів. Саме тому часто більше працюють над заповненням різноманітних звітів, довідок тощо, ніж замислюються над аналізом, прогнозуванням розвитку, можливістю управління конкретною системою. Застосування (в першу чергу – вивчення) сучасних економіко-математичних методів та моделей дозволяє звільнити час для творчого підходу до вирішення питання оптимізації свого робочого часу, яке веде до підвищення продуктивності праці, що є одним із головних моментів підвищення економічної ефективності господарства в цілому. За останні роки кардинально змінилася економіка і підхід до вирішення економічних питань. Тому безперервно розвивається та вдосконалюється модель спеціаліста у аграрній та природоохоронній галузях економіки, її базова концепція, висувуються нові вимоги до обсягу та рівня необхідних знань, тобто здійснюється наближення до стандарту економіста розвинених країн світу.

Таким чином, економісти, що мають високу кваліфікацію у сфері організаційного управління та економіки, володіють сучасними математичними методами аналізу і прогнозування економічних ситуацій, з використанням найновітніших інформаційних технологій, а також управління економічними об'єктами в ринкових умовах, вміють організувати роботу з комп'ютеризації цих об'єктів, є спеціалістами сучасності в галузі економіки та управління виробничо-економічними системами аграрної сфери.

Необхідно обов'язково зазначити, що для якісного стрибку у будь-якій справі (в т.ч. у формуванні фахівця), треба наявність двох умов: по-перше – це наявність суспільної потреби (а вона сьогодні просто невідкладна), по-друге – наявність ентузіазму, тобто, незважаючи на всі перепони, виклики та невдачі, наполегливо слідуйте своїй меті, поставленим цілям.

Але вибір залишається за вами, дорогі студенти.

Тому, щиро сподіваємося, що наше бажання допомогти, розібратися у математичних методах та моделях, не залишиться без

уваги. Методи та моделі, які використовуються для оптимізації прийняття управлінських рішень в сфері компетенцій фахівців галузі знань «Економіка і підприємництво», стануть наріжним каменем у вашому професійному рості.

Маємо надію, що знання та практичні навички, отримані при вивченні матеріалу даного навчального посібника, дозволять Вам проводити наукові дослідження з теоретичних і прикладних проблем використання математичних моделей та методів у агропромисловій та природоохоронній галузях економіки.

1

РОЗДІЛ

СТАН ТА ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРАРНОЇ СФЕРИ УКРАЇНИ

Застосування математичних методів є важливим напрямком удосконалення економічного аналізу, підвищення ефективності аналізу діяльності підприємств та їхніх підрозділів. Основними причинами швидкого поширення методів математичного моделювання в економіці є різке ускладнення сучасної економічної практики, викликане високим рівнем розвитку виробництва, зростанням темпів інформатизації суспільства, вимогами підвищення використання природних ресурсів. Це досягається за рахунок скорочених термінів проведення аналізу, більш повного охоплення впливу факторів на результати комерційної діяльності.

Моделювання – це наукова теорія побудови і реалізації моделей, за допомогою яких досліджуються явища, процеси в природі і суспільному житті. Побудова економіко-математичних моделей складний процес, який вимагає змістовних знань з економічної теорії, предмета дослідження і математичного інструментарію.

Переходячи до вивчення математичних моделей та методів, що використовуються в аграрній сфері, познайомимося з особливостями сучасної аграрної економіки, як з об'єктом математичного моделювання.

1.1.Особливості та сучасне бачення функціонування аграрної сфери

Історично склалося, що Україна є однією з найбільших аграрних країн, чому сприяють її географічне положення, клімат та наявність значних площ родючих ґрунтів. На початку ХХ століття більшу частину України займали сільські території, а частка населення, що проживала в сільській місцевості, становила близько 80 %. За радянських часів урбанізаційні процеси скоротили частку сільського населення майже до 30 %. Найбільшу питому вагу сільського населення сьогодні мають західноукраїнські регіони, де більш ніж половина населення проживає на селі, в той час як в індустріалізованих східних регіонах частка сільського населення складає близько 15 %. Аграрна сфера економіки та суспільства має особливий соціальний статус через свою територіальну, поселенську та соціальну автономію по відношенню до промислово-міської сфери.

Проаналізувавши ряд наукових джерел, ми можемо бачити широке використання таких понять як аграрна сфера, аграрний сектор, сільський сектор, які мають за мету відобразити поєднання галузевого й територіального аспектів, а саме спільність соціально-виробничих і екологічних функцій. За соціально-економічним підходом зазначені вище терміни відображають систему, яка характеризується наявністю базової галузі, навколо якої формується певне середовище, а саме сільське, що зумовлює специфіку її суспільних функцій, рівня, умов, способу життя населення. При цьому галузевий аспект переважає у термінах аграрний сектор, аграрна сфера, а територіальний – у термінах сільський сектор, сільська сфера.

Сільське господарство, за висновком О.О. Ніконова, це надскладна і надвразлива біолого-соціально-економічна суперсистема, що побудована на живих організмах, космічних силах, природних тілах, технічних засобах і людських соціумах¹. Сільська ж місцевість – соціоприродна система: екосистема і соціум з його життєдіяльністю, основним видом якої на переважній частині території є сільське господарство, а отже, сільська місцевість загалом – це агроєкосистема. Академік УААН В. Юрчишин, вказуючи на тісну взаємозалежність сільського господарства та сільських територій, яка дає підстави для висновку про те, що їх функціонування має забезпечуватися на спільних (ідентичних) вихідних положеннях, пропонує нову назву для цієї системи – аграрна соціоекосистема², в межах якої доцільно вести мову про сталий розвиток.

Як варіант скороченої назви – термін „агросередовище”, який набув широкого використання в Європейському Союзі (зокрема, *agri-environment schemes* – агро-середовищні схеми, *agri-environment measures* – агро-середовищні заходи). У Польщі теж застосовується дослівний переклад з англійської – *program rolnosrodowiskowy*, тобто агро-середовищні програми. У нас термін *agri-environment* звично перекладають як агроєкологічні, хоча при цьому обмежується більш широкий зміст, який вкладається в це поняття в англійському варіанті. Зрештою, вважаємо найвдалішим терміном для означення поєднання аграрного виробництва і сільської території в систему – аграрна сфера (аграрна система). Цей термін вже набув певного поширення, однак серед вітчизняних і зарубіжних економістів нема єдності поглядів щодо меж і структури агросфери як об’єкта державної політики, єдиних критеріїв і відповідних їм кількісних параметрів оцінки розвитку.

¹ Бузудалов И.Н., Крылатых Э.Н., Никонов А.А. и др. Аграрные отношения: теория, историческая практика, перспективы развития. – М.: Наука, 1993. – 405 с.

² Юрчишин В.В. Сільські території як системоутворюючі фактори розвитку аграрного сектора економіки // Економіка АПК. – 2005. – № 3. – С. 3-10.

О. Созінов розглядає агросферу як складову біосфери, природничу і соціальну категорію, якій притаманні особливі фундаментальні закономірності внутрішнього розвитку, що є результатом взаємодії різних природних і соціально-економічних факторів³. В Україні агросфера охоплює понад 70 % загальної території. Агросфера представляє складну соціально-економічну і одночасно вразливу агробіологічну систему природи і суспільства, особливістю якої є диверсифікованість функцій – життєзабезпечення (виробництво агропродовольства і сировини), життєдіяльності (умови і якість життя сільського населення), життєоблаштування (освоєність територіального середовища проживання). Вивчаючи використання математичних моделей а аграрній та природоохоронній галузях, будемо розглядати аграрну сферу як найважливішу життєзабезпечуючу (виробничу і середовищну) систему, яка включає переважну частину сільської території.

Основними структурними елементами аграрної системи (агросфери) є людський капітал аграрної діяльності та аграрні послуги як соціально-економічна компонента сталого розвитку, суто аграрне виробництво – економічна компонента, аграрні ландшафти (агроекосистема) як екологічна компонента (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Складові аграрної сфери і її органічна єдність з сільською територією

³ Созінов О.О. Агросфера України у ХХІ столітті // Вісник НАНУ. – 2001. – № 10.

Зрозуміло, що таке виокремлення складових є абстрактним, адже вони функціонують нероздільно: людський капітал задіяний в аграрному виробництві, це виробництво здійснюється в агроєкосистемі з використанням набору аграрних послуг. Але таке абстрактне структурування аграрної системи за складовими необхідне для глибинного розуміння системності „сільського господарства – сільських територій ” та об’єктної спрямованості механізму забезпечення сталого її розвитку.

Аграрна сфера в основному функціонує на сільській території, використовує її ресурсну базу (просторову, природно- і трудову ресурсну), а тому остання в переважаючих межах входить у цю систему. Разом з тим частина сільської території, для якої характерні позааграрні види діяльності (промислове виробництво, лісове господарство, тощо), залишається поза межами агросфери. У той же час аграрна сфера, завдяки веденню аграрного виробництва у міських поселеннях, переміщенню сюди агробізнесу і агросервісу, залученню до цієї діяльності частини міських жителів, вкрапленню аграрних елементів у міський ландшафт, тим самим виходить за межі сільської території.

Безумовно, агросфера, з одного боку, здійснює безпосередній вплив на ту частину сільської території, яка залишається поза її межами, з другого – сама залежна від різноманітних аспектів розвитку сільської території поза системою, а саме – демографічно-поселенських, розвитку сфери несільськогосподарської зайнятості, соціальної інфраструктури тощо. Між ними відбувається постійний обмін ресурсами, зокрема трудовими, земельними, – відведення сільгоспугідь під лісонасадження, введення рекультивованої землі в сільськогосподарський оборот тощо. Тому аграрній системі як переважаючій нині на сільській території доцільно проявляти певну турботу про розвиток цієї території і „поза системою”, оскільки її ресурси становлять потенціальну базу агровиробництва.

За зростання потреби в продовольстві у поєднанні з ресурсними обмеженнями, багатофункціональної ролі в суспільстві сільського господарства і села розвиток слід розглядати як безальтернативний цільовий вектор аграрної сфери, а сталість цього розвитку як беззаперечний імператив.

В розвинутих країнах пріоритетними напрямками розвитку економічних відносин є раціональне використання природних ресурсів. До теперішнього часу технологічний і економічний розвиток знаходяться в протиріччі з інтересами навколишнього середовища. На жаль, більшість інструментів стимулювання екологічної діяльності підприємств України існують лише на рівні законодавчих положень і не використовуються в практиці господарювання. Впровадження в Україні стратегії сталого розвитку створило умови для розвитку нової

етики навколишнього середовища, яка сприймається у всьому світі як основний принцип сталого розвитку, головна парадигма якого полягає в раціональному природокористуванні, і в першу чергу в тому, що задоволення потреб теперішнього покоління не повинно ставити під загрозу можливості і право майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби⁴.

Сучасний економічний розвиток характеризується загостренням проблем забезпечення сталого, збалансованого та взаємообумовленого функціонування усіх сфер життєдіяльності національних систем. Аграрну сферу вирізняє той факт, що вона є біоекономічною системою, через наявність в ній сільського господарства. Саме тому принципи екологічності, сталого розвитку є для неї пріоритетними. Базисом для формування основних засад сталого розвитку аграрної сфери повинно стати формування відповідної інфраструктури землекористування. Одним з найбільш актуальних завдань, що необхідно поставити нині перед урядом України спільно з вітчизняною наукою, є обґрунтування напрямів забезпечення комплексного системного підходу до формування державної аграрної політики на принципах сталого розвитку, який передбачає всебічно збалансований розвиток трьох його складових: соціальної, економічної та екологічної (рис. 1.2.).

Демографічний «вибух», сучасна науково-технічна революція, нинішній кризовий стан земної біосфери, істотне зниження її відновлювальних можливостей внаслідок надмірних антропогенних навантажень на природу об'єктивно зумовили необхідність переходу на модель сталого розвитку всіх країн світу. Дана ситуація не обійшла стороною і Україну, тому питання сталого розвитку повинні також бути вирішені нашою державою і заслуговують на відповідну увагу. У 1992 році у Ріо-де-Жанейро відбулася Конференція ООН з питань навколишнього середовища і розвитку, в результаті якої було ухвалено «Декларацію Ріо»⁵, де концепція сталого розвитку була визнана домінантною ідеологією функціонування людської цивілізації у ХХІ ст.

⁴ Стратегія сталого розвитку України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://who-is-who.com.ua/bookmaket/ust/6/61/2.html>); Roger Perman Natutal resource and environmental economics / R.Perman, Yue Ma, J. McGilvray, M. Commonion. – Pearson Education Limited, 2008. - 699 p.

⁵ Декларация Рио-де-Жанейро про окружающую среду и развитие от 14 июня 1992 года // Международное публичное право. Сборник документов. Т.2. – М.: БЕК, 1996. – С. 135-138. - Комісія ООН зі сталого розвитку. Офіційна веб-сторінка: [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.un.org/russian/esa/desa/aboutus/dsd.html>

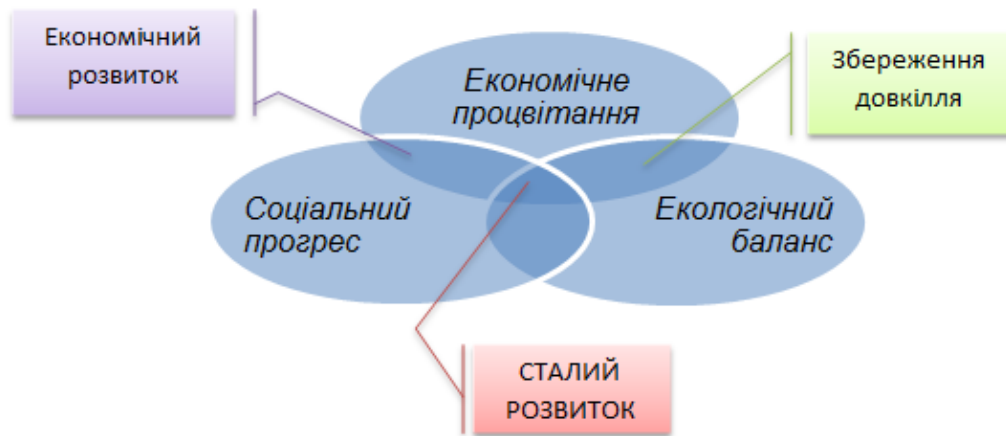


Рис. 1.2. Основні складові сталого розвитку

У 1980-х роках термін «сталий розвиток» був використаний у звітах Комісії ООН очоленої Г.Х. Брундтланд, де зокрема зазначалося, що вирішення екологічних проблем неможливо без вирішення соціальних і економічних питань, а отже про сталий розвиток слід говорити у ширшому розумінні. За визначенням Комісії ООН зі сталого розвитку, його мета — задовольняти потреби сучасного суспільства, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої потреби, тобто забезпечення необхідного рівня стабільності та гармонійності людської діяльності⁶. Як ми зазначали раніше, для України одним із пріоритетних напрямів економіки є аграрний сектор, тому без сумніву питання його сталого розвитку є надзвичайно актуальними та вимагають комплексного вивчення та управління. Головною складовою в розбудові аграрного сектора економіки є комплексний розвиток сільських територій, спрямований на стабільне забезпечення збалансованого розвитку умов праці та проживання населення. Запропоновані нами складові стратегії переходу аграрної сфери України до сталого розвитку приведені на рис. 1.3.⁷

⁶ А/Рез/42/187: Звіт Міжнародної комісії з навколишнього середовища і розвитку. Генеральна Асамблея ООН. 96 пленарна сесія, 11 грудня, 1987 року; Комісія ООН зі сталого розвитку. Офіційна веб-сторінка: [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.un.org/russian/esa/desa/aboutus/dsd.html>

⁷ Забуранна, Л. В. Сталый розвиток аграрної сфери: сутність та чинники [Текст] / Л. В. Забуранна // Економіка і управління. - 2012. - №2 (54).



Рис. 1.3. Складові стратегії переходу аграрної сфери України до сталого розвитку

В якості змін, які можуть характеризувати сталий розвиток агросфери, виступають закономірні і цілеспрямовані якісні зміни її складових, здійснювані системним чином. Сталий розвиток агросфери можна визначити як системні, орієнтовані на інтереси і потенціал людини, соціуму і суспільства загалом адаптивні за природою і якісні за суттю цілеспрямовані зміни, що супроводжуються підвищенням її ефективності, соціально-економічної прогресивності, стійкості та соціальної значимості як щодо попередніх інваріантних станів, так і щодо досягнення раціональних моделей сталості на різних етапах еволюційного розвитку⁸.

Для оцінки реального стану, прийняття виважених рішень щодо формування ефективної національної стратегії сталого розвитку, моніторингу досягнення її головних цілей необхідна система критеріїв

⁸ Попова О.Л. Сталий розвиток агросфери України: політика і механізми / Ольга Леоніївна Попова. – К. : НАН України, Ін-т екон. та прогноз., 2009. –352 с.

та індикаторів, які б відображали зміни на шляху сталості. На основі критеріїв сталого розвитку агросфери, як визначальних кількісно-якісних ознак, формується оцінка якості процесу. Безсумнівно, це має бути багатокритеріальна оцінка, а отже, необхідна ієрархічна система критеріїв – головного і таких, які характеризуватимуть різні аспекти сільськогосподарської сталості та служитимуть основою оцінення критичності ситуації. Вихід реальних процесів за межі критичних значень відповідних критеріїв загрожує порушенням сталості розвитку.

Головним критерієм сталого розвитку аграрної сфери, на нашу думку, може бути підвищення якості життя агровиробників, сільського населення, нації на основі збереження її життєзабезпечуючих комплексів. Цей критерій можна інтерпретувати ще як критерій захищеності життєзабезпечення, загалом безпеки людини як біосоціальної істоти та природних засобів аграрної праці – насамперед землі, води, використовуваних у аграрному виробництві послуг екосистем та природи загалом.

Емпіричні дослідження доводять, що сталий розвиток агросфери визначається множиною різних факторів (детермінант), основними серед яких є збільшення людського капіталу і соціальних активів; поширення адаптивно-ландшафтної системи ведення сільського господарства; впровадження агроекологічних методів господарювання з метою продукування якісної, екологічнобезпечної сільськогосподарської продукції; збереження природної і культурної спадщини.

Для визначення передумов сталого розвитку аграрної сфери України необхідно визначити її теперішній стан та основні тенденції розвитку. Максимальних обсягів виробництва сільське господарство України досягло в останні роки радянської доби. У 1990 р. валова продукція сільського господарства перевищувала її сьогоднішні обсяги на 43%, у тому числі за продукцією рослинництва - на 8%, а за продукцією тваринництва - майже вдвічі. Близько 70% аграрної продукції виробляли сільськогосподарські підприємства (колгоспи і радгоспи). У середньому в одному аграрному підприємстві налічувалося 443 працівників і 3,1 тис. га сільськогосподарських угідь. На сільське господарство, як галузь національної економіки, припадало 20% трудової зайнятості, 25% виробничих основних фондів, 28% національного доходу.

У сільському господарстві таке скорочення не перевищило середню позначку, але інфляційне зростання цін в середньому по всіх галузях значно (майже в 3 рази) випереджало аналогічні показники агросфери, що суттєво зменшило частку сільського господарства в макроекономічних показниках. Якщо у 1990 р. частка сільського

господарства у випуску всієї економіки дорівнювала 18,7%, у 2009 р. - лише 8,3%, а в 2010 вже лише 8,2%.

У радянський період більша частина продукції сільськогосподарських підприємств закуповувалася державою за цінами, що разом з ціновими надбавками забезпечували колгоспам і радгоспам середню рентабельність на рівні 38%. Кількість збиткових господарств у 1990 р. становила лише 0,4%. Державна банківська система надавала кредити під 2-3% річних.

Заміна державних закупівель сільськогосподарської продукції на систему вільного ринку виявилася тяжкою і болісною. У 1999 р. 84% сільськогосподарських підприємств були збитковими, а середня збитковість перевищила 20%. Кредитна та інвестиційна системи були паралізовані.

У 2000-х роках разом із зростанням обсягів сільськогосподарського виробництва почалося покращання фінансового стану галузі. Насамперед, галузь спромоглася суттєво поліпшити показники рентабельності (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

Рентабельність операційної діяльності за видами економічної діяльності, %*

Показник	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Всього	23,3	2,7	7,0	6,6	6,8	3,9	3,3	4,0
Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	38,3	- 1,6	12,7	10,0	19,0	12,9	14,7	23,2
Промисловість	22,7	4,8	5,5	5,8	5,8	4,9	1,7	3,6
Будівництво	18,1	1,3	2,2	3,1	2,6	- 2,7	- 1,0	- 1,2
Діяльність транспорту та зв'язку	11,5	2,4	11,7	9,9	9,8	6,9	8,6	7,2

* Розрахунок автора за даними Держкомстату

Значною мірою цей успіх був забезпечений досягненнями у ресурсозбереженні: суттєво зросли обсяги виходу аграрної продукції на одиницю трудових, земельних і матеріальних ресурсів. У 2010р. результат від основної діяльності сільськогосподарських підприємств (крім малих) становив 12,8 млрд. грн. прибутку проти 7,2 млрд. грн. у 2009р., рівень рентабельності (без урахування бюджетних дотацій і доплат) у цілому склав 20,6% проти 13,4% у попередньому році. Прибутки від виробництва продукції сільського господарства і надання послуг у рослинництві і тваринництві отримали 73% підприємств, сума прибутку в середньому на 1 підприємство

становила 2,3 млн. грн. У той же час, 27% підприємств отримали від сільськогосподарського виробництва збитки, їх сума у розрахунку на 1 підприємство склала 1,1 млн. грн.

У розвиток підприємств сільського господарства, мисливства, лісового господарства станом на 1 січня 2011р. вкладено 833,7 млн. дол. США **прямих іноземних інвестицій** (наростаючим підсумком з початку інвестування), що становить 1,9% загального обсягу іноземних інвестицій в Україну. Приріст обсягу іноземного капіталу в сільське господарство, мисливство та лісове господарство, з урахуванням його переоцінки, втрат і курсової різниці, за 2010р. склав 40,7 млн. дол. США. Поясненням такої тенденції може слугувати кредитна криза: у 2009 р. сільське господарство отримало кредитних ресурсів лише 29%) від рівня 2008 р.

Хоча у сільському господарстві рентабельність вища, а частка збиткових господарств менша, ніж у середньому по національній економіці, фінансовий стан галузі за багатьма показниками гірший від середнього рівня. Через згаданий вище ціновий диспаритет значно зменшився відносний показник фондоозброєності праці. В 1990 р. він становив 81% від середньої позначки, у 2010 р. - лише 19%, тобто фондоозброєність аграрного виробника була в 5 разів меншою за середній рівень. Негативний наслідок цінового диспаритету - нестача коштів на дотримання технологічних норм щодо матеріально-технічного забезпечення аграрного процесу: недостатність парку сільськогосподарської техніки, малі норми застосування хімічних засобів, скорочення поголів'я продуктивної худоби.

Площа сільськогосподарських угідь, які використовувались у виробництві сільськогосподарськими підприємствами та громадянами, на 1 січня 2011р. становила 36,5 млн. га (61% території України), з яких 30,9 млн. га – площа ріллі. У 2010р. на території країни виробництвом сільськогосподарської продукції займалося 56 тис. **аграрних підприємств** різних організаційно-правових форм господарювання (включаючи фермерські господарства) (рис. 6.), які використовували 21,6 млн. га сільськогосподарських угідь. У господарських товариствах зосереджено 49,1% цих угідь, у фермерських господарствах – 20,0%, у приватних підприємствах – 16,0%, у виробничих кооперативах – 4,6%, у державних підприємствах – 2,6%, у підприємствах інших форм господарювання – 7,7%. Із загальної кількості підприємств близько 15 тис. становлять господарські товариства, приватні, державні та інші підприємства і кооперативи (крім фермерських господарств), з яких 15,8% підприємств мають площу до 100 га, 17,3% – від 100 до 500 га, 11,2% – від 500 до 1000 га, 14,1% – від 1000 до 2000 га, 18,8% – понад 2000 га. Середній розмір господарства становить 1169 га сільськогосподарських угідь.

На 1 січня 2011р. налічувалось 42 тис. фермерських господарств, у власності та користуванні яких знаходилося 4,3 млн. га сільгоспугідь, з них 4,2 млн. га ріллі. Середній розмір фермерських наділів у 2010р. проти 2009р. збільшився на 0,7 га і становив 103,3 га. Площі земель фермерів розширюються як шляхом укрупнення самих господарств, так і оренди земельних часток. Орендовані землі фермерських господарств станом на 1 січня 2011р. складали 79,9% загальної площі землі, яка є в їх користуванні. У середньому на одне фермерське господарство припадало 100,2 га ріллі (на 1 січня 2010р. – 99,4 га).

Індустріальний підхід до сільського господарства зараз широко підтримується офіційними колами нашої країни і обґрунтовується потребами виробляти більше продукції та сировини з невеликою кількістю виробників і найменшими затратами. Прогнозується зникнення дрібнотоварного сільського господарства, що всюди у світі розвивається на основі невеликих селянських сімейних ферм. Такі господарства називаються відсталими і неефективними, з характеристиками, які мають бути подолані в процесі економічного розвитку. Але, сьогодні у багатьох розвинених країнах зростає визнання того, що дрібні ферми не лише ефективні виробники сільськогосподарської продукції, а й виконують низку інших важливих функцій – сприяють життєвості і сільських громад і місцевої економіки, мають істотний вплив на раціональне використання земельних ресурсів, відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Це контрастує з ситуацією в Україні, де дрібнотоварний сектор сільського господарства перебуває на правах "пасинка".

Загалом на дрібних селянських фермах проживає не менше четвертої частини усього населення світу. Більшість із них знаходяться в країнах, що розвиваються, де вони можуть охоплювати до 70% місцевого населення, забезпечуючи найбільше джерело зайнятості і прибутків на селі.

Більшість українських сімей традиційно мають особисті земельні ділянки, на яких ведуть невелике сільське господарство. Згідно з статистичними даними, в Україні наразі налічується майже 17 млн. домогосподарств, з яких земельні ділянки у користуванні мають 9,7 млн., тобто 56,6% усіх домогосподарств. Із загальної кількості домогосподарств, які мають земельні ділянки, 4,5 млн. – домогосподарства у містах. Вони становлять 38% усіх міських домогосподарств. Сільські домогосподарства, яких нараховується 5,3 млн., мають землю майже всі (5,2 млн. у 2009 р.). В Україні господарства населення ведуть сільськогосподарську діяльність різної інтенсивності на ділянках різного призначення: присадибних, садово-городніх, дачних і, нарешті, земельних наділах-паях, отриманих

переважно сільським населенням, які використовуються самостійно, або найчастіше передаються в оренду (повністю або частково) корпоративним підприємствам. Основними виробниками сільськогосподарської продукції (на своїх присадибних ділянках, а також частково на отриманих земельних ділянках-паях) безперечно є сільські домогосподарства.

Трансформаційний розвиток аграрного сектора характеризувався зростанням ролі населення у землекористуванні, виробництві і продовольчому забезпеченні країни. Якщо у 1990 р. господарства населення займали 6% господарських угідь країни і забезпечували майже 30% валової сільськогосподарської продукції, то за підсумками 2010р. у користуванні і володінні населення України знаходилося майже 41% сільськогосподарських земель країни, а його вклад у загальне сільськогосподарське виробні оцінювався у 55,1%

На наш погляд, причини високих темпів розширення землекористування сільських господарств населення і нарощування ними обсягів виробництва зрозумілі – втрата більшістю селян постійної роботи у сільськогосподарських підприємствах, зниження рівня оплати праці на селі, тривалі затримки з її виплатою.

У цілому позитивні тенденції розвитку сільськогосподарського сектора господарств населення у трансформаційний період дали підстави вітчизняним науковцям говорити про певний економічний парадокс, коли всупереч твердженням про переваги великих підприємств, дрібнотоварні господарстві населення виявилися життєздатнішими у кризових умовах. Як наслідок, сільськогосподарська діяльність сільських домогосподарств стала предметом спеціального аналізу у багатьох наукових роботах.

Серед наукових праць із зазначеної тематики важливе місце належить роботам академіка НАНУ О.Онищенка⁹, академіків УААН В.Юрчишина¹⁰, Б. Пасхавера¹¹, які ґрунтовно розглядають широке коло питань формування, розвитку і ефективності господарств населення. Варто відмітити низку досліджень виробництва і його ефективності у господарствах населення, а також процесів реалізації продукції, виконаних в Інституті аграрної економіки УААН, що проводились на основі організації власних інформаційних обстежень діяльності особистих селянських господарств.

⁹ Онищенко О.М. Господарства населення України до і після реорганізації сільгосппідприємств // Вісник Інституту економічного прогнозування. - 2005. - № 4. - С. 48-59.

¹⁰ Юрчишин В.В. Господарства населення: проблеми майбутнього // Економіка України. - 2003. - №9.-С. 67-72.

¹¹ Удосконалення статистичного обліку виробничих ресурсів і витрат у господарствах населення / за ред. Пасхавера Б.Й. - К.: ІЕ НАН України. - 2000. -130 с.

Чинна офіційна статистика сільськогосподарської діяльності господарств населення надає можливості певною мірою оцінити низку їх характеристик щодо землекористування, забезпечення необхідними ресурсами, людським капіталом тощо. Внаслідок земельної реформи сільські домогосподарства України сьогодні суттєво різняться за розмірами землекористування. Дані табл. 5. показують, що в останні роки середній розмір площі землі сільських домогосподарств дещо зростає, однак незначно. Наразі він становить 1,2 га порівняно з 1,04 га у 2004 р.

Водночас, якщо співставити цю площу з середніми 0,5 га у користуванні домогосподарств у минулому за планової системи, то це збільшення виявляється суттєвим.

В Україні роль дрібнотоварних господарств населення для продовольчої безпеки держави широко визнається багатьма науковцями і політиками, однак в цілому сектор розглядається як безперспективний. Вказується на його примітивну технологічну базу, неможливість швидко і без значних інвестицій еволюціонувати в великі товарні структури. Нерідко наявність цих господарств розглядається як ознака відсталості сільськогосподарського виробництва, анахронізм, не властивий етапу індустріального і тим більше постіндустріального розвитку¹². Головним чином, проблема полягає у тому, що при зміцненні землекористування дрібних господарств населення часто вбачаються загрози для розвитку великого аграрного бізнесу країни, пришвидшення технологічного прогресу і конкурентоспроможності на світових ринках.

Аналіз показує важливість дрібнотоварних господарств населення як виробників значної кількості видів сільськогосподарської продукції, традиційних для споживчого продовольчого ринку України. Тому некоректно ставити питання про будь-які форми усунення, обмеження або відмирання цього сектора. Водночас питання ролі дрібнотоварного сільського господарства в економічному розвитку України має у перспективі розглядатись у більш широкому контексті¹³.

В Україні потрібне усвідомлення, що дрібнотоварні господарства населення займають своє унікальне місце у системі вітчизняного сільського господарства і заслуговують на особливу увагу. Якщо державна політика буде ставити за мету формування життєздатних сільських громад, охорону і збереження природних ресурсів, гарантування продовольчої безпеки, яка передбачає, що виробництво

¹² Мельник Л.Ю. Сутність аграрних домогосподарств та їх основні економічні характеристики // Економіка АПК. - 2007. - №3. - С. 3-10.

¹³ Теорія, політика та практика сільського розвитку / за ред. д-ра екон. наук, чл.-кор. НАНУ О.М.Бородіної, д-ра екон. наук, чл.-кор. УААН І.В.Прокопи ; НАН України ; Ін-т екон. та прогнозів. – К., 2010. – 376 с.

продовольства не буде сконцентровано в руках небагатьох, тоді спеціальна підтримка і допомога для цього сектора мають стати її невід'ємною частиною. Вочевидь, можна стверджувати, що це відповідає інтересам і праву вітчизняних споживачів на здорове і відповідне їх культурі продовольство. Крім того, ми переконані, що саме господарства населення готові до розширення свої сфер діяльності шляхом включення інноваційних напрямків аграрної сфери¹⁴.

1.2. Основні зміни в сільському секторі суспільства та передумови диверсифікації аграрної економіки

Село завжди відігравало особливу роль в житті суспільства. Хоча воно постійно зазнавало значних матеріальних і демографічних втрат (так, лише впродовж XX ст. чисельність сільських жителів зменшилася майже вдвічі, якщо в 1913 р. частка сільського населення у структурі населення країни становила 80,7%, то 2000 р. – 32,6%), місце села в суспільному розвитку країни, в її поступі вперед не втрачало своєї важливості. Для забезпечення сталого розвитку аграрної сфери та сільських територій важливою є оцінка можливостей забезпечення зайнятості селян, що суттєво зумовлюють осілість на сільських територіях, наповнення місцевих бюджетів за рахунок відрахувань від їх доходів і податків підприємств, які тут розміщені, що, зрештою, значною мірою визначає соціально-економічний розвиток цих територій. За умови отримання селянами доходів поза сільськими територіями села поступово перетворюються на „гостьові” місця тимчасового перебування. Зрозуміло, що за такого сценарію життєдіяльність в аграрній сфері та на сільських територіях поступово затухатиме, що й спостерігається останнім часом. Після 1990 р. збереглася тенденція до скорочення чисельності сільських жителів, яка розпочалася в радянські часи. Темпи зменшення сільського населення, які у 1981-1990 рр. становили 1,04% на рік, у 1991-1995 рр. знизилися до 0,39%, а в подальшому, у 2006-2010 рр. знову підвищилися до 1,13%. Упродовж 1991-2010 рр. сільське населення зменшилося на 2,5 млн. осіб до 14,3 млн. осіб на початок 2011 р. (рис. 1.4.). Як наслідок, села поступово безлюдніють, а деякі зникають: у 1991-2010 рр. поселенська мережа скоротилася на 388 села (1,34%). Цей процес прискорюється: якщо у 1991-2000 рр. у середньому за рік "умирало" 19,4, то в 2006-2011 рр. - 21 село.

¹⁴ Малік, М.Й., Забуранна, Л. В. Стан та проблеми сталого розвитку аграрної сфери України [Текст] / М.Й.Малік, Л. В. Забуранна // Вісник Тернопільського національного економічного університету. - 2012. - №1. – с.53-63.

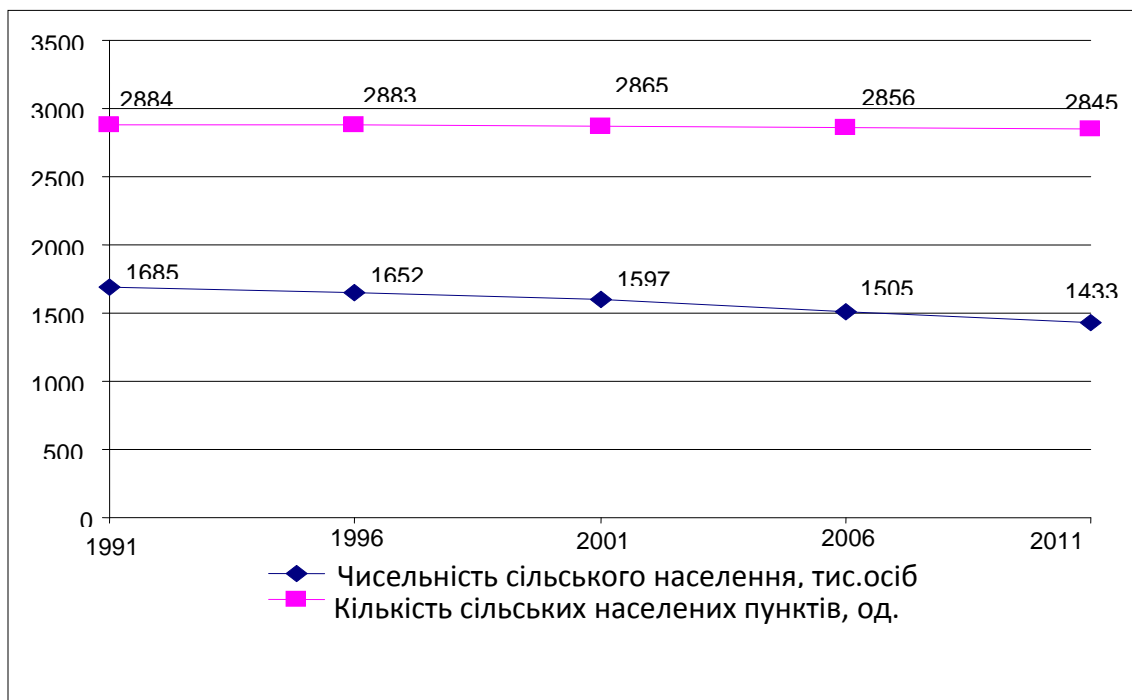


Рис. 1.4. Чисельність сільського наявного населення і сільської поселенської мережі

На окремих територіях депопуляція і обезлюднення сіл набули ознак демографічної та поселенської кризи. Чисельність таких проблемних адміністративних районів збільшується зростаючими темпами: у 1991 р. їх нараховувалося 112, у 1996 р. – 121 (на 8% більше порівняно з попередньою датою), у 2001 р. - 135 (на 11,6 %), у 2006 р. – 168 (24,4%). За даними суцільних обстежень сіл, які періодично (раз на 5 років) проводить Держкомстат України, за станом на 1.01.2011 р. частка дітей віком до 18 років у структурі всього постійного сільського населення становила 17,2%, а в селах людністю від 50 до 100 чол. – 14,1%. На жаль, село старіє. Так, при середній в усіх селах частці осіб віком 60 років і старше 26,6% в поселеннях людністю до 100 чол. ця частка перевищує 42%, що за міжнародними мірками свідчить про дуже високий рівень демографічної старості. Якщо впродовж 1996–2000 рр. не було народжених у 10,7% сільських населених пунктів країни, то впродовж 2001–2004 рр. – у 12,5%. Значно зросла кількість населених пунктів, в яких немає дітей віком до 5 років, – з 2,5 тис. на початок 1991 р. до 3,4

тис. на початок 2011 р., що складає нині 11,7% від загальної кількості сільських населених пунктів¹⁵.

Здійснюючи типологізацію сільських населених пунктів для потреб державного регулювання їх розвитку, науковці Інституту економіки НАН України свого часу виділили категорію деградуючих поселень і запропонували здійснювати щодо них політику державного протекціонізму. Основні ознаки цієї категорії сіл – украй несприятливі умови проживання та втрата можливості відтворення населення на власній демографічній основі. Нині 34,3% загальної кількості районів є проблемними; порівняно з 1991 р. їх частка збільшилася на 11,1 відсоткових пункти. Регіони найбільш гострої демографічної і поселенської кризи - Чернігівська, Сумська і Полтавська області. Тут концентрація проблемних районів перевищує 90%. Частка таких районів у Київській і Черкаській областях – в межах 60-90%, в Житомирській, Хмельницькій, Кіровоградській, Харківській і Луганській –30-60%¹⁶.

Якщо невідкладно не вжити заходів для переходу до сільського розвитку на сталій основі (насамперед щодо диверсифікації економіки, зайнятості і доходів населення), кількість районів демографічної і поселенської кризи може збільшитися до 235-245 (48-50% від загальної кількості). З'являться території суцільної незаселеності, що є загрозою національній безпеці.

За істотного звуження сфери працевлаштування в селі основним місцем прикладання праці сільського населення залишається сільське господарство. Проте й тут спостерігається помітне скорочення зайнятості, зумовлене переважно згортанням трудомістких галузей - тваринництва, льонарства, хмелярства тощо. Під час трансформаційних змін у вітчизняній економіці в сільських населених пунктах відбулася адаптація зайнятості без необхідної реструктуризації, тобто певне пристосування сільського населення до ринкового середовища, а точніше сказати – виживання, за відсутності цілеспрямованої реструктуризації надлишкового аграрного трудового потенціалу, перерозподілу його в інші позааграрні сфери зайнятості, створення нових робочих місць. За цей період економічних і соціальних потрясінь для населення формувалися дуже занижені мотиви зайнятості, йшлося лише про задоволення найнеобхідніших людських потреб – продовольче забезпечення, матеріальна необхідність. Однак, вести мову про продуктивність сільської

¹⁵ Соціально-економічне становище сільських населених пунктів України : Стат. зб. – К.:Держкомстат України, 2011.– 284 с.

¹⁶ Економіка України за 1991–2009 роки / за заг. Ред. акад. НАН України В.М.Гейця [ін.]; НАН України ; Ін-т екон. та прогнозув. НАН України. – К. : Держкомстат України, 2010. – 112 с.

зайнятості, пристойний рівень доходів від неї поки що не приходить. Тим більше, для усвідомлення і задоволення потреби працівників у самоствердженні потрібно ще певний, можливо й досить тривалий період часу. Отже, ситуація із зайнятістю та можливостями працевлаштування на селі сьогодні катастрофічна, селянам не просто важко, а частіше всього неможливо знайти роботу за місцем проживання. Про істотне обмеження можливостей працевлаштування в сільському господарстві, яке все ж таки залишається основним місцем прикладання праці селян, свідчить той факт, що навантаження на одне вільне робоче місце (вакансію) кваліфікованих робітників сільського та лісового господарств, риборозведення та рибальства становило у 2011 р. – майже 32 особи, що найбільше серед усіх професійних груп, тоді як загалом на зареєстрованому ринку праці цей показник становив 4 особи¹⁷. Взагалі, значне перевищення пропозиції робочої сили над попитом спостерігалось у робітників найпростіших професій у сільському господарстві та подібних галузях, у кваліфікованих робітників сільського та лісового господарств, риборозведення та рибальства. Дисбаланс між попитом і пропозицією робочої сили на селі поглиблюється через низькі якісні характеристики вільних робочих місць, зокрема, низький рівень заробітної плати, несвоєчасність її виплати, транспортну недоступність, тощо. Наслідками масової незайнятості сільського населення є бідність, апатія, зневіра, напруженість відносин у сім'ях і сільських громадах, поширення криміногенних явищ у селі.

Але потрібно пам'ятати, що сільське господарство є важливою, але не єдиною сферою працевлаштування мешканців села. Як свідчить практичний закордонний досвід, все більше селяни відчують потяг селян до розширення своєї діяльності у несільськогосподарській сфері. Особливо, це стосується туризму в сільській місцевості¹⁸. Торгівлі, пасажирських перевезень, переробки, реалізації, збереження сільськогосподарської продукції тощо. Проте, цей процес в сільській місцевості в Україні відбувається занадто повільно, практично без будь-якої державної підтримки.

Спотворена структура сільськогосподарської зайнятості характеризується невеликою чисельністю найманих працівників – близько 800 тис осіб в 2010 році у порівнянні з 4,2 млн. у 1990 році, завищеною кількістю зайнятих, переважно вимушено, недостатньо продуктивною працею у господарствах населення, приблизно 2,3 млн. осіб в порівнянні з 678,4 тис. осіб у 1990 році

¹⁷ Ринок праці у 2010 році, доповідь Держкомстату від 19.04.2011р. №09/2-24/115

¹⁸ Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року // Економіка АПК. – 2007. – №11. – С.3-57.

Кількість найманих працівників скоротилася за 1990-2010 рр. на 81,5%, механічно перемістившись у господарства населення. Одним з чинників, який має вагомий вплив на стан сільськогосподарського ринку праці – є сезонний характер діяльності більшості підприємств, що зумовлює зайнятість працівників у весняно-літній сезон, та вивільнення їх у зимовий період. Так, зазвичай на початку та наприкінці року збільшуються обсяги реєстрації мешканців сільської місцевості у державній службі зайнятості.

Невтішними на селі є перспективи організації чи успадкування фермерського господарства. Важкі умови функціонування більшості цих господарств стримують розвиток фермерського укладу. Якщо до 2007 р. кількість фермерів постійно зростала, то після кризових явищ в країні і у всьому світі з 2008 року почала скорочуватися – з 43 410 до 41 906 на початку 2010 р.¹⁹.

Також, потрібно зазначити, що сільськогосподарське виробництво в 2010 році є основним видом економічної діяльності неформального сектору економіки (65,2% зайнятих у цьому секторі, або 74,1% усіх зайнятих у зазначеному виді діяльності) або майже кожна друга особа з числа зайнятих сільських жителів²⁰. Для зайнятості в неформальному секторі сільськогосподарського виробництва характерно:

- по-перше, те, що вона не реєструється, не враховується офіційною статистикою в повному обсязі і не користується визнанням чи підтримкою з боку держави;

- по-друге, основна маса сільських жителів зайнятих у цьому секторі має незначний капітал, низький рівень продуктивності і доходів;

- по-третє, більшість сільськогосподарських виробників сильно обмежені у виході на організовані ринки, у доступі до кредитів.

Нарешті, неформальна діяльність не охоплюється соціальним захистом, трудовим законодавством і нормам охорони праці. Розвиток неформальної зайнятості, особливо в сільськогосподарському виробництві, на Україні сприяв входженню населення до складу робочої сили, виступаючи альтернативою безробіттю та економічній неактивності, став одним з головних способів економічного виживання для найбільш незахищених верст сільського населення, невідгодованих до переходу до ринкових відносин (пенсіонери, родини з дітьми, молодь, що вступає на ринок праці і т.д.), а державі, що випробує сильний тиск на бюджет, надалася можливість заощаджувати на допомозі по безробіттю. У той же час неформальний

¹⁹ Сільське господарство України : Стат. щорічник за 2009 рік. – К.: Держкомстат України, 2010. – 375 с.

²⁰ Ринок праці у 2010 році , доповідь Держкомстату від 19.04.2011р. №09/2-24/115

сектор створює ряд соціально-економічних проблем. Негативними сторонами неформального сектора є відсутність соціальних гарантій, контролю за умовами праці, за якістю наданих товарів і послуг, зайняті нерідко втрачають кваліфікацію, професійні навички, що значно знижує якість трудового потенціалу. Неформальна діяльність, здійснювана безпосередньо на робочому місці, знижує керованість штатом співробітників, негативно позначається на основному виробництві. Державний бюджет і соціальні фонди втрачають значну частину коштів у результаті того, що в неформальному секторі доходи не підлягають оподатковуванню, у зв'язку з їх прихованістю. Проаналізувавши статистичні дані та реальний стан справ в аграрній сфері, ми можемо відзначити, що обліковування великого обсягу зайнятості в господарствах населення фактично є приховуванням безробіття. Наявність особистого селянського господарства часто є причиною відмови у реєстрації селян безробітними. Свідченням цього може бути істотне скорочення кількості зареєстрованих безробітних із числа сільського населення в 2009 р. – на 33 % та в 2010 році на 40 %, за умов, коли можливості працевлаштування на селі не розширилися

Рівень зареєстрованого безробіття в сільській місцевості в середньому за 2009 р. складав 4,7% та 2,8% за 2010 рік від економічно активного населення працездатного віку. Аналогічний показник, розрахований за методологією МОП, перевищував його у 1,7 рази у 2009 році та в 2,9 в 2010 році (8,2% та 8,1% відповідно).

Дослідження проведене Інститутом економіки та прогнозування НАН України показало, що райони з найнижчими можливостями працевлаштування сільських жителів на підприємствах і в організаціях розташовані переважно в західній та південній частинах України, тобто там, де порівняно з іншими регіонами краща демографічна ситуація, але одночасно обмаль робочих місць в «організованому» секторі економіки, особливо у співставленні з населенням працездатного віку.

Очевидна ірраціональність обліковування досить великого обсягу зайнятості в господарствах населення зумовлена балансуванням між зайнятістю і відкритим безробіттям. Очевидність вибору на користь зайнятості засвідчує „правило пріоритетності”, яким керуються статистики при обстеженні населення щодо економічної активності, і згідно з ним зайнятості надається перевага перед безробіттям. Обліковування масштабної зайнятості в особистих селянських господарствах виявилось вдалою формою приховування безробіття. Воно не покладає ніяких зобов'язань на облікованих зайнятими тут осіб – ні щодо необхідності реєстрації, ні щодо оподаткування, не обмежує в можливостях зайнятості в інших сферах, навіть поза межами сільського населеного пункту. Достатньо на тих тижнях, впродовж яких статистичні органи проводять вибіркове опитування

населення з питань економічної активності (періодично здійснюється у третій декаді місяця), потрапити їм „на очі” і усно заявити про зайнятість в особистому селянському господарстві, без усяких на те підтверджень.

Працівники сектора самостійної зайнятості розподіляються за видами економічної діяльності на основі визначень респондентів під час їх опитування. Власне, у чисельності зайнятих в особистому селянському господарстві обліковані й ті особи, яких потрібно було б віднести до інших сфер зайнятості, зокрема послуг. Проте віднесення їх до інших сфер викликало б необхідність реєстрації осіб як суб’єктів підприємницької діяльності тощо. Таким чином, обліковування масштабної зайнятості в особистих селянських господарствах виявляється зручним як для тих, кого обліковують зайнятими тут, хоча вони нарікають на відсутність достойних робочих місць в селі, так і владних структур, які мали б активніше опікуватися створенням можливостей і умов прикладання праці для селян.

Цілком очевидно, що зайнятість у вітчизняному аграрному виробництві має і буде скорочуватися. Істотні еволюційні структурні зміни, характерні для зростаючих економік, переходу їх від стадії аграріанізму до сучасних фаз розвитку – постіндустріалізму та інформаційного суспільства формують й в подальшому ще більшою мірою формуватимуть тенденції скорочення зайнятості в аграрній сфері, міжсекторального перерозподілу її на користь промисловості і сфери послуг. Безумовно, вони мають місце і в Україні, справа лише в уточненні статистики обліку у відповідності до методології Міжнародної організації праці (МОП), національних законодавчо-нормативних актів.

Масовим явищем є робота сільських жителів не за місцем проживання. Матеріали вибіркового обстеження населення з питань економічної активності не містять даних про сільських жителів, що тимчасово виїхали за кордон або на роботу в іншу місцевість і не перебували в домогосподарствах більше як 3 місяці: вони не підлягають обстеженню через тривалу відсутність. Відомостей про їх чисельність немає. Спеціальні дослідження дають підставу стверджувати, що з трудовими цілями щорічно виїждять за кордон приблизно 1,5–2 млн. громадян України, з яких значну частину становлять сільські жителі. До трудової міграції більшою мірою залучаються одружені чоловіки і заміжні жінки. За даними обстеження українських трудових мігрантів, яке проводилося в 2009 р. в Італії, тільки 6% жінок не мали дітей, тоді як понад 3/4 залишили вдома 1–2 дитини, а майже 8% – 3 і більше²¹. І хоча зароблені за

²¹ Людський розвиток в Україні: 2009 рік : Щорічна наук.-аналіт. доповідь / За ред. Е.М. Лібанової. – К.: Ін-т демографії та соціальних досліджень НАН України, Держкомстат України, 2010. – 266 с.

кордоном гроші, як правило, пересилаються родинам і, відповідно, допомагають їм виживати чи навіть поліпшувати добробут, тривала відсутність трудових мігрантів у сім'ях призводить до негативних соціальних наслідків: бездоглядності дітей, розлучень подружжів, занепаду моралі тощо.

Існуюча сфера прикладання праці і безробіття на селі є причиною деградації трудових ресурсів, професійного рівня населення. У 2009 р. половина (50,4%) сільського населення у віці 15-70 років була зайнята найпростішими професіями (міського - 10,9%), причому не через брак професійної освіти, а через відсутність належних місць прикладання праці. У числі безробітних сільських жителів у віці 15-70 років (за методологією МОП) третину становлять фахівці, технічні службовці, кваліфіковані робітники.

Також, дослідження показало, що на сьогоднішній день рівень диверсифікації сільської діяльності дуже низький і не розв'язує проблему масштабного безробіття на селі. Це зумовлене як недоступністю ресурсів, незадовільною інфраструктурою, труднощами з доступом до ринків, кредитів, інформації, складністю юридичного оформлення бізнесу, так і деградацією людського капіталу, який не став основним чинником інноваційності економіки.

Сучасна статистика поділяє виробників сільськогосподарської продукції на дві категорії: сільськогосподарські підприємства (включаючи фермерські господарства) і господарства населення, серед яких провідне місце займають особисті селянські господарства. Особисті селянські господарства є основою доходу населення в сільській місцевості, однією з найважливіших сфер зайнятості сільських жителів, найбільш масовою та гнучкою формою господарювання, що демонструють пристосованість до складних економічних умов.

При розгляді економічних змін в сільському секторі суспільства особливу увагу потрібно звернути саме на матеріальний добробут особистих селянських господарств. Матеріальний добробут характеризується рівнем і структурою ресурсів і витрат домогосподарств з урахуванням загального соціально-економічного фону: рівня інфляції, мінімальної заробітної плати, прожиткового мінімуму тощо.

Оцінити динаміку сукупного доходу сільських домогосподарств порівняно з 1990 р. складно через відсутність відповідної інформації, але його негативна динаміка очевидна. За період 2000-2010 рр. сукупні ресурси сільських домогосподарств номінально виросли і у розрахунку на одного члена домогосподарства становили в 2010 р. 1167,7 грн., що в 7,3 рази більше, ніж у 2000 р. З урахуванням індексу споживчих цін сукупні доходи збільшились приблизно у 2,7 рази.

За розрахунками, здійсненими Інститутом демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи Національної академії наук на основі матеріалів Держкомстату, рівень бідності у 2010р. порівняно з 2009р. знизився на 2 в.п. і становив 24%. Межа бідності²² досягла рівня 944 грн. у середньому на одну особу на місяць і збільшилася порівняно з попереднім роком на 13%. У стані бідності перебувало близько 10,7 млн. осіб (3,5 млн. домогосподарств), що відповідно на 9% менше, ніж у попередньому році. Бідними були 32% сільських домогосподарств. Отже, в Україні до сих пір існує чітка залежність показників бідності від типу населеного пункту і місцевості проживання домогосподарства. Населення, яке проживає в містах, має значно менший рівень бідності, порівняно з бідністю в сільській місцевості. Причому за останні роки спостерігається зростання диференціації у матеріальному забезпеченні між міським і сільським населенням (табл. 1.2)²³.

Таблиця 1.2.

Показники бідності за місцевістю проживання, %

Місцевість проживання	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Місто	25,4	23,2	22,1	23,0	21,5	21,0	20,8
Село	28,7	35,2	37,9	38,4	38,2	38,0	37,9
Україна	26,4	27,1	27,3	28,1	27,0	26,0	24,0

Так, у сільській місцевості протягом 1999–2008 рр. спостерігається тенденція до зростання рівня бідності, в 2008 р. рівень бідності в сільській місцевості склав 38,2%. Починаючи з 2009 року спостерігається незначне зменшення рівня бідності в країні в цілому та в сільській місцевості також. Але, не дивлячись на це, в сільській місцевості ймовірність бідності більша, ніж у містах в 1,8 разів.

Отже, на сьогодні окремою визначальною характеристикою бідності в Україні, як і в більшості країн перехідного періоду, виступає місцевість проживання, адже всі показники бідності підвищуються зі зменшенням розміру населеного пункту.

Національна Доповідь про людський розвиток пропонує відносно нову для України концепцію соціального відторгнення, що можна визначити як процес, за якого окремі групи населення або окремі люди не мають можливості повною мірою брати участь у суспільному

²² Національна межа бідності становить 75% медіанного рівня середньомісячних сукупних еквівалентних витрат однієї особи

²³ Людський розвиток в Україні: мінімізація соціальних ризиків (колективна науково-аналітична монографія) / За ред. Е.М.Лібанової. – К.: Ін-т демографії та соціальних досліджень ім. М.В.Птухи НАН України, Держкомстат України, 2010. – 496 с.

житті внаслідок своєї бідності, відсутності базових знань і можливостей, або в результаті дискримінації. Це відокремлює їх від працевлаштування, отримання доходів і можливості навчання, а також від соціальних і суспільних інститутів та заходів. Вони мають обмежений доступ до влади та прийняття рішень органами влади і, таким чином, часто не можуть взяти участь у процесах розроблення та прийняття рішень, що впливають на їх повсякденне життя²⁴. Дане дослідження також підтверджує, що імовірність відторгнення через низькі доходи є обернено пропорційною розміру населеного пункту. Так, у сільській місцевості ризик на 42 відсотка перевищує середній і в 2,2 рази – ризик у великих містах. Проживання в столиці знижує ризик відторгнення на 64 відсотка порівняно з середнім, на 66 відсотків – порівняно з малими містами та на 75 відсотків – порівняно із селами (Таблиця 1.3.).

Таблиця 1.3.

Ризики відторгнення через низькі доходи порівняно з середнім за розміром населеного пункту, 2008 рік (рази)

Тип населеного пункту	Ризик відторгнення
Село	1,42
Мале місто	1,05
Велике місто	0,65
Столиця (м.Київ)	0,36
У середньому по Україні	1,00

Отже, можемо зробити висновок, що при існуючих певних позитивних тенденціях рівень життя сільського населення залишається низьким як порівняно з міським населенням, так і з іншими країнами. Основними причинами є: обмеженість сільського ринку праці, відсутність інституційної підтримки малого та середнього бізнесу, низька оплата праці, певні диспропорції в заробітній платі, важкі умови праці тощо.

Використання методів економіко-математичного моделювання надає можливість проводити оптимізацію виробничих і соціальних завдань, прийняття управлінського рішення на мікро- та макрорівнях.

²⁴ Національна Доповідь про людський розвиток «Україна: на шляху до соціального залучення» / За ред. Е.М.Лібанової. – К.: Програми розвитку ООН в Україні, 2011. – 124 с.

Україна – це країна з потужним агропромисловим потенціалом та величезними перспективами розвитку сільського господарства. Вона володіє сприятливими кліматичними умовами і якісними земельними ресурсами, наявність яких свідчить про можливість ефективного розвитку сільськогосподарського виробництва.

Аграрний сектор є важливою стратегічною галуззю української національної економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку та продовольчу незалежність нашої держави, дає значній частині сільського населення робочі місця.

Незаперечна роль аграрного сектору економіки та АПК у піднесенні життєвого рівня населення спонукає до розгляду концептуальних засад переходу до сталого розвитку в ринкових умовах господарювання. При цьому слід виходити з фундаментального положення, що сучасна економіка в цілому, та аграрна зокрема, мають бути соціально орієнтованими та екологічно збалансованими, як і природокористування, а ринкові механізми повинні доповнюватися механізмами забезпечення стійкості та сталості функціонування агроєкосистем.

Відомо, що сільське господарство є специфічною галуззю економіки. Це проявляється в тому, що, на відміну від багатьох інших галузей економіки, результати його діяльності значно залежать від природно-кліматичних умов. Тому одним із важливих напрямків розвитку сільськогосподарського виробництва є зменшення ризиків від природно-кліматичних умов та забезпечення подальшого розвитку аграрного сектора.

Серед напрямків інноваційного розвитку аграрного сектора слід визначити такі: створення та впровадження у виробництво високопродуктивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур, нових порід тварин і птиці; стимулювання агроєкологічної діяльності, зокрема розвитку альтернативного органічного агровиробництва; формування високоосвічених професійних кадрів.

Отже, незважаючи на проблеми, які притаманні сучасному етапу розвитку сільськогосподарського виробництва, Україна повинна розвивати виробничі потужності сільського господарства, щоб у найближчі декілька років наша сільськогосподарська продукція могла вийти на світовий ринок і конкурувати з продукцією інших розвинутих країн світу.



ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Основними структурними елементами аграрної сфери є:

- 1) людський капітал, аграрні послуги, аграрне виробництво, аграрні ландшафти;
- 2) людський капітал, аграрні послуги, аграрне виробництво;
- 3) людський капітал, сільські території, аграрне виробництво, аграрні ландшафти;
- 4) аграрні послуги, аграрне виробництво, аграрні ландшафти.

2. Основні складові сталого розвитку включають:

- 1) економічне процвітання, людський капітал, екологічний баланс;
- 2) економічне процвітання, соціальний прогрес, екологічний баланс;
- 3) політичну стабільність, соціальний прогрес, екологічний баланс;
- 4) економічне процвітання, соціальний прогрес, правове забезпечення.

3. Найвищий рівень рентабельності операційної діяльності за видами економічної діяльності в Україні притаманний:

- 1) промисловості;
- 2) діяльності транспорту та зв'язку;
- 3) сільському господарству, мисливству, лісовому господарству;
- 4) будівництву.

4. У структурі діючих сільськогосподарських підприємств за організаційно-правовими формами господарювання в Україні переважають:

- 1) господарські товариства;
- 2) фермерські господарства;
- 3) приватні підприємства;
- 4) виробничі кооперативи.

5. Яка кількість сільських населених пунктів в Україні була станом на 1 січня 2011 року:

- 1) 28 457;
- 2) 13 234;

- 3) 33 125;
- 4) 27 763.

6. Найбільша кількість сільського населення проживає у:

- 1) Донецькому економічному районі;
- 2) Карпатському економічному районі;
- 3) Північно-Західному економічному районі;
- 4) Північно-Східному економічному районі.

7. За даними вибіркового обстеження умов життя домогосподарств на 1 січня 2011 року в сільській місцевості України найбільша кількість домогосподарств зареєстрована у:

- 1) Донецькому економічному районі;
- 2) Карпатському економічному районі;
- 3) Північно-Західному економічному районі;
- 4) Північно-Східному економічному районі.

8. Регіони найбільш гострої демографічної і поселенської кризи:

- 1) Чернігівська, Сумська і Полтавська області;
- 2) Київська, Харківська і Донецька області;
- 3) Чернівецька, Івано-Франківська і Львівська області;
- 4) Житомирська, Закарпатська і Дніпропетровська області.

9. Райони з найнижчими можливостями працевлаштування сільських жителів на підприємствах і в організаціях розташовані переважно в:

- 1) східній та північній частинах України;
- 2) східній та південній частинах України;
- 3) західній та південній частинах України;
- 4) західній та північній частинах України.

10. Імовірність відторгнення через низькі доходи найбільш притаманна жителям:

- 1) столиці;
- 2) великих міст;
- 3) сіл;
- 4) малих міст.

2.1. Історична довідка

Математичне моделювання як кількісний інструментарій дослідника по суті своїй належить не тільки математиці - воно має самостійне значення і свою історію. Примітно, що один і той же математичний апарат зустрічається в описі різних об'єктів в різних наукових дисциплінах. Тим самим математичне моделювання є міждисциплінарною категорією. Математичні методи, що зарекомендували себе в першу чергу у фізиці і інших природничо-наукових дисциплінах, згодом, з розвитком самої математики знайшли успішне вживання і в гуманітарних науках. Економіко-математичне моделювання і моделювання аграрної сфери виявляють собою наочний приклад плідного вживання математичної ідеї в наукових дослідженнях.

Розвиток методології економіко-математичного моделювання має довгу історію. Становлення двох по суті різних наукових дисциплін - економіки і математики - протягом багатьох століть проходило за власними законами, що відображали природу цих дисциплін і одночасно перепліталися одна з одною.

Зародження економіко-математичної ідеї сходить коренями до глибокої старовини.

Очевидно апофеозом арифметичного підходу в економічних ідеях були ідеї Уільяма Петі (1623-1687), основоположника так званої класичної школи політичної економії в Англії. В своїй «Політичній арифметиці» У. Петі показав, що його увагу привертають перш за все статистичні зіставлення, розрахунки, цифри. У ній У.Петі обґрунтував початкові положення статистики, відзначивши, що «точна обізнаність государів про майно їх підданих не несе останнім ніякої шкоди». Очевидно, що історично перша модель національної економіки була створена французьким економістом Франсуа Кене (1694-1774), яка одержала назву „Економічна таблиця Кене”. Яка мала ознаки перших моделей економічної динаміки.

Успіхи вживання математичних методів в економіці яскраво виявилися за часів розвитку самої математики, і основоположних досягнень пов'язаних з розвитком математичного аналізу.

Математизація науки є закономірним і природним процесом. Якщо диференціація наукового знання приводить до появи нових гілок науки, то інтеграційні процеси в пізнанні миру приводять до своєрідної дифузії наукових ідей з однієї області в іншу.

В XVIII столітті Еммануїл Кант не тільки проголошує гасло „всяка наука настільки наука, наскільки вона математика), але і кладе ідеї аксіоматичної побудови геометрії Евкліда в основу концепції апріоризму. Тоді як в природознавстві математика швидко і міцно зайняла ведучі позиції, в області соціальних наук її успіхи виявилися скромнішими. Вживання математичних методів виявилось виправданим там де поняття носять стабільний характер і стає змістовною задачею встановлення зв'язку між цими поняттями. Моделювання є дієвим інструментарієм, що дозволяє пояснювати і прогнозувати досліджуваний спостережуваний об'єкт. Математизація економічної науки не в останню чергу обумовлена прагненням «вдягнути» свої положення і ідеї в точні абстрактні математичні форми. В той же час, математика в економіці дозволяє точно прорахувати і прогнозувати окремі процеси, що складає очевидну перевагу перед методом «на око».

Математичне моделювання економіки - цей опис математичних моделей економіки, їх створення, аналіз. Такими є, наприклад, моделювання виробничих процесів, моделі співпраці і конкуренції, моделі ринків, глобальні моделі міжгалузевого балансу, моделі Солоу, Неймана і т.п. Нарешті, економіко-математичні методи постають, як сукупність математичних методів, що використовуються для створення математичних моделей економіки. До таких, наприклад відносяться лінійне програмування, нелінійне і динамічне програмування методи дослідження операцій, у тому числі теорія ігор і т.п.

На сучасному етапі розвитку економіки вірогідність визнання практично будь-якої нової економічної теорії або концепції навряд чи не у вирішальному ступені залежить від того, якою мірою ця концепція допускає математичну формалізацію, наскільки цікавий апарат, що використовується при цьому, і наскільки вражають одержані при дослідженні моделі математичні результати. Спід визнати, що вітчизняні моделі з часів Л В Канторовича традиційно є більш прикладними, направленними на оптимізацію конкретних рішень, на протилежність західним моделям, які носять більш теоретичний характер. Відомо також, що приблизно половина Нобелівських премій по економіці присуджена за роботи на стику економіки і математики.

Не дивлячись на великий історичний період розвитку математичного моделювання аграрної сфери, проблема побудови економіко-математичних моделей далека від остаточного рішення: існують різні моделі одного і того ж об'єкту, відсутня єдина

методологічна база, не завжди надійна перевірка на адекватність.

Тому у взаємовідношенні економічного і математичного, в реальній економічній ситуації треба завжди пам'ятати, що математика лише інструментарій в руках економіста-дослідника, і аналіз подібних явищ повинен носити змістовний, економічний, фаховий, а не формальний характер.

2.2. Загальна класифікація економіко-математичних моделей

Економіко-математичне моделювання є важливою складовою інформаційного суспільства. Бурхливий процес збільшення засобів аналізу, опрацювання, передачі, зберігання інформації відповідає сучасним тенденціям розвитку науково-технічного прогресу. Проте, для прийняття ефективних рішень у будь-якій галузі та, відповідно, контролю за їх виконанням необхідні надійні методи і моделі опрацювання цієї інформації. Математичні методи і моделі є тим інтелектуальним ядром інформаційних технологій, усього процесу інформатизації суспільства, тобто є універсальним методом наукового пізнання та визначення факторів економічного зростання на перспективу.

Термін «модель» широко використовується в різних сферах людської діяльності і має безліч семантичних значень. Походить цей термін від латинського слова «*modelus*», що означає міра, зразок. Проте, ми будемо розглядати лише ті моделі, що мають значення для отримання нових знань та прогнозування зростання економічної системи.

Одне із найпоширеніших визначень моделі таке: *модель* – це абстрактне відображення реальної дійсності за допомогою будь-яких позначень, в тому числі, і математичних рівнянь і нерівностей.

Моделювання будь-якого процесу передбачає застосування *тріади моделювання*: *модель - алгоритм – програма*, або іншими словами: *маю – бажаю – яким чином досягти чи перейти від маю до бажаю* та включає три системотвірних елементи: *суб'єкта (дослідника), об'єкта дослідження, моделі, як інструменту пізнання, що опосереднює відношення суб'єкта, що пізнає, і об'єкта, який пізнають.*

Головною особливістю моделювання є те, що це метод опосередкованого пізнання за допомогою об'єкта – замітника (моделі). Модель постає як своєрідний інструмент пізнання, аналог реально існуючої системи, за допомогою якої і проводиться вивчення, дослідження і прогнозування реально існуючого об'єкта. Ця особливість моделювання і передбачає застосування при дослідженні

систем таких термінів як аналогія, гіпотези, абстракція та інших категорій і методів пізнання.

Аналогією називають судження про будь – яку подібність у деякому сенсі двох об'єктів. Визначення ступеня відповідності, подібності чи відмінності моделі є умовним і відносним та залежить від знань, умінь, професіоналізму, світогляду спостерігача і відповідною поставленою задачею. Наукова гіпотеза створюється на підставі аналогії з виконаними на практиці науковими дослідженнями. Тому аналогія пов'язує гіпотезу з експериментом.

Розрізняють такі типи моделей [2]:

- натурні – оригінал і об'єкт тотожні. Такі моделі широко використовуються в техніці з метою випробування окремих видів продукції чи агрегатів: на стадії складення певної частини виробів (двигун, мікросхема тощо);

- фізичне моделювання передбачає, що об'єкт і модель мають однакову фізичну природу. Саме таким є літак і його аналог, конструкторська модель;

- аналогове моделювання ґрунтується на аналогії явищ, що мають різну фізичну природу, але описуються однаковими математичними рівняннями;

- знакове моделювання це таке, в якому моделями є знакові утворення будь-якого виду. Розглядають вербальні моделі, схеми, графи, графіки, креслення, математичні вирази, формули, тощо, причому знакові утворення та їхні елементи завжди задаються разом із тими законами (правилами), відповідно до яких ними можна оперувати;

- математичні.

Отже, **математична модель** – це абстракція реальної дійсності (світу), в якій співвідношення між реальними елементами, а саме ті, що цікавлять дослідника, замінені співвідношеннями між математичними категоріями. Ці співвідношення, зазвичай, подаються у формі рівнянь і/чи нерівностей, відношеннями формальної логіки між показниками (змінними), які характеризують функціонування реальної системи, що моделюється. [1]

Тобто при вивченні економічних процесів або явищ за допомогою математичного моделювання, закономірності та їх взаємозв'язки описуються математичними рівняннями, які характерні для реальних об'єктів. В цьому випадку конструюють економіко-математичну модель.

За академіком Немчиновим, під економіко-математичною моделлю розуміють концентрований вираз найсуттєвіших взаємозв'язків і закономірностей процесу функціонування економічної системи в математичному виразі [3].

Базова економіко – математична модель має вигляд:

1) Цільова функція (функція мети задачі):

$$F = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{extr},$$

2) Умови – обмеження задачі:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, (i=1, \dots, k);$$

$$\sum_{j=1}^n v_{ij} x_j \geq R_i, (i=k+1, \dots, r);$$

$$\sum_{j=1}^n v_{ij} x_j = B_i, (i=r+1, \dots, m),$$

3) умови невід'ємності або природні умови:

$$x_j \geq 0, (j = 1, 2, \dots, n) .$$

Прийняті позначення:

N – загальна кількість змінних величин;

J – порядковий номер змінної;

I – порядковий номер обмеження;

M – загальна кількість обмежень;

$I=1, \dots, k$ – обмеження щодо використання ресурсів;

$i=k+1, \dots, r$ – обмеження щодо гарантованого обсягу виробництва;

$i=r+1, \dots, m$ – обмеження щодо фіксованого обсягу виробництва;

a_{ij} – норма витрат i -го виду ресурсу на одиницю виробництва по j -му виду діяльності;

v_{ij} – обсяг виробництва продукту i -го виду у розрахунку на одиницю j -го виду діяльності;

b_i – обсяг i -го виду виробничих ресурсів;

R_i – запланований обсяг виробництва продукту i -го виду;

B_i – фіксований обсяг виробництва продукту i -го виду;

c_j – оцінка змінної в цільовій функції у розрахунку на одиницю виробництва по j -му виду діяльності;

x_j – невідома (змінна) величина, що означає розмір j -го виду діяльності.

Представлена форма запису умов і цільової функції задачі, так звана, **структурна** модель. У **розгорнутому** вигляді кожна умова задачі представлена окремим математичним співвідношенням, а цільова установка – лінійною або нелінійною функцією (див. розділ 3).

Розглядаючи структурну економіко-математичну модель слід відмітити значення техніко-економічних показників. Техніко-економічні показники поділяються на :

- фактичні;
- нормативні;
- прогнозно-розрахункові.

За економічним змістом їх поділяють на:

▪ коефіцієнти витрат (a_{ij}) вказують на те, яка кількість ресурсів i -го виду витрачається на одиницю j -го виду виробничої діяльності.

▪ коефіцієнти випуску (v_{ij}) вказують на те, яка кількість продукції i -го виду вироблена в розрахунку на одиницю j -го способу виробництва.

▪ коефіцієнти пропорційності (k), що виражають певні співвідношення між змінними або їх групами щодо відношення один до одного або до величини обсягу обмеження.

Задача оптимізації має місце в тому випадку, якщо:

- існує не менше двох варіантів дій (процес вибору);
- економічна система функціонує раціонально і внаслідок цього може бути сформульована цільова установка для вибору плану дій;
- варіанти різняться між собою за ступенем реалізації мети та (або) за матеріально – грошовими витратами;
- заздалегідь не відомо, які варіанти краще відповідають сформульованим цілям.

Класифікація задач оптимізації за їх змістом впливає з істотних взаємозв'язків між елементами об'єкту дослідження, якими, в даному випадку, є аграрні і природоохоронні процеси відтворення.

Найбільш важливими є взаємозв'язки між:

- виробничими процесами однієї стадії виробництва, в ході яких виробляються різні споживчі вартості (наприклад, виробництво молока, яєць або зерна);
- виробничими процесами послідовних стадій виробництва одного виду продукції (наприклад, зерна і хлібобулочних виробів);

- різними факторами виробництва при випуску заданої кількості продукції (відносини взаємозамінності між виробничими факторами);
- витратами і обсягами виробленої продукції (ступінь інтенсифікації);
- ступенем використання наявних трудових, земельних, фондів і обсягом виробленої продукції;
- визначається суспільними потребами продукції даного виробництва і необхідним у зв'язку з цим відтворенням трудових ресурсів, а також земельних, водних і виробничих фондів;
- спеціалізацією, концентрацією виробництва і кооперацією, з одного боку, і обсягом виробленої продукції, а також необхідними у зв'язку з цим витратами суспільної праці, з іншого;
- територіальним розподілом або концентрацією і регіональною спеціалізацією виробництва, а також міжрегіональною кооперацією, з одного боку, і обсягом виробленої продукції, а також необхідними витратами суспільної праці, з іншого.

Ці залежності обумовлюють наступні задачі оптимізації:

- оптимальної спеціалізації і комбінування галузей виробництва з однієї стадії виробництва при даній структурі фондів в умовах послідовного використання можливих горизонтальних ієрархічних зв'язків;
- оптимальної координації або узгодження одна за одною стадій виробництва одного виду продукції;
- оптимальної структури витрат усередині однієї галузі виробництва при виробництві заданої кількості споживчих вартостей;
- оптимального обсягу витрат на одиницю основних засобів виробництва, тобто на одиницю корисної площі або на структурну голову худоби, оптимального рівня інтенсифікації в середині галузей виробництва;
- оптимального використання наявних трудових ресурсів, земельних і виробничих фондів;
- оптимального відтворення необхідних фондів;
- оптимальних способів виробництва, а також їх комбінацій;
- оптимального терміну використання основних засобів;
- оптимальної політики з питань капітальних вкладень, співвідношень між капіталовкладеннями на розширене відтворення та капіталовкладеннями, що направляються на заміну зношених основних фондів, а також на проведення реконструкції і технічного переозброєння основних фондів, комбінування і послідовності інвестиційних заходів;
- оптимального територіального розміщення сільськогосподарського виробництва і розміщення продуктивних сил, яке включає визначення оптимальної територіальної концентрації та регіональної спеціалізації виробництва, а також міжрегіонального

розподілу праці та кооперації.

Результатом розв'язку однієї з цих задач називається частковим оптимумом. Ці часткові оптимуми, як правило, залежать один від одного та взаємно впливають один на одного. Тому необхідно знаходити часткові оптимуми по можливості одночасно, з урахуванням їх взаємної залежності. Якщо така умова не виконується, то говорять про їх ізольоване значення.

Для дослідження економічних процесів за допомогою економіко-математичних моделей використовують такі етапи (слід відмітити, що їх кількість є умовною, бо залежить від ступеня деталізації процесу моделювання):

1. Постановка економічної проблеми та її якісний аналіз;
2. Побудова математичних моделей;
3. Математичний аналіз моделей;
4. Підготовка вихідної інформації;
5. Формалізація економічних умов. Побудова числової економіко-математичної моделі;
6. Отримання результатів розв'язку задачі і вибір одного (оптимального) із множини існуючих (альтернативних варіантів);
7. Аналіз отриманого результату: економічний та математичний аналіз, перевірка на практичну цінність розв'язків.
8. Формування рекомендацій щодо діяльності досліджуваної економічної системи на основі отриманого оптимального плану – оформлення «Бізнес-плану».

Для перевірки моделі на адекватність оригіналу і його властивостей, поставлених задач використовують поняття верифікації і валідації моделі.

Верифікація моделі - перевірка правильності структури (логіки) моделі.

Валідація моделі – перевірка відповідності здобутих результатів моделювання даних реальному процесу в економіці.

Отже, отриманий внаслідок розв'язування задачі за скореговою моделлю результат повинен бути ретельно проаналізований методами економічного та економіко-математичного аналізу. Не зупиняючись на традиційних методах економічного аналізу, відмітимо, що невід'ємною частиною роботи щодо моделювання економічних задач є **економіко-математичний аналіз** результатів їх розв'язку.

Суть економіко-математичного аналізу полягає в перевірці обґрунтованості як сформульованої моделі, так і отриманого на її основі оптимального розв'язку.

Економіко-математичний аналіз розв'язку здійснюється у вигляді ***варіантних розрахунків*** за моделями із зіставленням різних варіантів плану та у вигляді аналізу внутрішньої структури кожного з

отриманих розв'язків за допомогою **двоїстих оцінок** (оптимальних, об'єктивно-обумовлених оцінок) і **коефіцієнтів заміщення** (структурних зрушень) останньої симплексної таблиці.

Варіантні розрахунки можуть здійснюватися при незмінній структурі самої моделі, але зі зміною чисельної величини конкретних її показників, або при зміні елементів моделі: критерію оптимізації, системи обмежень, способів та видів виробничої діяльності тощо.

Для прийняття вибору проекту розвитку економічного процесу або управлінського рішення на основі варіантних розрахунків необхідний подальший економічний аналіз з використанням традиційних методів.

Економіко-математичний аналіз внутрішньої структури розв'язків за допомогою **двоїстих (подвійних) оцінок і коефіцієнтів заміщення (структурних зрушень)** дозволяє:

- вивчити стійкість оптимального плану при зміні коефіцієнтів цільової функції, коефіцієнтів «витрати-випуск», перевірки можливості включення в план видів діяльності і технологічних способів, що не увійшли в базис;

- визначити можливі зміни оптимального плану при зміні обсягів ресурсів і складу умов-обмежень.

Такий аналіз є досить ефективним засобом оцінки оптимального плану, що дозволяє не тільки вибрати проект розвитку економічного процесу, але і передбачати можливі зміни стану системи при відповідних змінах умов її функціонування.

Слід відмітити, що процес моделювання є циклічним: після останнього етапу необхідно переходити до першого і уточнювати постановку задачі згідно із отриманими результатами, потім – до другого й уточнювати математичну модель і т.д.

Для класифікації економіко-математичних моделей використовують різні класифікаційні ознаки.

За цільовим призначенням економіко-математичні моделі поділяються на теоретико-аналітичні, що використовуються під час дослідження загальних властивостей і закономірностей економічних систем, і прикладні, що застосовуються у розв'язанні конкретних економічних задач (моделі економічного аналізу, управління, прогнозування тощо).

Економіко-математичні моделі поділяють на статистичні, балансові та оптимізаційні.

Статистичні моделі - це моделі, в яких описуються кореляційно-регресійні залежності результату виробництва від одного або декількох незалежних факторів. Ці моделі широко використовуються для побудови виробничих функцій, а також при аналізі економічних систем.

Балансові моделі представляють систему балансів виробництва і розподілу продукції і записуються у формі шахових квадратних матриць. Балансові моделі служать для встановлення пропорцій і взаємозв'язків при плануванні різних галузей народного господарства.

Оптимізаційні моделі представляють систему математичних рівнянь, лінійних або нелінійних, підпорядкованих певної цільової функції і службовців для відшукування найкращих (оптимальних) рішень конкретної економічних завдання. Ці моделі, на відміну від статистичних та балансових, відносяться до класу екстремальних задач і описують умови функціонування економічної системи.

За співвідношенням екзогенних і ендогенних змінних, які включаються в модель, поділяються на відкриті і закриті. Повністю відкритих моделей не існує. Модель повинна містити хоча б одну ендогенну (та, що визначається за допомогою моделі) змінну. Повністю закриті економіко-математичні моделі, тобто такі, що не містять екзогенних змінних, функціонують вкрай рідко, бо побудова їх вимагає повного абстрагування від зовнішнього середовища. Більшість економіко – математичних моделей посідає проміжну позицію і розрізняється за ступенем відкритості (закритості).

Так, за функціональною ознакою моделі поділяють на моделі планування, бухгалтерського обліку, моделі інформаційних процесів тощо.

Для моделей народногосподарського рівня важливим є поділ на агреговані та деталізовані.

У залежності від того чи містять народногосподарські моделі просторові чинники й умови чи не містять, розрізняють моделі просторові і точкові.

За ознакою розмірності моделі класифікуються на макромоделі, локальні моделі та мікромоделі. Макроекономічні моделі будуються для вивчення народного господарства в цілому на базі укрупнених показників. Мета таких моделей полягає в розробці більш обґрунтованих перспективних планів народногосподарського розвитку на основі пізнання найважливіших економічних пропорцій і співвідношень, темпів зростання виробництва і рівнів споживання, раціональної галузевої структури.

Макромоделі в залежності від прийнятих рівнів деталізації поділяються на односекторні, двосекторні і багатосекторні. У двосекторній моделі виділяється група виробництва засобів виробництва і група виробництва предметів споживання. Однак, у двосекторній моделі в силу агрегованості показників не можливо безпосередньо вирішувати завдання, які виникають в процесі планування.

Більш повну інформацію про механізми взаємозв'язків у народному господарстві можливо відобразити за допомогою

багатосекторних моделей, в яких сфера матеріального виробництва складається з десятків, а часом і сотень самостійних систем.

В основі всіх економічних макромоделей лежить рівняння балансу

$$X - F(X) - W = Z,$$

де X - сукупний суспільний продукт;

$F(X)$ - виробнича функція (прямі витрати), що показує частку сукупного суспільного продукту, необхідну для його виробництва;

W - частка сукупного суспільного продукту, що йде на споживання;

Z - частка сукупного суспільного продукту, що йде на накопичення.

Макромоделі можуть розроблятися і для окремих галузей народного господарства, наприклад, рослинництво, машинобудування та інші на найближчу перспективу.

До локальних економічних моделей належать моделі, за допомогою яких аналізуються і прогнозуються деякі показники розвитку галузі. Наприклад, модель прогнозу розвитку науково-технічного прогресу, продуктивності праці тощо.

Мікромоделі на підприємствах розробляються для поглибленого аналізу структури виробництва. Вони дозволяють виявити резерви зростання обсягів виробництва продукції. При побудові мікромоделі широко використовуються методи математичної статистики – кореляційний та регресійний, індексний і вибірковий методи.

Оптимізаційні моделі можуть носити детермінований і стохастичний характер. У детермінованих моделях результат рішення однозначно залежить від вхідних даних. В стохастичних імовірнісних моделях – певний набір вхідних даних може дати лише з певною ймовірністю відповідний результат. Стохастичні моделі описують випадкові процеси, в яких результат завжди залишається невизначеним на відміну від детермінованих моделей, вхідна інформація яких заздалегідь визначає результат рішення.

Найбільш розроблені і практично застосовуються детерміновані моделі, що використовують апарат математичного програмування.

Оскільки економіко-математична модель відображає об'єктивні закономірності відтворення певного об'єкта або окремі сторони цього процесу за допомогою різних математичних засобів, то будь-яка модель характеризується рядом ознак, частина яких належить до відображення властивостей модельованого об'єкту (процесу), а інша частина пов'язана із самим апаратом моделювання.

В основу класифікації виділені чотири ознаки об'єкта і три ознаки за засобами побудови моделей.

Об'єкти, що моделюються розглядаються з позицій:

1) суті процесів відтворення;

- 2) тимчасових характеристик процесів;
- 3) рівнів управління процесами (об'єктами);
- 4) призначення моделей в управлінні.

В основу класифікації по засобах їх побудови покладені:

- 1) засоби моделювання і методи реалізації моделей;
- 2) структура моделей і характер залежності її компонентів;
- 3) використана інформація.

Існують різні форми зображення математичних моделей. Різновид їх обмежується чотирма найтипівішими групами – інваріантною, алгоритмічною, аналітичною, схемною.

Інваріантна форма – зображення математичної моделі безвідносно до методів, за допомогою яких може розв'язуватися поставлена задача.

Алгоритмічна форма – зображення математичної моделі у вигляді послідовності дій, які необхідно виконати, щоб при розв'язанні поставленої задачі моделювання перейти від відомих даних до шуканого результату.

Аналітична форма – зображення математичної моделі у вигляді формул та співвідношень між математичними виразами, за допомогою яких шукані в задачі моделювання результати визначаються через відомі дані.

Схемна форма – зображення математичної моделі у вигляді таблиць даних, діаграм, схем, графіків, графів.

Заслуговує на увагу моделювання методом «чорної скриньки». Незважаючи на те, що як засіб пізнання невідомого людство здавна використовувало цей метод, його усе ж пов'язують із електротехнікою.

Моделювання методом «чорної скриньки» передбачає вхідні впливи $X=\{X_1, X_2, X_3 \dots X_n\}$ та вихідні $Y=\{Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_n\}$ і потрібно встановити вид функціональної залежності $Y=F(X)$, тобто коли відомі тільки *входи і виходи* системи, а принцип перетворення входів на виходи не відомий.

Окремо виокремлюють напрямок, відомий як **синергетика** (грец. «synergeia», «synergetikos» – такий, що діє спільно, спільний, сприяння, співробітництво). Цю назву запропонував професор Штутгартського університету Герман Хакен, якого вважають засновником синергетики. Зазначений термін акцентує увагу на узгодженості, взаємодії частин системи у процесі утворення її структури як єдиного цілого.

Поряд із терміном *синергетика* часто використовують терміни *теорія складності* (complexity theory), *теорія динамічних (складних) систем* (dynamic (complex) system theory), *теорія хаосу* (chaos theory), *нелінійна динаміка* (nonlinear dynamic) або більш загальний – *нелінійна*

наука (nonlinear science), увиразнюючи при цьому принципову нелінійність, нерівноважність, складність досліджуваних явищ.

Синергетика вивчає складні системи, які містять багато підсистем різної природи, маючи на меті виявити, в який спосіб взаємодія таких підсистем приводить до виникнення нових стійких просторових, часових чи просторово-часових структур або режимів функціонування, а також досліджує характерні масштаби й швидкості перехідних процесів.

Синергетика акцентує увагу на явищах, що виникають завдяки спільній дії кількох (багатьох) факторів, кожний з яких окремо до цього явища не приводить. Синергетику часто визначають як науку про самоорганізацію.

Під **самоорганізацією** розуміють мимовільне, спонтанне самоускладнення форми (у загальнішому випадку – структури системи та законів її функціонування) унаслідок повільної та плавної зміни її параметрів. Іншими словами, самоорганізація – це утворення впорядкованих структур із хаосу. Отже, синергетика є новою узагальнювальною наукою, що вивчає основні закони самоорганізації складних систем [2].

Кожна з цих сукупностей класифікаційних ознак відображає математичну та інформаційну сторону моделей.

Класифікація моделей, їх аналіз є передумовою для побудови інтегрованої системи моделей.

Сутність інтегрованої системи полягає у вивченні об'єкта як складної динамічної системи, що складається з безлічі функціонуючих у взаємодії елементів. При цьому зміни, що відбуваються хоча б з одним елементом, відображаються на ефективності в цілому всієї системи.

Інтегрована система економіко-математичних моделей є сукупність логічно, інформаційно та алгоритмічно пов'язаних моделей, що відображають економічні, організаційні та технологічні процеси відтворення в їх об'єктивно існуючому єдності. Тільки у взаємозв'язку всіх моделей системи забезпечується комплексне вирішення завдань управління виробництвом. У систему включаються різні моделі, що відображають відтворення економічного об'єкта. Це моделі по функціонуючих показниках ефективності виробництва, таких, як продуктивність праці, собівартість одиниці продукції, валова продукція, прибуток, рентабельність, обсяг капітальних вкладень та інші показники. До інтегрованої системи належать моделі ціноутворення, моделі фінансування та кредитування, оподаткування.

Використання інтегрованої системи моделей в управлінні виробництвом можливо тільки на основі широкого застосування економіко-математичних методів і ЕОМ.

Інтегрована система моделей будується з урахуванням загальних методологічних принципів. Це принципи розвитку, єдності, відносної автономності, відповідності та адаптації.

Принцип розвитку вимагає постійного вдосконалення системи моделей, включення в її склад нових моделей, використання яких стає необхідним і можливим у міру загального вдосконалення методології планування та управління. Розвиток системи моделей вимагає відповідного розвитку інформаційного і математичного забезпечення планових і прогностичних розрахунків.

Принцип єдності означає представлення всього комплексу економіко-математичних моделей в єдиній структурі взаємопов'язаних блоків. Суттєвою вимогою є спільність методологічного підходу до побудови однотипних моделей, що використовуються на різних рівнях управління виробництвом. Найважливішою умовою виступає єдність математичного забезпечення системи.

Принцип відносної автономності передбачає можливість виділення із загальної системи моделей відносно самостійних частин, які можна розробляти і впроваджувати, не чекаючи повного завершення робіт по всій системі моделей. Цей принцип дозволяє розробляти локальні системи планових розрахунків за конкретними показниками.

Принципи відповідності та адаптації в системі економіко-математичних моделей означають відповідність системи моделей сформованим рівням управління. Моделі для кожного рівня відрізняються ступенем деталізації процесів, що відображаються. Залежно від рівня управління виділяють наступні комплекси моделей:

- регіонального (національного, обласного, районного);
- підприємств та їх підрозділів.

Враховуючи вдосконалення організаційної структури управління й методології планування, зміни структури нормативних документів, необхідно, щоб система моделей адаптувалася до умов, що змінюються, що означає реалізацію принципу відповідності.

Крім розглянутих загально методологічні принципи, виділяють ряд специфічних принципів, що мають важливе значення для побудови інтегрованої системи моделей. Це такі принципи, як принцип орієнтації на вихідні планові показники, принцип необхідної різноманітності, принцип взаємного доповнення груп моделей, принцип ув'язування моделей.

Принцип орієнтації на вихідні планові показники означає, що система моделей і рішення з її допомогою планових завдань повинна забезпечити вихід на затверджені і контрольовані планові показники. Ця умова впливає на ступінь деталізації моделей,

алгоритми і програми розрахунків і значною мірою на склад вхідної інформації.

Принцип необхідної різноманітності полягає в тому, що для адекватного відображення об'єктивних процесів в склад системи моделей слід включати різноманітні моделі, в тому числі і ті, що реалізують методи математичної статистики і математичного програмування, міжгалузевого балансу, мереживі та імітаційні моделі. Вибір математичного апарату для побудови і реалізації моделей повинен визначатися особливістю модельованого процесу і можливостями програмного і технічного забезпечення розрахунків.

Принцип взаємного доповнення груп моделей полягає в тому, що для кожного з основних блоків системи моделей доцільно виділяти три взаємодоповнюючі групи моделей, що мають специфічний напрямок. Моделі першої групи призначені для прогнозування стану ресурсів і ряду відправних показників планування. Моделі цієї підготовчої групи призначені для забезпечення вхідною інформацією розрахунку основних показників плану. Друга основна група моделей включає моделі для проведення основних оптимізаційних та балансових розрахунків, для ув'язки планових показників виробництва, матеріально-технічного забезпечення, фінансування. Моделі цієї групи забезпечують вихід на основні затверджені і контрольовані планові показники. І, нарешті, моделі третьої, заключної, групи призначені для додаткових розрахунків, наприклад, для більш детального представлення ряду натуральних і вартісних балансів, планів розподілу ресурсів на об'єкті та інших допоміжних розрахунків.

Принцип ув'язування моделей означає, що між моделями і блоками системи в цілому повинні встановлюватися три види зв'язків: логічна, інформаційна та алгоритмічна.

Логічний зв'язок визначає загальну послідовність реалізації моделей в системі, логіку взаємного погодження різноманітних моделей.

Інформаційний зв'язок будується на базі того, що результативна інформація цих моделей служить вхідною інформацією для інших. Інформаційний зв'язок між моделями характеризується горизонтальною і вертикальною зв'язками. Горизонтальна – пов'язує моделі для планування в одному об'єкті. При цьому потік інформації від моделей довгострокового планування до моделей середньо- та короткострокового планування називають орієнтуючим потоком. Вертикальні зв'язки між моделями служать відображенням реальних зв'язків у плануванні виробництва між різними рівнями управління.

Алгоритмічний зв'язок – сукупність алгоритмів і програм для перетворення вхідної та вихідної інформації по всій системі моделей.

Між загальними і специфічними принципами побудови системи економіко-математичних моделей існує нерозривний зв'язок. З урахуванням цих принципів будуються основні типи економіко-математичних моделей.

Відомі такі напрямки економіко-математичного моделювання:

- оптимізаційний (однокроковий);
- динамічний (багатокроковий або багатоперіодний);
- системний;
- імітаційний;
- стохастичний.

Постійне вдосконалення тріади математичного моделювання та її впровадження у сучасні інформаційно-моделюючі системи – це методологічний імператив. Лише його виконання дає можливість отримати таку необхідну високотехнологічну, конкурентноспроможну та різноманітну матеріальну й інтелектуальну продукцію.

Практичними завданнями економіко-математичного моделювання є:

- аналіз економічних об'єктів і процесів;
- економічне прогнозування;
- підтримка прийняття управлінських рішень.

2.3. Поняття критерію оптимальності: глобальний і локальний

Формулювання критеріїв оптимальності економічних систем є необхідною передумовою оптимізації планових рішень. У загальному випадку під критерієм оптимальності розуміється ознака, на підставі якої проводиться оцінка, порівняння альтернатив, класифікація об'єктів і явищ [2]. Критерій оптимальності функціонування економічної системи – це один з можливих критеріїв (ознак) її якості, а саме тієї ознаки, за якою функціонування системи визнається найкращим з можливих альтернативних варіантів її функціонування. У сфері прийняття економічних рішень критерій оптимальності – це показник, що виражає граничну міру економічного ефекту прийнятого господарського рішення для порівняльної оцінки можливих рішень вибору найкращого з них. Найбільш часто використовується максимум прибутку або мінімум витрат, знаходження найкращого економічного ефекту.

Критерій оптимальності зазвичай має кількісний характер і показує, наскільки один варіант краще або гірше іншого. Порядковий номер критерію визначає лише те, що один варіант краще або гірше іншого. Математичною формою критерію оптимальності в економіко-математичних моделях є цільова функція, екстремальне значення якої

характеризує гранично допустиму ефективність діяльності модельованого об'єкту.

Якщо за класифікуючу ознаку прийнятий фактор, що пов'язаний із глобалізаційними ознаками, то для системи існують глобальні критерії оптимального розвитку в масштабах Земної кулі, природно – кліматичні, екологічні аспекти, соціально-економічний критерій, а також «глобальний» (узагальнений) і локальний критерій оптимальності в конкретних системах моделей.

Якщо за класифікуючу ознаку взяти математичне формулювання, то критерії поділяються на скалярні і векторні, адитивні і мультиплікативні, інтегральні критерії в тимчасовому аспекті і інтегральні в просторовому аспекті та ін. Можлива класифікація моделей з тимчасового аспекту, за способами формування критеріїв, за способами використання критеріїв.

Найчастіше термін «глобальний» застосовується або по відношенню до критерію однорівневої моделі, або по відношенню до критерію «верхньої» моделі багаторівневої системи моделей. В останньому випадку, разом з глобальним, фігурують локальні критерії моделей нижніх рівнів, що відображають інтереси окремих господарських ланок, соціальних груп.

Поділ критеріїв на глобальний і локальний може бути застосований до будь-якої ієрархічно побудованій системі моделей, наприклад моделі галузі або підприємства.

Глобального критерію може бути дана словесне формулювання, а для вирішення практичних завдань планування та управління таке формулювання деталізується і представляється у вигляді сукупності більш конкретних локальних критеріїв. Математично глобальний критерій прийнято формулювати у вигляді скалярної цільової функції, яка узагальнено виражає все різноманіття цілей або у вигляді векторної функції, що представляє собою набір цільових функцій.

Більшість багаторівневих систем мають два рівня: верхній і нижній. Система моделей виробничої програми підприємства включає в себе моделі розрахунку загальногосподарських показників і показників окремих цехів.

Складність системи цілей пояснюється різноманіттям завдань суспільного розвитку і розвитку конкретної системи, а також тим, наскільки складні, численні і інтенсивні зовнішні зв'язки даної системи.

Підприємство є елементом більш загальних систем: галузі промисловості, економічного регіону. Тому діяльність підприємства оцінюється в рамках будь-якої з цих загальних систем за відповідними показниками. З цієї точки зору підприємство повинно найкращим чином відповідати цілям зовнішньої системи. З іншого боку, саме підприємство – складна система, елементами якої є колективи його

працівників (бригади, відділи, служби, ділянки тощо) і окремі індивідууми. Отже, діяльність підприємства має бути спрямована на найкраще забезпечення інтересів колективу і його працівників. Система критеріїв оптимальності діяльності підприємства включає обсяги випуску основних типів продукції, величину прибутку, питома вага продукції вищої категорії якості, продуктивність праці, собівартість продукції, фонд заробітної плати.

Система критеріїв галузевої системи включає задоволення суспільних потреб у виробленій продукції, економію ресурсів, впровадження досягнень науково-технічного прогресу, забезпечення надійності виконання планових завдань. Зовнішні зв'язки галузевих систем, а значить, і комплекси їх цілей, ускладнюються фактором часу, просторовою організацією, поєднанням різних підходів і аспектів планування.

Множинність цілей розвитку систем істотно ускладнює планування, особливо, якщо цілі різноспрямовані, і наближення до одних цілей віддаляє систему від досягнення інших. Таким чином виникає задача їх узгодження. Відшукування найкращих рішень за кількома критеріями називається багатокритеріальною або векторною оптимізацією.

2.4. Векторна оптимізація

Математичне формулювання задачі векторної оптимізації таке: нехай $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$, де $J = [1, N]$ - вектор змінних, зазвичай передбачається невід'ємність вектора змінних ($X \geq 0$); функціональний взаємозв'язок змінних встановлюється певними співвідношеннями, на які накладаються обмеження:

$$g_i(X) \leq b_i, i = \overline{1, M}, (2.3.1).$$

Функціонування системи оцінюється певними критеріями, які представлені у цільовій функції

$$f_k(X), k = \overline{1, K}.$$

Множину критеріїв можна представити у вигляді векторної цільової функції

$$F(X) = \{f_1(X), \dots, f_k(X)\}, k = \overline{1, K}, (2.3.2).$$

Щоб мінімізувати конкретний критерій $f_k(X)$, достатньо максимізувати $-f_k(X)$, так як $\min f_k(X) = -\max(-f_k(X))$. Тому, припускаємо, що кожна компонента векторного критерію максимізується. Задача багатоцільової оптимізації записується як векторна задача математичного програмування (ВЗМП)

$$F(X) = \{f_1(X), \dots, f_k(X)\}_{\max}, k = \overline{1, K}, (2.3.3),$$

$$g_i(X) \leq b_i, i = \overline{1, M}, (2.3.4),$$

$$X \geq 0, (2.3.5).$$

Будемо розглядати ВЗМП (2.3.3) - (2.3.5) для випадку, коли точки оптимуму $X^*_k, k = \overline{1, K}$, отримані при розв'язку задачі по кожному критерію $f_k(X), k = \overline{1, K}$ не збігаються (випадок їх збігу зустрічається вкрай рідко і таке завдання не є цікавим). Тому з математичної точки зору задача (2.3.3) - (2.3.5) є некоректною, оскільки якщо один з критеріїв досягає свого оптимуму, то поліпшення за іншими компонентами векторного критерію є неможливим. Звідси випливає, що розв'язком ВЗМП може бути тільки якесь компромісне рішення.

Особливістю задач векторної оптимізації є наявність в області допустимих значень області компромісів, в якій неможливо одночасне покращання всіх критеріїв. Плани, що належать області компромісів називають ефективними, або оптимальними за Парето (ім'я італійського економіста, який вперше сформулював проблему векторної оптимізації та принцип оптимальності розв'язку).

Введемо спочатку поняття переваги плану над іншими.

План X^0 не гірший плану X' , якщо $f_k(X^0) \geq f_k(X'), k = \overline{1, K}$. Якщо серед цих нерівностей хоча б одне строге, то план X^0 кращий X' , тобто при переході від X^0 до X' значення жодного критерію не погіршилося і хоча б одного критерію покращилося. План X^0 оптимальний за Парето (ефективний), якщо він допустимий і не існує іншого плану X' , для якого $f_k(X^0) \geq f_k(X'), k = \overline{1, K}$, і хоча б для одного критерію виконується строга нерівність.

До загального формулювання багатокритеріальної задачі можуть зводитися завдання різного змісту, які можна поділити на чотири типи.

1. Задачі оптимізації на множині цілей, кожна з яких повинна бути врахована при виборі оптимального рішення. Прикладом може служити завдання складання плану діяльності підприємства, в якому критеріями служить ряд економічних показників.

2. Задачі оптимізації на множині об'єктів, якість функціонування кожного з яких оцінюється самостійним критерієм. Якщо якість функціонування кожного об'єкта оцінюється декількома критеріями (векторним критерієм), то таке завдання називається багатовекторною. Прикладом може служити задача розподілу дефіцитного ресурсу між декількома підприємствами. Для кожного підприємства критерієм оптимальності є ступінь задоволення його потреби в ресурсі або інший показник, наприклад, величина прибутку. Для плануючого органу критерієм виступає вектор локальних критеріїв підприємств.

3. Задачі оптимізації на множині умов функціонування. Заданий спектр умов, в яких доведеться працювати об'єкту, і стосовно до кожної умови якість функціонування оцінюється деяким критерієм.

4. Задачі оптимізації на множині етапів функціонування. Розглядається функціонування об'єктів на деякому інтервалі часу, розбитому на кілька етапів. Якість управління на кожному етапі оцінюється певним (частинним) критерієм, а на безлічі етапів – загальним векторним критерієм. Прикладом може служити розподіл плану підприємства по декадах. У кожній декаді необхідно забезпечити максимальне завантаження. В результаті вийде критерій максимізації завантаження в кожній декаді кварталу.

Багатокритеріальні задачі можна також класифікувати за іншими ознаками: за варіантами оптимізації, по кількості критеріїв, за типами критеріїв, за співвідношенням між критеріями, за рівнем структуризації, наявності фактора невизначеності.

При розробці методів вирішення векторних задач доводиться вирішувати ряд специфічних проблем.

Проблема нормалізації виникає у зв'язку з тим, що локальні критерії мають, як правило, різні одиниці і масштаби виміру, і це робить неможливим їх безпосереднього порівняння. Процес приведення критеріїв до єдиного масштабу і безрозмірного вигляду називається нормуванням. Найбільш поширеними способами нормування є заміна абсолютних значень критеріїв їх безрозмірними відносними величинами

$$\overline{f_k}(X) = \frac{f_k(X)}{f_k^*}, k = \overline{1, K},$$

або відносними значеннями відхилень від оптимальних значень критеріїв f_k^*

$$\overline{f_k}(X) = \frac{f_k^* - f_k(X)}{f_k^*}, k = \overline{1, K}.$$

Проблема вибору принципу оптимальності пов'язана з визначенням властивостей оптимального розв'язку і вирішенням питання - в якому сенсі оптимальне рішення є кращим від всіх інших.

Проблема визначення пріоритету критеріїв постає, якщо локальні критерії мають різну значимість. Необхідно знайти математичне визначення пріоритету і ступінь його впливу на розв'язок задачі.

Проблема обчислення оптимуму виникає, якщо традиційні обчислювальні схеми та алгоритми непридатні для вирішення завдання векторної оптимізації.

Вирішення перелічених проблем йде в декількох напрямках. Основні напрямки:

- методи, засновані на згортанні критеріїв у єдиний;
- методи, що використовують обмеження на критерії;
- методи цільового програмування;
- методи, засновані на відшукуванні компромісного рішення;
- методи, в основі яких лежать людино-машинні процедури прийняття рішень (інтерактивне програмування).

У методах, заснованих на згортанні критеріїв, з локальних критеріїв формується один. Найбільш поширеним є метод лінійної комбінації критеріїв.

Нехай заданий вектор вагових коефіцієнтів критеріїв $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_k\}$, що характеризують важливість відповідного критерію,

$$\sum_{k=1}^K \alpha_k = 1, \alpha_k \geq 0, k = \overline{1, M}.$$

Лінійна скаляризована функція є сумою критеріїв, помножених на вагові коефіцієнти. Задача математичного програмування стає однокритеріальною і має вигляд:

$$\begin{aligned} F^0 &= \sum_{k=1}^K \alpha_k f_k(X), (\max), \\ q_i(X) &\leq b_i, i = \overline{1, M}, \\ X &\geq 0. \end{aligned}$$

Критерії можуть бути нормованими. Розв'язок, отриманий в результаті оптимізації скаляризованого критерію, ефективний.

До недоліків методу можна віднести те, що малим приростам коефіцієнтів відповідають великі прирости функції, тобто рішення задачі нестійке, а також необхідність визначення вагових коефіцієнтів.

Напрямок методів, що використовують обмеження на критерії включає два підходи:

- метод провідного критерію;
- методи послідовного застосування критеріїв (метод послідовних поступок, метод обмежень).

У методі ведучого критерію всі цільові функції крім однієї переводяться в обмеження. Нехай $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_{K-1})$ вектор, компоненти якого є нижніми межами відповідних критеріїв. Задача матиме вигляд:

$$\begin{aligned}
F &= f_1, (\max), \\
f_k &\geq \gamma_k, k = \overline{2, K}, \\
q_i(X) &\leq b_i, i = \overline{1, M}, \\
X &\geq 0.
\end{aligned}$$

Отриманий цим методом розв'язок може не бути ефективним, тому необхідно перевірити його належність до області компромісів.

Метод ведучого критерію застосовується в таких задачах, як мінімізація повних витрат за умови виконання плану по виробництву різних видів продукції, максимізація випуску продукції при обмеженні на ресурси.

Алгоритм методу послідовних поступок:

1. Критерії нумеруються в міру спадання важливості (значення).
2. Визначається значення f_1^* . Особою, що приймає рішення, встановлюється величина поступки Δ_1 , за цим критерієм.

3. Вирішується задача за критерієм f_2 з додатковим обмеженням

$$f_1(x) \geq f_1^* - \Delta_1$$

Далі пункти 2 і 3 повторюються для критерію f_2, \dots, f_k . Отриманий розв'язок не завжди належить області компромісів.

Моделювання в наукових дослідженнях почали застосовувати ще в глибоку давнину. Тривалий час методологія моделювання розвивалася незалежно від інших наук. Проте, сьогодні значення моделювання як універсального методу наукового пізнання, визначення зростання систем на перспективу важко переоцінити. І неможливо уявити наукові дослідження у будь-якій галузі без застосування математичного моделювання.

Технічні, технологічні, соціально - економічні та інші системи, що розглядає сучасна наука, все меншою мірою піддаються дослідженню звичайними теоретичними методами, хоча вони є надзвичайно потрібними і важливими. Проведення натурного експерименту є тривалим, дорогим, іноді небезпечним, а іноді і неможливим. А тому математичне моделювання є обов'язковою складовою науково-технічного прогресу.

Провідні науковці [1,2, 3], і ми, автори, підтримуємо таку думку, що економіко - математичне моделювання є інтелектуальним ядром інформаційного суспільства, яким є 21 століття.

Слід зазначити, що невизначеність, неповнота інформації в діяльності будуть існувати завжди в тій чи іншій мірі. У ринковій економіці підвищуються вимоги до надійності, адаптивності, еластичності, маневрених властивостей тощо планових рішень, адже це недоотримання прибутку. Тому застосування методології дослідження економічних систем за допомогою економіко-математичного моделювання не тільки доцільна, а і невідкладна.

Виходячи із різноманітності економічних ситуацій та необхідності їх оптимізації у 2 розділі наведена класифікація моделей, економіко-математичних моделей за різними класифікаційними ознаками та висвітлені етапи дослідження економічних процесів за допомогою економіко-математичного моделювання. Обґрунтоване поняття критерію оптимальності. Розкрита суть економіко-математичного аналізу, який полягає в перевірці обґрунтованості як сформульованої моделі, так і отриманого на її основі оптимального розв'язку.

Для поглибленого вивчення даного матеріалу пропонуємо скористатися літературними джерелами: [5-10 .]



ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- ✓ Сформулювати поняття модель, математична модель, економіко - математична модель.
- ✓ Охарактеризувати основні етапи дослідження економічних систем за допомогою економіко-математичних методів.
- ✓ Назвати основні класифікаційні ознаки економіко-математичних моделей.
- ✓ Суть методу „чорна скринька”. Його переваги і недоліки. Приклади застосування.
- ✓ Пояснити циклічність моделювання.
- ✓ Обґрунтувати поняття глобальний і локальний критерії оптимальності.
- ✓ Обґрунтувати поняття векторної оптимізації.
- ✓ Суть валідації моделі.
- ✓ Суть верифікації моделі.
- ✓ Основні типи моделей.
- ✓ Основні напрямки моделювання.
- ✓ Концептуальні засади синергетики.
- ✓ Переваги і недоліки застосування при дослідженні економіко-математичного моделювання.
- ✓ Базова модель лінійного програмування і її складові.
- ✓ Економічний зміст базової моделі ЛП.
- ✓ Обґрунтувати макро-, локальні та мікро- моделі.
- ✓ Практичні завданнями економіко-математичного моделювання.
- ✓ Тріада моделювання.
- ✓ Сфери застосування економіко-математичного моделювання.
- ✓ Зарубіжний досвід використання математичних методів і моделей у економіці.
- ✓ Ієрархічні структури: типи і види.
- ✓ Основи теорії багатоперіодної оптимізації виробництва.
- ✓ Трендові моделі прогнозування динаміки економічних показників.
- ✓ Методи оцінки адекватності взаємозв'язку “реальна дійсність – модель”.
- ✓ Сутність моделювання динаміки економічних процесів.
- ✓ Структура матриць детермінованих задач.
- ✓ Базова модель лінійного програмування: структура та характеристика.

- ✓ Основні поняття математичного моделювання.
- ✓ Поняття моделі, їх види та логіка математичного моделювання.
- ✓ Постановка задачі та етапи економіко-математичного моделювання.
- ✓ Проблеми, що виникають при математичному моделюванні та методи їх усунення.
- ✓ Характеристика ситуацій вибору рішень та можливість їх формалізації.
- ✓ Що входить в поняття “математичне моделювання”.
- ✓ Основні поняття системного моделювання.
- ✓ Основні принципи системного моделювання.
- ✓ Методи декомпозиції складних об’єктів і систем.
- ✓ Основні прийоми математичної формалізації умов .

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

На основі вивчення теоретичних основ математичного моделювання дайте відповіді на тести:

1. Яке слово пропущене в реченні?

Модель – це абстрактне відображення реальної ...	(у бланку відповідей подати одним словом)
--	---

2. Основний метод ЕММ:

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)
--

3. Розставити у відповідності до рисунку типи структур

1. Із зворотним зв'язком	<p style="text-align: center;">а</p> <p style="text-align: center;">б</p>
2. Без зворотного зв'язку	

4. Моделювання:

1	- це розв'язок економічної задачі за допомогою ППП
2	- це дослідження реальних систем за допомогою моделей, що включає побудову моделі, дослідження властивостей моделей та перенесення отриманих результатів на реальні системи
3	- це врахування всіх факторів, що впливають на розвиток підприємства та визначення їх кількісних параметрів
4	- це концентрований вираз економічних факторів і умов за допомогою математичних рівнянь та нерівностей

5. Техніко-економічні коефіцієнти (ТЕК):

1	- коефіцієнти, що записуються при невідомих (х), відображають норму затрат ресурсів або норму виходу продукції чи служать для відображення певних співвідношень
2	- коефіцієнти, що вказують яку кількість і-го ресурсу витрачають на 1-цю j-го продукту у конкурентів
3	- коефіцієнти, що вказують яку кількість і-го ресурсу витрачають на 1-цю j-го продукту у партнерів
4	- коефіцієнти, що служать для відображення певних співвідношень між контрактами

6. Розставити назви складових базової моделі у відповідності до рисунку:

1. Цільова функція	$A) \sum_{j=1}^n C_j x_j \rightarrow extr,$ $б) \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq, =, \geq) B_i, i=[1;m],$ $в) x_j \geq 0, j=[1;n]$
2. Система основних обмежень	
3. Умови невід'ємності (природні умови)	

7. Розставити у відповідності :

1. зовнішня інформація	А. відомості про внутрішній стан та функціонування системи
2. внутрішня інформація	Б. відомості про конкурентів, партнерів та чинне законодавство, демографічні, соціальні тенденції

8. До етапів дослідження за допомогою економіко-математичних моделей не належать:

1	- вивчення процесу (об'єкта) моделювання;
2	- знаходження суб'єкта моделювання;
3	- постановка економіко-математичної задачі;
4	- вибір базової економіко-математичної моделі, формалізація умов та цільової функції задачі;
5	- апробація моделі задачі на ПЕОМ.

9. Вихідна інформація повинна відповідати таким основним вимогам:

1	- достатність, стохастичність, оперативність, доступність;
2	- достовірність, великий обсяг, однозначність;

3	- достатність, оперативність, запис у зрозумілій формі;
4	- достовірність, достатність, багатозначність, оперативність;
5	- достовірність, достатність, доступність, однозначність, оперативність.

10. Вказати чи вірно, що процес моделювання передбачає такі елементи:

Суб'єкт, об'єкт та моделі, що опосередковує відношення «суб'єкт-об'єкт»	так чи ні
---	-----------

11. Як називається можливість моделі застосування її для вивчення аналогічних об'єктів або процесів:

<i>(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)</i>

12. Розставити у відповідності :

1. зовнішня інформація	А. відомості про внутрішній стан та функціонування системи
2. внутрішня інформація	Б. відомості про конкурентів, партнерів та чинне законодавство, демографічні , соціальні тенденції

11. За змістом невідомі (змінні) економіко-математичні моделі можна умовно поділити на:

- 1) основні; 2) нехарактерні; 3) неосновні;
4) допоміжні; 5) додаткові; 6) характерні.

12. Матричний спосіб представлення числової економіко-математичної моделі – це:

1	- запис умов моделі у вигляді системи алгебраїчних нерівностей та рівнянь;
2	- запис задачі у вигляді відповідної таблиці;
3	- запис у таблиці лише умов задачі;
4	- запис у таблиці лише типів та обсягів обмежень.

13. Оптимальне управління системою:

1	- це комплекс науково - обґрунтованих методів управління та застосування інформаційних систем для отримання, передачі та оброблення інформації з метою забезпечення ефективного функціонування системи
2	- сукупність елементів , що знаходяться у відношеннях та зв'язках між собою та утворюють деяку єдність
3	- це одностороння стохастична лінійна залежність між випадковими величинами показника Y і фактора X, які знаходяться у причинно-наслідкових відношеннях

4	- це тимчасова відмова економічного суб'єкта від споживання наявних у його розпорядженні ресурсів(коштів) і використання цих коштів для зростання свого добробуту у майбутньому
5	- це програма заходів пов'язаних із здійсненням капітальних вкладень з метою наступного повернення коштів та отримання прибутку

14. Соціально – економічна система:

1	- складні імовірнісні динамічні системи, в яких відбувається процеси виробництва, розподілу, обміну й споживання матеріальних та інших благ.
2	- сукупність елементів , що знаходяться у відношеннях та зв'язках між собою та утворюють деяку єдність
3	- це одностороння стохастична лінійна залежність між випадковими величинами показника Y і фактора X, які знаходяться у причинно-наслідкових відношеннях
4	- це тимчасова відмова економічного суб'єкта від споживання наявних у його розпорядженні ресурсів(коштів) і використання цих коштів для зростання свого добробуту у майбутньому

15. Яке слово пропущене в реченні?

у моделі „чорна скринька” відомі лише входи та	(у бланку відповідей подати одним словом
---	--

16. Верифікація моделі:

1	- повнота, достовірність, цінність, однозначність, актуальність вхідної інформації
2	- перевірка відповідності здобутих у результаті моделювання даних реальному процесу у економіці.
3	- детальна характеристика стратегічних планів конкурентів, що виробляють із даним одностипну продукцію
4	- перевірка правильності структури (логіки) моделі.

17. Валідація моделі:

1	- повнота, достовірність, цінність, однозначність, актуальність вхідної інформації
2	- перевірка відповідності здобутих у результаті моделювання даних реальному процесу у економіці.
3	- детальна характеристика стратегічних планів конкурентів
4	- детальна характеристика стратегічних планів партнерів по бізнесі

18. Вказати чи правильне наступне визначення :

під ЕММ розуміють концентрований вираз найсуттєвіших взаємозв'язків і закономірностей процесу функціонування економічної системи в математичній формі	Так чи ні
---	-----------

19. Яке слово пропущене в реченні?

числова ЕММ – це таке її представлення, де алгебраїчні рівняння і нерівності із коефіцієнтами.	(у бланку відповідей подати одним словом
--	--

20. Розмірність матриці визначається як:

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь)

3.1.Історична довідка

Всуто математичному плані деякі оптимізаційні задачі були відомі ще в стародавній Греції. Однак, сучасне математичне програмування передусім розглядає властивості та розв'язки математичних моделей економічних процесів. Історія предмета включає в себе, з одного боку, історію математичних джерел та методів, а з другого – історію застосування цих методів у прикладних галузях, насамперед в економіці. Тому початком його розвитку як самостійного наукового напрямку слід вважати перші спроби застосування методів математичного програмування в прикладних дослідженнях, насамперед в економіці.

З відомих нам математичних робіт основному методу лінійного програмування – симплексному – передували праці Ш. Фур'є (1823 р.), який розглядав задачу визначення найменшого максимального відхилення в розв'язках систем рівнянь. Ним ця задача була зведена до знаходження найнижчої точки многогранника n -вимірному простору, яку визначали послідовним перебором усіх вершин многогранника. Ідея Фур'є і лягла в основу симплексного методу.

Дальші математичні праці К. Гаусса, К. Жордана та інших лягли в основу методів лінійного програмування.

Як найпершу економічну модель, що містила деякі найпростіші ідеї лінійного програмування, слід назвати «Економічну таблицю» Ф.Кене, складену ним близько 1758 р., в якій досліджено взаємозв'язки між землевласниками, селянами і ремісниками.

Справжнім початком математичного програмування в сучасному розумінні вважають праці радянського вченого Л. В. Канторовича. Наприкінці 30-х років у Ленінградському університеті ним уперше були сформульовані та досліджувались основні задачі, критерії оптимальності, економічна інтерпретація, методи розв'язання та геометрична інтерпретація результатів розв'язання задач лінійного програмування (1939 року Л. В. Канторович оприлюднив монографію «Математичні методи організації і планування виробництва»). Сам термін «лінійне програмування» був введений дещо пізніше, 1951 року, у працях американських вчених Дж. Данцига та Г. Кумпанса. Однак у своїй монографії Дж. Данциг зазначає, що Л. В. Канторовича слід визнати першим, хто виявив, що широке коло важливих виробничих задач може бути подане у чіткому математичному

формулюванні, яке уможливило підхід до таких задач з кількісного боку та розв'язання їх чисельними методами.

В 1947 р. Г. Купманс звернув увагу на широкі можливості моделей лінійного програмування в економічних задачах.

1947 року Дж. Данцигом також був розроблений основний метод розв'язування задач лінійного програмування - симплексний метод, що вважається початком формування лінійного програмування як самостійного напрямку в математичному програмуванні. Наступним кроком стали праці Дж. Неймана (1947 р.) щодо розвитку концепції двоїстості, що уможливило розширення практичної сфери застосування методів лінійного програмування.

Одночасно зростає інтерес і до інших типів задач математичного програмування.

Важливе значення для розвитку математичного програмування мали праці Дж. Неймана. Американський математик Р. Белман заклав основи динамічного програмування (1954).

Періодом найінтенсивнішого розвитку математичного програмування є п'ятдесяті роки. У цей час з'являються розробки нових алгоритмів, теоретичні дослідження з різних напрямків математичного програмування: 1951 року – праця Г. Куна і А. Таккера, в якій наведено необхідні та достатні умови оптимальності нелінійних задач; 1954 року – Чарнес і Лемке розглянули наближений метод розв'язання задач з сепарабельним опуклим функціоналом та лінійними обмеженнями; 1955 року – ряд робіт, присвячених квадратичному програмуванню. У п'ятдесятих роках сформувався новий напрямок математичного програмування – динамічне програмування, значний вклад у розвиток якого вніс американський математик Р. Белман.

На жаль, у період найбухливішого розвитку математичного програмування за кордоном у Радянському Союзі не спостерігалось значних досягнень через штучні ідеологічні обмеження. Відродження досліджень з математичного моделювання економіки почалося в 60-80-тих роках і стосувалося опису «системи оптимального функціонування соціалістичної економіки». Серед радянських вчених того періоду слід виокремити праці В. С. Немчинова, В. В. Новожилова, Н. П. Федоренка, С. С. Шаталіна, В. М. Глушкова, В. С. Михалевича, Ю. М. Єрмольєва та ін.

На сучасному етапі математичне програмування включає широке коло задач з відповідними методами розв'язання, що охоплюють різноманітні проблеми розвитку та функціонування реальних економічних систем.

Тепер у зв'язку з величезним ускладненням економічних процесів, що відбуваються в народному господарстві, завдяки бурхливому розвитку швидкодіючої обчислювальної техніки і

автоматизованих систем збирання і обробки економічної інформації та автоматизованих систем управління роль математичного програмування постійно зростає.

Розробляються банки економіко-математичних моделей, які в поєднанні з потужною, швидкодіючою обчислювальною технікою та сучасними програмними продуктами утворюватимуть системи ефективної підтримки прийняття рішень у різних галузях економіки.

3.2.Предмет математичного програмування

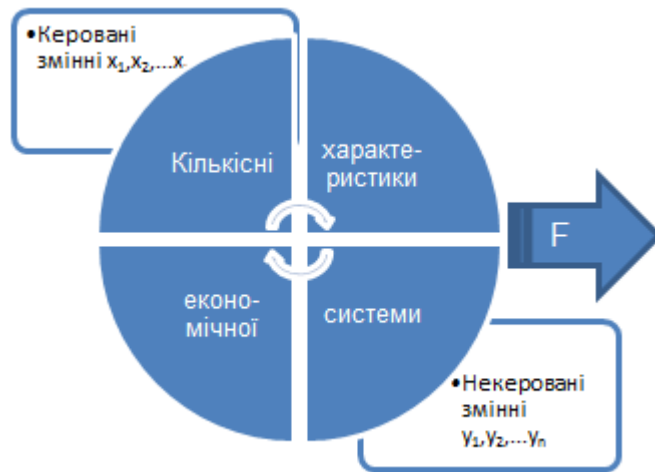
Щоб зрозуміти суть певної науки, слід з'ясувати об'єкт її дослідження, мету дослідження та методи, якими вона користується.

Метою науки є пізнання об'єктивних законів, які визначають досліджувані явища, та розробка методів і засобів зміни цих явищ в корисному для людини напрямі.

Математичне програмування є одним з основних інструментів дослідження операцій – науки, що займається оптимізацією структури і функціонування великих організаційно-управлінських систем, незалежно від їх суспільне корисного призначення. Прикладом систем можуть бути народне господарство в цілому, окремі його галузі, окремі великі підприємства, системи охорони здоров'я, освіти тощо.

Дослідження операцій включає всі етапи вивчення таких систем, починаючи від виявлення мети роботи системи і мети дослідження та кінчаючи встановленням робочих процедур приведення системи до стану оптимального функціонування; роль математичного програмування полягає в знаходженні надійних і якомога простіших методів розв'язування відповідних математичних задач (моделей). Оскільки цей етап посідає одне з центральних місць у всьому дослідженні, розвитку математичного програмування приділяється постійна увага і тепер воно є найбільш досконалим і дієвим засобом дослідження операцій.

Розглянемо задачі, які є об'єктом математичного програмування, та визначимо, чим вони характеризуються. Вже із зазначеного можна зробити висновок, що це задачі на знаходження екстремальних значень деяких функціональних залежностей. Справді, кожна велика система функціонує заради досягнення певної мети.



В ідеальному випадку ступінь її досягнення і вся сукупність операцій, що відбуваються в системі, і від яких залежить ступінь досягнення мети системи, мають кількісну міру, тобто можуть бути описані математично. Деякі з таких кількісних характеристик, позначимо їх C_k ($k = 1, 2, \dots, l$), бувають незмінними, постійними для певної системи чи певних умов. Це так звані параметри задачі. Інші мають характер змінних величин, незалежних і залежних, детермінованих чи випадкових. Незалежні змінні поділяють на дві групи:

1. x_j ($j = 1, 2, \dots, n$) – керовані змінні, значення яких можна змінювати у деякому інтервалі;

2. y_i ($i = 1, 2, \dots, s$) – некеровані змінні, значення яких не залежить від волі людей і визначається комплексом зовнішніх умов або ж параметрами системи; їх можна вважати змінними параметрами задачі.

При цих умовах, як правило, вдається встановити функціональну залежність між величиною F , якою вимірюється ступінь досягнення мети системи, і незалежними змінними та параметрами системи.

$$F = f(x_j, y_i, c_k) \quad (3.1)$$

Ця функція називається *цільовою функцією*, або ж функцією ефективності, оскільки її значення є мірою ефективності роботи системи по досягненню певної мети.

Завдання полягає в тому, щоб вибрати такі значення керованих змінних x_j , які б надавали функції ефективності максимуму, тобто слід знайти

$$F^* = \max f(x_j; y_i; c_k)$$

Однак можливості вибору значень керованих змінних практично завжди обмежені. Обмеження ці залежать насамперед від зовнішніх щодо системи умов, а також і від параметрів самої системи. Усі ці обмеження в ідеальному випадку також можна описати системою математичних рівностей та нерівностей

$$g_r(x_j; y_i; c_k) \leq 0, \quad (r = 1, 2, \dots, m) \quad (3.2)$$

Система (3.2) називається *системою обмежень*, або *системою умов* задачі. Вирази (3.1) та (3.2) і становлять математичну модель системи.

При складанні математичної моделі необхідно дотримуватись загального правила: врахувати все істотне, суттєве в даному явищі чи процесі і нехтувати всім другорядним, неістотним. Лише в цьому випадку модель буде *адекватною* і *раціональною*, тобто відображатиме суть явища, а деталізація окремих його сторін задовольнятиме вимогам дослідження, але буде надмірною, оскільки це ускладнює задачу.

Всякий набір змінних (x_1, x_2, \dots, x_n) , що задовольняє систему обмежень (3.2), називається *планом задачі математичного програмування*. Очевидно, кожний такий план зумовлює певний спосіб, стратегію, програму дій його реалізації, певне рішення стосовно роботи системи. Саме з словом «програма» (дій) і пов'язана назва предмета «математичне програмування». Сукупність усіх розв'язків системи (3.2), тобто *множина планів*, утворює область *допустимих значень*, або *область означення* задачі математичного програмування.

Задача оптимізації цільової функції (3.1) при умовах (3.2), накладених на незалежні змінні, і є *загальною задачею* математичного програмування. Саме ця задача – *об'єкт* математичного програмування,

а знаходження оптимуму цільової функції – його *мета*. Отже, загальна задача математичного програмування – це *задача відшукування умовного екстремуму цільової функції* (3.1) при умовах (3.2).

План, що надає цільовій функції оптимального значення, називається оптимальним. Оптимальний план і є розв'язком задачі математичного програмування (3.1) – (3.2).

В прикладному розумінні об'єктом математичного програмування є реальні системи, що описуються загальною задачею (3.1) – (3.2), а його метою – їх оптимізація.

Система обмежень (3.2) задачі може бути сумісною або несумісною. Сумісна система обмежень визначає в n -вимірному точковому

(векторному) просторі область означення задачі, інакше, область існування планів задачі. Кожна точка області означення є планом задачі, а сама область є *множиною планів* задачі. В більшості задач область існування планів задачі обмежена, але трапляються випадки необмеженості множини планів. Це часто зумовлює необмеженість зверху чи знизу цільової функції задачі, що звичайно, не відповідає дійсності і є результатом некоректної (неточної чи неправильної) постановки задачі, означаючи найчастіше відсутність якогось істотного обмеження. Формулювання задачі буде також некоректним, якщо система обмежень задачі несумісна, суперечлива; тоді множина планів задачі, очевидно, не містить жодного плану і буде порожньою. Таке положення найчастіше виникає через введення в задачу зайвих, насправді неістотних обмежень. Зауважимо також, що коректність постановки задачі потребує її стійкості в малому, тобто такої її структури, при якій всякій малій зміні параметрів задачі відповідає мала зміна або незмінність її розв'язку. Ця вимога пов'язана з тим, що параметри всякої конкретно практичної задачі визначаються наближено, з певною точністю; при цьому задана точність визначення параметрів не повинна впливати на результати розв'язку.

3.3.Класифікація задач математичного програмування

Класифікація задач математичного програмування залежить від критерію, згідно з яким вона проводиться. Маючи на увазі насамперед застосування математичних методів в економіці, можна було б провести таку класифікацію за якісно відмінними між собою типами економічних процесів. Однак такий підхід більш природний при класифікації моделей економічних процесів. Математичне програмування передусім строго математична дисципліна і тому критеріями класифікації мають тут бути в основному математичні структури (властивості) задач і методів їх розв'язування. У цьому пункті і дається певна математична класифікація розглядуваних далі задач. Зауважимо, що та сама задача з погляду різних математичних критеріїв може належати до кількох класів, оскільки кожен критерій підкреслює лише одну якість задачі на противагу деякій іншій, тобто поділяє всі задачі на два класи (чи підкласи в середині певного класу).

Два великих і основних класи становлять лінійні і нелінійні задачі. Критерієм лінійності задачі є лінійність функції мети (3.1) та всіх обмежень (3.2), тобто вони не повинні містити інших, ніж одиниця і нуль, степенів змінних x_i та будь-яких добутків цих змінних. В усіх

інших випадках задача буде нелінійною. Величезною перевагою лінійних задач є те, що вони завжди розв'язуються; створено універсальні відносно прості методи знаходження їх розв'язку (симплексний метод). Однак часто лінійна модель буває неадекватною і доводиться будувати нелінійні моделі, розв'язати які набагато складніше. Загального, універсального методу знаходження розв'язку таких задач немає. Для окремих типів нелінійних задач розроблено значну кількість спеціальних методів розв'язування. Тому і математичне програмування поділяють на два основних розділи; *лінійне програмування і нелінійне програмування*.

Далі розрізняють дискретні та неперервні задачі. Дискретною називають задачу з усіма або деякими змінними, які набувають лише певних дискретних, зокрема цілочисельних, значень. Методи розв'язування таких задач увійшли до розділу *дискретного, зокрема цілочисельного, програмування*. Якщо всі змінні можуть набувати всіх значень у деяких інтервалах числової осі, то задача буде *неперервною*.

Важливим є критерій, за яким задачі поділяють на детерміновані і стохастичні. Детерміновані задачі не містять випадкових змінних і параметрів, що підлягають статистичним розподілам. Очевидно, і у відповідних процесах випадкові явища не відіграють істотної ролі. Якщо ж ці явища становлять суть процесу чи помітно впливають на його перебіг, то адекватна математична модель буде стохастичною, тобто такою, що містить випадкові функції і величини. Відповідний розділ математичного програмування, що займається вивченням структури і розв'язуванням цих задач, називається *стохастичним програмуванням*.

Тепер розглянемо відмінність між однокроковими і багатокроковими, або динамічними та статистичними задачами. Багатокроковість як метод розв'язування задач математичного програмування, пов'язана насамперед з багатовимірністю задачі, коли, послідовно застосовуючи індукцію, крок за кроком знаходять оптимальні значення множини змінних.

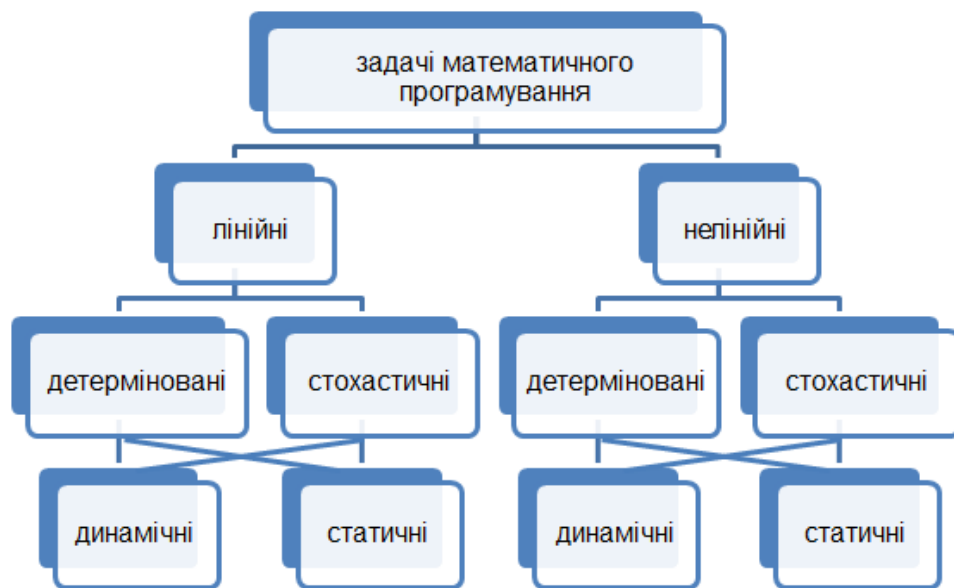
Необхідність приймати рішення поетапно пов'язана також і з тим, що істотну роль в задачі відіграє фактор часу чи деяка визначена послідовність операцій. Методи розв'язування багатокрокових задач об'єднано в розділ, що називається *динамічним програмуванням*. Однокрокові задачі, навпаки, характеризуються тим, що всі компоненти вектора оптимального плану задачі визначають одночасно за один останній крок алгоритму. Багато задач математичного програмування можна розглядати і як однокрокові, і як багатокрокові, залежно від способу їх розв'язування. Якщо задачу можна розв'язати як однокрокову, методи динамічного програмування недоцільні. Проте цілий ряд задач можна розв'язати лише при умові послідовного прийняття певних рішень.

Економічні та технологічні процеси, як правило, є нелінійними, стохастичними, розвиваються за умов невизначеності. Лінійні економіко-математичні моделі часто є неадекватними, тобто такими, що неточно описують процес, який досліджується, тому доводиться будувати стохастичні, динамічні, нелінійні моделі. Розв'язувати такі задачі набагато складніше, ніж лінійні, оскільки немає універсального методу їх розв'язання. Для окремих типів нелінійних задач розроблено спеціальні числові методи розв'язання. Проте слід зазначити, що на практиці застосовують, здебільшого, лінійні економіко-математичні моделі. Часто нелінійні залежності апроксимують (наближають) до лінійних. Такий підхід є доволі ефективним.

У нелінійному програмуванні (залежно від функцій, які використовуються в економіко-математичній моделі) виокремлюють опукле та квадратичне програмування. Задача належить до опуклого програмування у тому разі, коли цільова функція вгнута, якщо вона мінімізується, та опукла, якщо вона максимізується, а всі обмеження – однотипні нерівності типу ($<$) або рівняння, в яких ліві частини є опуклими функціями, а праві частини – сталими величинами. У разі обмежень типу ($>$) їх ліві частини мають бути вгнутими функціями. Тоді область допустимих планів є опуклою та існує глобальний, єдиний екстремум. Квадратичне програмування – якщо цільова функція квадратична, а обмеження лінійні.

Щойно було розглянуто лише основні типи задач математичного програмування. Можна також за різними ознаками виокремити й інші підтипи. Це особливо стосується задач лінійного, нелінійного і стохастичного програмування. Наприклад, як окремий тип розглядають дробово-лінійне програмування, коли обмеження є лійними, а цільова функція – дробово-лінійна. Особливий тип становлять задачі теорії ігор, які широко застосовуються в ринковій економіці. Адже тут діють дві чи більше конфліктних сторін, які мають частково або повністю протилежні цілі. У сукупності задач теорії ігор, у свою чергу, також виокремлюють певні підтипи.

Наведена вище класифікація задач використана для структурування уявлень про класи задач математичного програмування.



Починаючи з робіт Л. В. Канторовича, в математичному програмуванні сформовано певний набір класичних постановок задач, економіко-математичні моделі яких широко використовуються в практичних дослідженнях економічних проблем.

Складність економічних систем (явищ, процесів) як об'єктів досліджень вимагає їх ретельного вивчення з метою з'ясування найважливіших функціональних залежностей, внутрішніх взаємозв'язків між їхніми елементами. В результаті здійснюються можливі спрощення та допущення, що, очевидно, погіршує адекватність побудованих математичних моделей і є чудовим приводом для критики. Однак лише прийняття певних допущень уможливорює формалізацію будь-якої економічної ситуації.

У процесі застосування математичного моделювання в економіці чітка постановка задачі та її формалізація є найскладнішим етапом дослідження, вимагає ґрунтовних знань передусім економічної суті процесів, які моделюються. Однак, вдало створена математична модель може надалі застосовуватись для розв'язування інших задач, які не мають відношення до ситуації, що початкове моделювалася. Наведемо кілька вже формалізованих типових постановок економічних задач, що розв'язуються методами математичного програмування (більшість сформульованих задач будуть вивчатися в наступних розділах).

Всі розглянуті задачі залежно від наявності та точності початкової інформації, мети дослідження, ступеня врахування невизначеності, специфіки застосування до конкретного процесу можуть бути сформульовані як у вигляді статичних, детермінованих, неперервних лінійних задач, так і в складнішій постановці, де один, кілька чи всі

параметри визначаються з певним рівнем імовірності та використовуються нелінійні залежності.

Задача визначення оптимального плану виробництва: для деякої виробничої системи (цеху, підприємства, галузі) необхідно визначити план випуску кожного виду продукції за умови найкращого способу використання наявних ресурсів. У процесі виробництва задіяний визначений набір ресурсів: сировина, трудові ресурси, технічне обладнання тощо. Відомі загальні запаси ресурсів, норми витрат кожного ресурсу та прибуток з одиниці реалізованої продукції. Задаються також за потреби обмеження на обсяги виробництва продукції у певних співвідношеннях (задана асортиментність).

Критерії оптимальності – максимум прибутку, максимум товарної продукції, мінімум витрат ресурсів.

Задача про «дієту» (або про суміш): деякий раціон складається з кількох видів продуктів. Відомі вартість одиниці кожного компонента, кількість необхідних організму поживних речовин та потреба в кожній речовині, вміст в одиниці кожного продукту кожної поживної речовини. Необхідно знайти оптимальний раціон – кількість кожного виду продукту, що враховує вимоги забезпечення організму необхідною кількістю поживних речовин.

Критерій оптимальності – мінімальна вартість раціону.

Транспортна задача: розглядається певна кількість пунктів виробництва та споживання деякої однорідної продукції (кількість пунктів виробництва та споживання не збігається). Відомі обсяги виготовленої продукції в кожному пункті виробництва та потреби кожного пункту споживання. Також задана матриця, елементи якої є вартістю транспортування одиниці продукції з кожного пункту виробництва до кожного пункту споживання. Необхідно визначити оптимальні обсяги перевезень продукції, за яких були б найкраще враховані необхідності вивезення продукції від виробників та забезпечення вимог споживачів.

Критерії оптимальності – мінімальна сумарна вартість перевезень, мінімальні сумарні витрати часу.

Задача оптимального розподілу виробничих потужностей: розглядаються кілька підприємств, що виготовляють певну кількість видів продукції. Відомі фонд робочого часу кожного підприємства; потреби в продукції кожного виду; матриця потужностей виробництва всіх видів продукції, що виготовляються на кожному підприємстві, а також собівартості виробництва одиниці продукції кожного підприємства. Необхідно розподілити виробництво продукції між підприємствами у такий спосіб, щоб задовольнити потреби у виготовленні продукції та максимально використати виробничі потужності підприємств.

Критерій оптимальності – мінімальні сумарні витрати на виготовлення продукції.

Задача про призначення: нехай набір деяких видів робіт може викопувати певна чисельність кандидатів, причому кожного кандидата можна призначати лише на одну роботу і кожна робота може бути виконана тільки одним кандидатом. Відома матриця, елементами якої є ефективності (у вибраних одиницях) кожного претендента на кожній роботі. Розв'язком задачі є оптимальний розподіл кандидатів на посади.

Критерій оптимальності – максимальний сумарний ефект від виконання робіт.

Задача комівояжера: розглядається кілька міст. Комівояжеру необхідно, починаючи з міста, в якому він перебуває, обійти, не буваючи ніде двічі, всі міста і повернутися в початкове. Відома матриця, елементи якої – вартості пересування (чи відстані) між всіма попарно пунктами подорожі. Знайти оптимальний маршрут.

Критерій оптимальності – мінімальна сумарна вартість (відстань) пересування по маршруту.

Задача оптимального розподілу капіталовкладень. Планується діяльність групи (системи) підприємств протягом деякого періоду, який розділено на певну кількість підперіодів. Задана сума коштів, які можна вкласти в будь-яке підприємство чи розподіляти між ними протягом всього періоду планування. Відомі величини збільшення виробництва продукції (за умови здійснення додаткових капіталовкладень) у кожному з підприємств групи для всіх підперіодів. Необхідно визначити, як розподіляти кошти на початку кожного півперіоду між підприємствами так, щоб сумарний дохід за весь період був максимальним.

3.4. Загальна задача лінійного програмування

Математичне програмування – це розділ математики, який розробляє теорію і чисельні методи розв'язку оптимізаційних задач, в яких цільова функція прямує на $\text{extr}(\min/\max)$, а система обмежень наведена у вигляді лінійних або нелінійних рівнянь чи нерівностей.

Усі математичні методи поділяються на аналітичні, графічні, кількісні (чисельні).

За допомогою аналітичних методів, перш за все, проводять дослідження у загальному вигляді, незалежно від кількісних параметрів системи. Однак такі методи застосовують тільки для найпростіших задач. Графічні методи характеризуються наглядністю розв'язку, зручністю, якщо не вимагається висока точність або цікавою є якісна сторона об'єкта. Кількісні методи задаються формулою або точною вказівкою про послідовність виконання кроків (алгоритм), застосування яких призводить до бажаного результату.

Базова модель лінійного програмування має вигляд:

1. Цільова функція (функція мети)

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \rightarrow \text{extr}(\min/ \max)$$

Система обмежень і умов:

2. $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, (i = 1; 2; \dots, m_1)$

3. $\sum_{j=1}^n v_{ij} x_j \geq R_i, (i = m_1 + 1, \dots, m_2)$

4. $\sum v_{ij} x_j = B_i, (i = m_2 + 1, \dots, m)$

5. Умови невід'ємності змінних (природні умови)

$$x_j \geq 0, j = 1; 2; \dots, n$$

Прийняті позначення:

n – загальна кількість змінних величин;

j – порядковий номер змінної;

i – порядковий номер обмеження;

m – загальна кількість обмежень;

m_1 – кількість обмежень з використання ресурсів ($m_1 \in m$);

m_2 – кількість обмежень по гарантованих обсягах виробництва ($m_2 \in m$);

a_{ij} – затрати i -ого ресурсу на одиницю j -ої продукції;

v_{ij} – обсяг виробництва i -го виду в розрахунку на одиницю j -го виду виробництва;

b_i – обсяг i -го виду виробничих ресурсів;

R_i – гарантований обсяг виробництва i -го виду продукції;

B_i – фіксований обсяг виробництва i -го виду продукції;

C_j – оцінка змінної у цільовій функції, тобто ціна або собівартість одиниці продукції;

X_j – (основна змінна) розмір j -го виду діяльності.

Такий запис економічної задачі називають *структурною економіко-математичною моделлю*.

Задача лінійного програмування – це задача, в якій цільова функція (1) та обмеження (2-4) є лінійними функціями, тобто вони містять змінні X_j у першому або нульовому степені. В усіх інших випадках задача буде нелінійною. Важливою перевагою лінійного програмування є те, що для їх розв'язку розроблений універсальний метод, який називається симплексним методом. Для деяких задач лінійного програмування, що мають особливу структуру, розробляють спеціальні методи розв'язування, які є ефективнішими в цьому випадку. Наприклад, транспортну задачу можна розв'язати симплексним методом, але ефективнішими є інші методи, наприклад, метод потенціалів.

Розв'язувати нелінійні задачі набагато складніше, ніж лінійні, оскільки немає універсального методу розв'язування таких задач. Для окремих типів нелінійних задач розроблено численні спеціальні ефективні методи розв'язування. Проте, слід зазначити, що на практиці застосовують, здебільшого, лінійні економіко-математичні моделі. Часто нелінійні залежності апроксимують (наближають) лінійними. Такий підхід на практиці доволі ефективний.

Основна ідея математичного програмування – це ідея оптимізації, тобто знаходження оптимального плану розвитку досліджуваної системи:

$$X^* = (X_1^*; X_2^*; \dots X_n^*), \quad Z(x^*) \rightarrow \text{extr};$$

де $X^* = (X_1^*; X_2^*; \dots X_n^*)$ – вектор X , координати якого задовольняють систему обмежень (2-4), називають *допустимим* розв'язком або допустимим планом задачі. Сукупність допустимих розв'язків (планів) задачі утворює *область допустимих* розв'язків задачі.

Опорним планом задачі лінійного програмування називається план, утворений координатами вершин многогранника планів задачі. *Опорний* план – це план, який задовольняє не менш, ніж n лінійно незалежних обмежень (2-4) у вигляді строгих рівностей разом з обмеженнями щодо знаку (5).

Опорний план, за якого цільова функція досягає свого максимального (мінімального) значення, називається *оптимальним* розв'язком (планом) задачі лінійного програмування.

Опорний план називається *невиродженим*, якщо він є вершиною многогранника планів задачі, утвореною перетином n лінійно залежних обмежень – строгих рівностей. У іншому випадку опорний план є *виродженим*.

Теорема: якщо задача лінійного програмування має розв'язки і серед них є опорні, то хоча б один із них буде оптимальним.

Сукупність усіх розв'язків задачі лінійного програмування є многогранною опуклою множиною, яку називають *многогранником розв'язків (симплексів)*.

Якщо задача лінійного програмування має оптимальний план, то екстремального значення цільова функція набуває в одній із вершин многогранника розв'язків. А коли цільова функція набуває екстремального значення більш як в одній вершині цього многогранника, то вона досягає його і в будь-якій точці, що є лінійною комбінацією таких вершин.

3.5.Форми запису задачі лінійного програмування

У попередньому розділі наведено приклади задач лінійного програмування на знаходження максимуму або мінімуму цільової функції при системі обмежень, які в одних задачах мають форму нерівностей, в інших форму рівнянь, а в деяких з них обмеження задаються як нерівностями, так і рівняннями. В розглянутих задачах невідомі змінні вважались зв'язаними умовою невід'ємності, що зумовлено реальною природою розглядуваних явищ. Це положення справедливе для більшості прикладних задач математичного програмування. Тому умову невід'ємності невідомих змінних часто називають природними обмеженнями задачі. Ці обмеження мають основне значення в теорії задач лінійного програмування та побудові алгоритмів їх розв'язування, і тому їх завжди виділяють в окрему групу умов. Однак інколи в реальних ситуаціях на змінні або не можна накладати обмеження по знаку, або навіть слід прийняти умову недодатності деяких змінних.

Отже, щоб представити задачу лінійного програмування в найбільш загальній формі, з якої можна добути всі окремі випадки, слід відмовитись від умови невід'ємності всіх змінних задачі.

Загальною формою задачі лінійного програмування (ЛП) є задача на знаходження екстремуму (мінімуму чи максимуму) лінійної цільової функції при лінійній системі обмежень, що включає як рівності, так і нерівності обох знаків і при невідомих змінних, із яких одні зв'язані умовою невід'ємності, інші – умовою недодатності, а на знак третіх ніяких умов не накладено, тобто задача має вигляд:

Необхідно знайти значення змінних x_1, x_2, \dots, x_n , які задовольняють умови (3.2.9) і (3.2.10), тоді як цільова функція (3.2.8) має набути екстремального значення. При розв'язку задачі методами математичного програмування, як правило, вимагається *стандартна форма* запису, при якій система обмежень (3.2.9) складається тільки з рівнянь, а всі b_i (b_1, b_2, \dots, b_m) – невід'ємні.

Задачу лінійного програмування (ЗЛП) зручно записувати за допомогою знака \sum .

У такому випадку:

$$Z = \sum c_j x_j \rightarrow \text{extr}$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{pmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{pmatrix} = b_i, i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

Для дослідження багатьох важливих властивостей задачі ЛП буває зручно представити всі її основні обмеження у формі нерівності одного визначеного типу зі змінними, що задовольняють природні умови (умови невід'ємності).

Назвемо таку форму запису задачі ЛП другою канонічною, яка згідно з написаним, має вигляд (І задача):

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + \dots + c_n x_n \rightarrow \max \quad (3.2.11)$$

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + a_{23} x_3 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2 \quad (3.2.12)$$

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + a_{m3} x_3 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m$$

$$x_j \geq 0, j = 1; 2; n \quad (3.2.13)$$

Потрібно відмітити, що у задачі на максимум обов'язково обмеження типу " \leq ", у задачі на мінімум – типу " \geq ".

Якщо записати до цієї задачі симетричну (ІІ задача), то вона набуде вигляду:

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + \dots + c_n x_n \rightarrow \min \quad (3.2.14)$$

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + \dots + a_{1n} x_n \geq b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + a_{23} x_3 + \dots + a_{2n} x_n \geq b_2 \quad (3.2.15)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m$$

$$x_j \geq 0, j = 1; 2; n \quad (3.2.16)$$

Задачі I і II наведені у другій канонічній формі, вони взаємно симетричні. Задачу II одержують із задачі I, якщо помножити на (-1) цільову функцію та кожне із основних обмежень.

Векторно-матричний запис задачі лінійного програмування має вигляд:

$$Z = CX \rightarrow extr$$

$$AX = A_0,$$

$$X \geq 0,$$

$$\text{де } A = \{a_{ij}\} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \text{ – це матриця коефіцієнтів при невідомих;}$$

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{pmatrix} \text{ – вектор невідомих; } A_0 = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix} \text{ – вектор вільних елементів;}$$

$$C = (C_1; C_2; \dots; C_n) \text{ – вектор коефіцієнтів при невідомих у цільовій функції.}$$

Векторна форма:

$$Z = CX \rightarrow extr$$

за умов

$$A_1X_1 + A_2X_2 + \dots + A_nX_n = A_0,$$

$$\text{де } A_1 = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ \dots \\ a_{m1} \end{pmatrix}, \quad A_2 = \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \dots \\ a_{m2} \end{pmatrix}, \quad A_n = \begin{pmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \dots \\ a_{mn} \end{pmatrix} \text{ – вектори коефіцієнтів при}$$

невідомих.

3.6. Графічний метод розв'язку задач лінійного програмування

Геометрична інтерпретація аналітичних задач дає можливість наочно представити їх структуру, що сприяє засвоєнню їхніх основних властивостей та відкриває шляхи виявлення і дослідження інших, більш складних властивостей цих задач. У найпростіших випадках, як це буде описано далі, геометричне подання дає змогу знайти розв'язок задачі, однак навіть у тривимірному просторі геометричне розв'язування ускладнюється і створює ряд труднощів у побудові відповідних геометричних фігур, а в просторах вимірності, більшої за три, таке розв'язування і зовсім неможливе.

Зробимо кілька попередніх зауважень. В якій би формі не розглядалась задача лінійного програмування, кожне обмеження-рівняння визначає в n -вимірному просторі основних змінних (x_1, x_2, \dots, x_n) деяку гіперплощину, яка є $(n-1)$ -вимірною множиною у згаданому просторі. Кожне обмеження-нерівність, включаючи і обмеження по знаку, визначає теж деяку площину і півпростір n -вимірного простору, що лежить по один бік від цієї площини. Перетин усіх цих опуклих множин, які визначаються обмеженнями задачі, дає опуклий многогранник допустимих розв'язків системи основних обмежень задачі. Лінійну форму можна також інтерпретувати в n -вимірному просторі основних змінних як сімейство деяких паралельних гіперплощин, положення кожної з яких визначається значенням параметра Z . Отже, кожному такому окрему гіперплощину можна інтерпретувати як площину рівня цільової функції Z .

Зрозуміло, що кожна точка простору основних змінних належить одній з гіперплощин зазначеного сімейства, а тому, беручи до уваги многогранник допустимих розв'язків системи основних обмежень, все вказане сімейство паралельних гіперплощин рівня цільової функції можна поділити на два підсімейства: перше –гіперплощини, що мають спільні точки з многогранником планів задачі, і друге –гіперплощини, що не мають цих точок. Оскільки нас цікавлять лише значення цільової функції в точках, що є планами задачі, то має значення лише перше із зазначених підсімейств. Завдання тепер полягає в тому, щоб серед площин цього першого підсімейства вибрати ту, якій відповідає потрібне екстремальне значення Z .

Графічний метод вирізняється серед методів лінійного програмування простотою та наглядністю, але недоліком його є те, що використовується цей метод лише для задач незначної розмірності (лише для 2-3 змінних).

Нерівність $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \leq b_i$ визначає граничну пряму $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 = b_i$, яка поділяє площину на дві півплощини: додатну $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 > b_i$ та від'ємну $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 < b_i$. Для того, щоб побудувати обмеження-нерівність, необхідно побудувати граничну пряму $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 = b_i$ за двома точками, а потім визначити півплощину, що задовольняє дану нерівність.

Областю допустимих розв'язків є фігура, що утворена перетином півплощин, які визначають усі нерівності (обмеження) системи обмежень й умови невід'ємності змінних задачі. Таким чином, для знаходження області допустимих розв'язків задачі необхідно побудувати півплощини для кожного обмеження і для умови невід'ємності змінних і визначити область, спільну для всіх півплощин.

Цільовій функції Z можна надати будь-якого значення і побудувати пряму, що відповідає отриманому виразу. Пряма, одержана таким чином, називається лінією рівня. Оскільки цільовій функції можна надати безліч значень (дійсних), то можна отримати й безліч ліній рівня. Усі лінії рівня паралельні між собою. Напрямок максимізації цільової функції показує вектор-градієнт. Введемо поняття градієнта функції Z .

Якщо наша цільова функція має вигляд $Z = C_1x_1 + C_2x_2$, то $\overline{grad} Z = (dZ/dx_1; dZ/dx_2) = (C_1; C_2)$. Таким чином, вектор-градієнт N – це вектор, котрий завжди виходить з початку координат, проходить через точку $(C_1; C_2)$, координати якої є частинними похідними цільової функції і вказує напрямком її зростання. Вектор-градієнт та лінії рівня перпендикулярні між собою.

Якщо задача лінійного програмування має єдиний оптимальний розв'язок, то екстремального значення цільова функція набуває в одній із вершин многокутника планів задачі. Отже, розв'язати задачу лінійного програмування графічно означає, керуючись напрямком вектора-градієнта N , знайти таку вершину многокутника планів задачі, координати якої надаватимуть виразу цільової функції екстремального значення. Знайти оптимальний план задачі, а отже розв'язати її графічно дає можливість певний алгоритм.

Розв'язати задачу лінійного програмування графічно означає знайти таку вершину многокутника розв'язків, у результаті підставлення координат якої у вираз, лінійна цільова функція набуває найбільшого (найменшого) значення.

Алгоритм графічного методу розв'язування задач лінійного програмування складається з таких кроків:

- будуємо прямі лінії, рівняння яких дістаємо заміною знаків нерівностей задачі, на знаки рівності;
- визначаємо півплощини, які відповідають кожному обмеженню задачі;
- знаходимо многокутник розв'язків задачі лінійного програмування (симплекс);
- будуємо вектор $\vec{N} = (c_1; c_2)$ (вектор-градієнт), що задає напрям зростання цільової функції задачі;
- будуємо пряму $c_1x_1 + c_2x_2 = \text{const}$, перпендикулярну до вектора-градієнта \vec{N} ;
- переміщуючи пряму $c_1x_1 + c_2x_2 = \text{const}$ у напрямі вектора-градієнта (для задачі максимізації) або в протилежному напрямі (для задачі мінімізації), знаходимо вершину многокутника розв'язків, де цільова функція досягає екстремального значення;
- визначаємо координати точки, в якій цільова функція набуває максимального (мінімального) значення, і обчислюємо екстремальне значення цільової функції в цій точці.

У разі застосування графічного методу для розв'язування задач лінійного програмування можливі такі випадки:

- цільова функція набуває максимального значення в єдиній вершині многокутника планів задачі;
- максимального значення цільова функція досягає у будь-якій точці деякого відрізка, що паралельний лінії рівня;
- задача лінійного програмування не має оптимального плану (цільова функція не обмежена згори (зверху), система обмежень задачі не сумісна)..

Використання алгоритму графічного методу проілюструємо на конкретному прикладі, розв'язавши декілька задач графічно:

Приклад 1.

Знайти графічно розв'язок задачі лінійного програмування:

$$L(x) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + x_2 \leq 8 \\ -x_1 + x_2 \leq 1 \\ x_2 \leq 2 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

1. Побудуємо граничні прямі, для чого знаки нерівностей змінимо на рівняння:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 = 6 \\ 2x_1 + x_2 = 8 \\ -x_1 + x_2 = 1 \\ x_2 = 2 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

2. Знайдемо координати точок, через які проходять граничні прямі, врахувавши знак обмежень, сформуємо ОДЗ задачі-многогранник планів задачі ABCDEF (рис.3.1).

$$(1) \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 3 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = 6 \\ x_2 = 0, \end{cases} \quad (2) \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 8 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = 4 \\ x_2 = 0, \end{cases} \quad (3) \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 1 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = -1 \\ x_2 = 0. \end{cases}$$

Пряма (4) проходить через точку $x_2 = 2$ параллельно осі x_1 .

3. Цільова функція на площині представлена лінією рівня, що будується по рівнянню: $L(x) = 3x_1 + 2x_2$

Надаючи довільних значень параметру $L(x)$ можна побудувати на площині сімейство паралельних прямих, що представляють цільову функцію.

Цільову функцію для нашої задачі можна побудувати за рівнянням:

$$3x_1 + 2x_2 = 6, \text{ тобто за координатами } \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 3, \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = 2 \\ x_2 = 0 \end{cases}$$

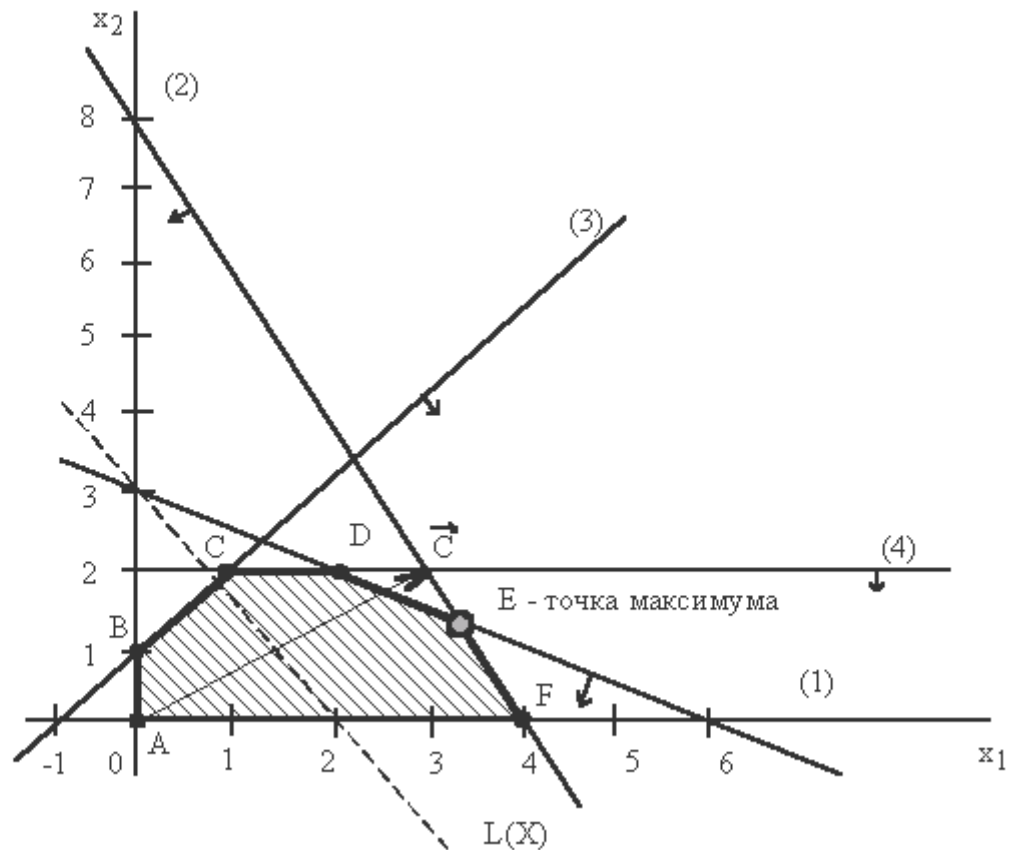


Рис. 3.1. Графічна інтерпретація прикладу

4. Будуємо на площині вектор градієнт \vec{N} , тобто вектор, що виходить з початку координат, точки (0,0) та направлений в точку (3,2) координати якої є коефіцієнтами цільової функції.

5. Досліджуючи многогранник планів задачі, тобто фігуру ABCDEF на наявність екстремальних точок, за алгоритмом необхідно лінію рівня перемішувати за напрямком вектора-градієнта для знаходження розв'язку задачі на максимум та проти напрямку вектора-градієнта (для задач на мінімум) до крайньої точки ОДЗ.

Для нашої задачі Точка E - крайня точка за напрямком вектора-градієнта многогранника планів задачі ABCDEF, через яку проходить цільова функція. Тому E - точка максимуму цільової функції. Визначимо координати цієї точки, розв'язавши систему рівнянь для ліній, перетином яких вона утворилася, тобто

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 = 6 \\ 2x_1 + x_2 = 8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{10}{3} = 3\frac{1}{3} \\ x_2 = \frac{4}{3} = 1\frac{1}{3} \end{cases} \quad \text{Точка } E \left(3\frac{1}{3}, 1\frac{1}{3} \right).$$

Підставляючи координати точки Е в цільову функцію, знайдемо значення цільової функції в точці максимуму:

$$L(E) = 3x_1 + 2x_2 = 3 \cdot \frac{10}{3} + 2 \cdot \frac{4}{3} = 12\frac{2}{3}.$$

6. Досліджуючи цільову функцію на мінімум, шукаємо крайню точку ОДЗ в напрямку, протилежному до напрямку вектора-градієнта. Такою точкою є точка початку координат $O(0,0)$. Значення цільової функції в точці мінімуму $L(O) = 3x_1 + 2x_2 = 0$.

Приклад 2. Дослідити наявність екстремумів

$$L(x) = -2x_1 - x_2 \rightarrow \min(\max)$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 16 \\ -4x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ x_1 + 3x_2 \geq 9 \\ 6x_1 + 5x_2 = 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Будуємо обмеження, як граничні прямі, та для кожного обмеження визначаємо область допустимих значень.

У такий спосіб сформуємо ОДЗ задачі.

$$(1) \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 4 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = 8 \\ x_2 = 0 \end{cases}, \quad (2) \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 4 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = -2 \\ x_2 = 0 \end{cases}, \quad (3) \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 3 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = 9 \\ x_2 = 0 \end{cases}, \quad (4) \begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 = 5 \\ x_2 = 0 \end{cases}.$$

Сформуємо ОДЗ графічно (рис. 3.2).

Обмеження-рівняння (4) допускає тільки точки, що лежать на самій прямій.

Тому ОДЗ для цієї задачі буде відрізок АВ.

Аналогічно до розв'язку попередньої задачі будуємо цільову функцію та шукаємо точки, що надають цільовій функції максимального та мінімального значення.

Цільову функцію побудуємо за рівнянням: $-2x_1 - x_2 = -4$, тобто за координатами $\begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 4, \end{cases} \begin{cases} x_1 = 2 \\ x_2 = 0. \end{cases}$

Будуємо вектор-градієнт \vec{N} з точки $(0,0)$ в точку $(-2,-1)$.

Для знаходження точки максимуму рухаємо цільову пряму за напрямком вектора-градієнта, і крайня точка А надасть цільовій функції максимального значення. Визначимо координати точки А з системи рівнянь прямих обмежень (1) та (4), розв'язавши лінійну систему рівнянь для прямих, перетином яких вона утворилася, тобто

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 = 16 \\ 6x_1 + 5x_2 = 30 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 \approx 2.86 \\ x_2 \approx 2.57, \end{cases}$$

Рухаючи цільову функцію у напрямку, протилежному до вектора-градієнта, знайдемо точку, що надає цільовій функції мінімального значення. Отже точка В- точка мінімуму.

Визначимо її координати з системи лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 = 9 \\ 6x_1 + 5x_2 = 30 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 \approx 3.46 \\ x_2 \approx 1.85. \end{cases}$$

Отже, максимальне значення цільової функції дорівнює:
 $L(A) = -2 \cdot 2.86 - 1 \cdot 2.57 = -8.29$

Відповідно мінімального значення цільова функція досягає в точці В :
 $L(B) = -8.77$

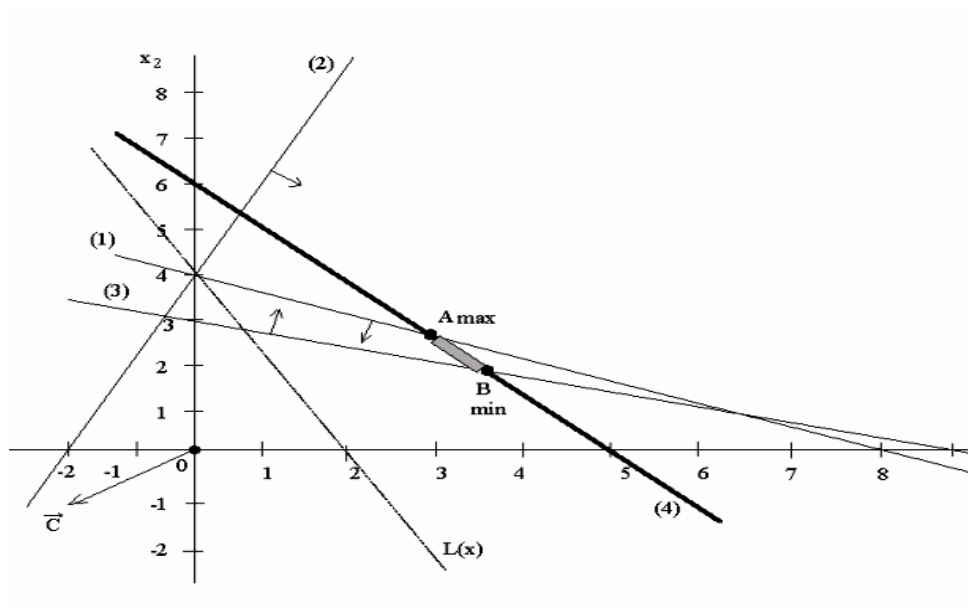


Рис.3.2. Графічна реалізація

3.7. Симплексний метод розв'язку задач лінійного програмування

Графічний метод для визначення оптимального плану задач лінійного програмування доцільно застосовувати лише для задач із двома змінними. За більшої кількості змінних необхідно застосовувати інший метод. З властивостей розв'язків задач лінійного програмування відомо: оптимальний розв'язок задачі має знаходитись в одній з кутових точок багатогранника допустимих розв'язків. Тому найпростіший спосіб відшукування оптимального плану потребує перебору всіх кутових точок (допустимих планів задачі, які ще називають опорними). Порівняння вершин багатогранника можна здійснювати тільки після відшукування якоїсь однієї з них, тобто знайшовши початковий опорний план. Кожний опорний план визначається системою m лінійно незалежних векторів, які містяться в системі обмежень задачі з n векторів A_1, A_2, \dots, A_n . Отже, загальна кількість опорних планів визначається кількістю комбінацій

$$C_n = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Задачі, що описують реальні економічні процеси,

мають велику розмірність, і простий перебір всіх опорних планів таких задач є дуже складним, навіть за умови застосування сучасних ЕОМ. Тому необхідне використання методу, який уможливилював би

скорочення кількості обчислень. 1949 року такий метод був запропонований американським вченим Дж. Данцігом – так званий симплексний метод, або **симплекс-метод**.

Основою алгоритму симплексного методу є ідея цілеспрямованого перебору вершин многогранника планів задачі, при якому забезпечується монотонна зміна значення цільової функції в потрібному напрямі – монотонне зростання чи зменшення залежно від того, яке екстремальне значення функції треба знайти. При цьому стає можливим обстеження лише невеликої кількості з усього числа вершин многогранника. Число вершин опуклого многогранника завжди скінченне, що забезпечує скінченність алгоритму.

Алгоритм симплексного методу застосовують лише до стандартної форми задачі лінійного програмування. Отже, щоб розв'язати задачу загальної форми симплексним методом, її слід представити стандартною.

Процес розв'язування задачі симплекс-методом має ітераційний характер: обчислювальні процедури (ітерації) одного типу повторюються у певній послідовності доти, доки не буде отримано оптимальний план задачі або з'ясовано, що його не існує.

Таким чином, **симплексний метод** – це цілеспрямований перебір вершин многогранника (симплекса), при якому цільова функція монотонно зростає або спадає.

Отже, симплекс-метод — це ітераційна обчислювальна процедура, яка дає змогу, починаючи з певного опорного плану, за скінченну кількість кроків отримати оптимальний план задачі лінійного програмування.

Алгоритм методу послідовного поліпшення плану (симплексного методу) полягає у тому, щоб спершу знайти довільний опорний не вироджений план, а потім послідовно переходити до усе кращих планів, поки не буде знайдено оптимальний план. Ітераційні кроки симплексного методу виконуються відповідно до критеріїв, які забезпечують виконання умов, що призводять до кінцевого результату.

Алгоритм розв'язку задач симплекс-методом розглянемо на конкретному прикладі:

$$Z = 3x_1 - x_2 + x_3 \rightarrow \text{extr} \quad (1)$$

$$2x_1 + 3x_2 - 2x_3 \geq 18 \quad (2)$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 12$$

$$3x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 18$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1,3} \quad (3)$$

1. Представимо задачу (1-3) у стандартній формі, усі нерівності (2) перетворимо у рівняння, причому у рівнянні справа – const або “0”. У ліву частину кожного обмеження системи (2) введемо невід’ємні додаткові змінні, які візьмемо зі знаком мінус (“-“), якщо обмеження типу “ \geq ” і зі знаком плюс (“+“), якщо обмеження типу “ \leq ”.

Отже, отримаємо такий запис:

$$Z - 3x_1 + x_2 - x_3 = 0$$

$$2x_1 + 3x_2 - 2x_3 - x_4 = 18$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 + x_5 = 12$$

$$3x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_6 = 18$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1,6}$$

2. Усі базисні змінні мають утворювати одиничну матрицю, порядок якої дорівнює кількості основних обмежень задачі (у даному випадку – матрицю 3-го порядку):

$$\begin{matrix} x_4 & x_5 & x_6 \\ \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Для того, щоб змінна x_4 була базисною, треба перший ряд матриці домножити на (-1), тоді отримуємо такий вигляд системи основних обмежень :

$$Z - 3x_1 + x_2 - x_3 = 0$$

$$-2x_1 - 3x_2 + 2x_3 + x_4 = -18$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 + x_5 = 12$$

$$3x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_6 = 18$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1,6}$$

3. Побудова симплекс-таблиці:
Таблиця 1.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	1	
X_4	-2	-3	2	1	0	0	= -18	← розв'язуючий рядок
X_5	2	1	1	0	1	0	=12	
X_6	3	2	2	0	0	1	=18	
Z	-3	1	-1	0	0	0	=0	← цільовий рядок

- розв'язуюча колонка ↑-колонка вільних елементів

$\min (-18/-3; 12/1; 18/2) = (6; 12; 9) = 6$, розв'язуючий елемент (-3)

$$x_1^0 = (x_1; x_2; x_3; x_4; x_5; x_6)$$

$$x_1^0 = (0; 0; 0; -18; 12; 18)$$

$$Z(x_1^0) = 0$$

Позначимо через $x = (x_1; x_2; \dots x_n)$ розв'язок задачі лінійного програмування.

Будь-який розв'язок $x = (x_1; x_2; \dots x_n)$ системи основних умов стандартної задачі лінійного програмування, в якому значення небазисних змінних дорівнюють нулю, а базисних – відповідним елементам колонки вільних членів називається **базисним розв'язком** задачі.

Базисний розв'язок $x = (x_1; x_2; \dots x_n)$, компоненти якого невід'ємні, тобто $x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1; n})$, називається **опорним планом** задачі.

Опорний план, при якому цільова функція приймає екстремальне значення, називається **оптимальним планом** задачі і позначається $x^* = (x_1^*; x_2^*; \dots x_n^*)$.

Виділяють три етапи розв'язку задачі симплексним методом:

- побудова базисного плану;
- знаходження опорного плану;
- розв'язок задачі – отримання оптимального плану.

Згідно з даними таблиці базисний розв'язок задачі такий:

$$x_1^{\delta} = (x_1; x_2; x_3; x_4; x_5; x_6)$$

$$x_1^{\delta} = (0; 0; 0; -18; 12; 18)$$

А значення цільової функції, що відповідає цьому розв'язку $-Z(x_1^{\delta}) = 0$.

Оскільки, у колонці вільних елементів (табл.1) є від'ємні значення, то план базисний, тому переходимо до знаходження опорного плану.

Алгоритм знаходження опорного плану:



Критерієм опорності плану задачі є невід'ємність елементів колонки вільних членів симплексної таблиці.

1. Проглядаємо колонку вільних елементів. Якщо немає від'ємних елементів, то план опорний, якщо є кілька від'ємних елементів, то вибирають найменший з них або більший за модулем. Вибраний від'ємний елемент визначить розв'язуючий рядок (у нашому прикладі розв'язуючий рядок – перший, де стоїть -18).

2. Якщо у розв'язуючому рядку немає від'ємних елементів, то система не сумісна і не має розв'язку. Якщо є кілька від'ємних елементів, то вибирають найменший або більший за модулем. Вибраний від'ємний елемент визначить розв'язуючу колонку (розв'язуюча колонка – друга, де стоїть -3).

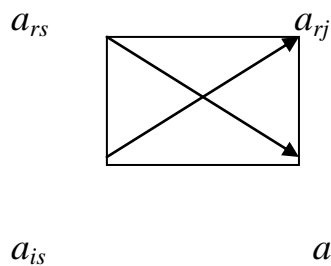
3. Складаємо невід'ємні співвідношення колонки вільних елементів до розв'язуючої колонки і знаменник меншого з них приймаємо за розв'язуючий елемент (розв'язуючий елемент -3).

4. Виконуємо повні виключення Жордана-Гауса. Алгоритм повторюємо доти, поки не буде знайдено опорний план.

До таблиці 2 перейдемо за таким правилом:

- Замість розв'язуючого елементу в наступній таблиці запишемо 1, а решту елементів колонки замінимо на 0.
- Елементи рядка, в якому міститься розв'язуючий елемент, ділимо на цей розв'язуючий елемент.
- Елементи, що не ввійшли ні в рядок, ні в колонку, де стоїть розв'язуючий елемент, знаходимо за правилом чотирикутника:

$$x' = \frac{a_{rs} \cdot a_{ij} - a_{rj} \cdot a_{is}}{a_{rs}}$$



Таблиця 2.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	1	
x_2	2/3	1	-2/3	-1/3	0	0	=6	$\min (6/2/3; 6/4/3; 6/5/3) = (9; 9/2; 18/5) = 18/5$ – розв'язуючий елемент – (5/3)
x_5	4/3	0	5/3	1/3	1	0	=6	
x_6	5/3	0	10/3	2/3	0	1	=6	
Z	-11/3	0	-1/3	1/3	0	0	=-6	

$$\hat{x}_2 = (0; 6; 0; 0; 6; 6)$$

$$Z(\hat{x}_2) = -6$$

У таблиці 2 отримали **опорний план**, бо у колонці вільних елементів немає від'ємних елементів, але не оптимальний, тому що у цільовому рядку є від'ємні елементи.

Переходимо до знаходження оптимального плану.

Критерієм оптимальності задачі на **максимум** є невід'ємність коефіцієнтів цільового рядка таблиці.



Теорема (ознака необмеженості цільової функції зверху): якщо у симплексній таблиці при знаходженні оптимального плану знайдеться колонка з від'ємним елементом цільового рядка, а всі інші елементи цієї колонки будуть недодатні, то функція мети цієї задачі буде на множині планів задачі з боку максимуму необмеженою

$$(Z \rightarrow \infty).$$



Теорема (ознака необмеженості цільової функції знизу): якщо у симплексній таблиці при знаходженні оптимального плану знайдеться колонка з додатнім елементом цільового рядка, а всі інші елементи цієї колонки будуть недодатні, то цільова функція задачі буде на множині планів задачі з боку мінімуму необмеженою ($Z \rightarrow -\infty$).

Алгоритм знаходження оптимального плану задачі на max:

1. Проглядаємо цільовий рядок таблиці. Якщо немає від'ємних елементів, то план оптимальний. Якщо є кілька від'ємних елементів, то вибирають найменший або найбільший за модулем. Вибраний від'ємний елемент визначить розв'язуючу колонку.

2. Складаємо невід'ємні співвідношення колонки вільних елементів до розв'язуючої колонки і знаменник меншого з них прийемо за розв'язуючий елемент.

3. Виконуємо повні виключення Жордана-Гауса.

Алгоритм повторюємо доти, поки не буде знайдено оптимальний план. Таблиця 3.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	1	
x_2	0	1	-2	-3/5	0	-2/5	=18/5	Знайдено оптимальний план для задачі на max.
x_5	0	0	-1	-1/5	1	-4/5	=6/5	
x_1	1	0	2	2/5	0	3/5	=18/5	
Z	0	0	7	9/5	0	11/5	=36/5	

$$\hat{x}_3 = x_{\max}^* = (18/5; 18/5; 0; 0; 6/5; 0)$$

$$Z(x_{\max}^*) = 36/5$$

Критерієм оптимальності задачі на **мінімум** є недодатність коефіцієнтів цільового рядка таблиці.

Алгоритм знаходження оптимального плану задачі на min:

1. Проглядаємо цільовий рядок таблиці. Якщо немає додатніх елементів, то план оптимальний. Якщо є кілька додатніх елементів, то вибирають найбільший додатній елемент. Вибраний додатній елемент визначає розв'язуючу колонку.

2. Складаємо невід'ємні співвідношення колонки вільних елементів до розв'язуючої колонки і знаменник меншого з них приймаємо за розв'язуючий елемент.

3. Виконуємо повні виключення Жордана-Гауса.

Алгоритм повторюємо доти, поки не буде знайдено оптимальний план. Слід сказати, що оптимальний план (на \min чи на \max) знаходять після знаходження опорного плану, що у даному випадку відповідає таблиці 2. Повернемося до вказаної таблиці і продовжимо обчислення.

Таблиця 2. (опорний план)

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	1
x_4	2/3	1	-2/3	-1/3	0	0	=6
x_5	4/3	0	5/3	1/3	1	0	=6
x_2	5/3	0	10/3	2/3	0	1	=6
Z	-11/3	0	-1/3	1/3	0	0	=-6

Від таблиці 2 почнемо знаходити оптимальний план задачі математичного програмування на мінімум (оскільки у цільовому рядку є додатній елемент, що визначає розв'язуючу колонку).

Отже, $\min (6/_{1/3}; 6/_{2/3}) = (18; 9) = 9$ – розв'язуючий елемент (2/3).

Робимо крок повних жорданових вилучень і переходимо до таблиці 4, де знайдено оптимальний план задачі на \min .

Таблиця 4.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	1
x_2	3/2	1	1	0	0	1/2	=9
x_5	1/2	0	0	0	1	-1/2	=3
x_4	5/2	0	5	1	0	3/2	=9
Z	-9/2	0	-2	0	0	-1/2	=-9

$$x_{\min}^* = (0;9;0;9;3;0)$$

$$Z(x_{\min}^*) = -9$$

Цей алгоритм реалізує надбудова EXCEL "Поиск решения", з якою ми також познайомимося.

Завершуючи знайомство з симплексним методом, розглянемо етапи розв'язку задачі лінійного програмування симплексним методом у вигляді схеми: (рис.3.3.)

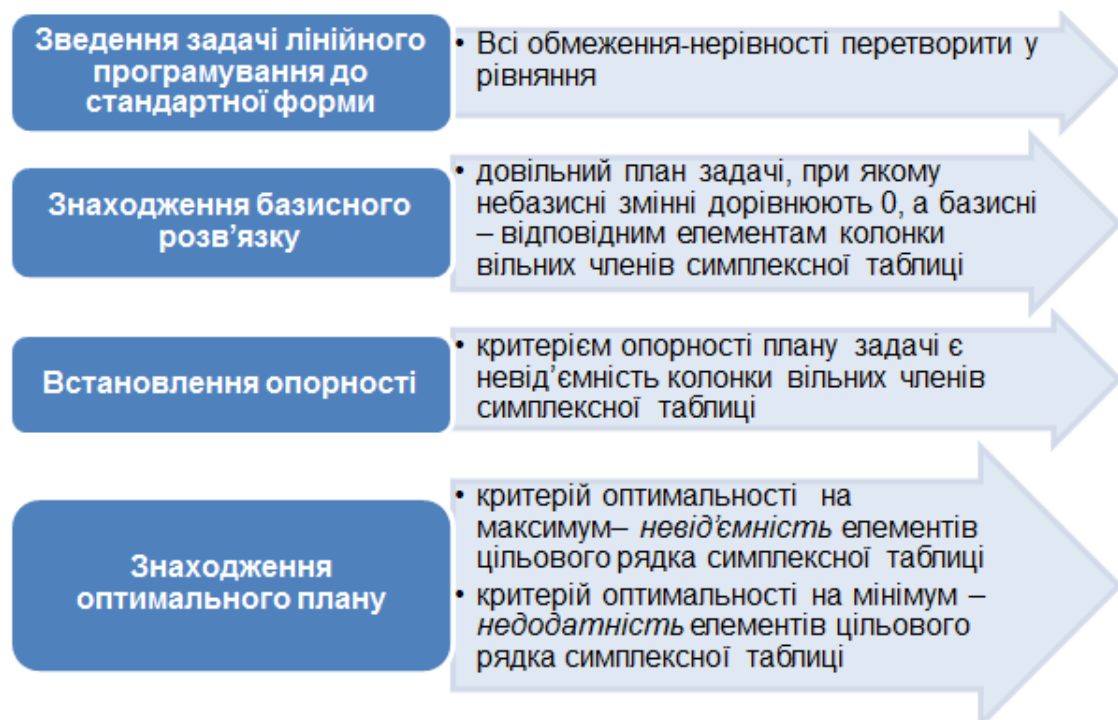


Рис. 3.3. Етапи розв'язку задачі лінійного програмування симплекс-методом

3.8. Транспортна задача лінійного програмування. Метод потенціалів

Як уже зазначалось, симплексний метод є універсальним методом розв'язування задач лінійного програмування з неперервними аргументами. Проте окремі типи задач лінійного програмування мають такі особливості структури, що дають змогу побудувати значно простіші за симплексний методи розв'язування.

Але, як би зовні ці методи не відрізнялись від симплексного, останній є їх незмінною основою, так що при більш уважному аналізі завжди можна виявити його основні елементи, що дає можливість вважати всі методи розв'язування задач лінійного програмування більш-менш глибокою модифікацією симплексного методу.

Найважливішим типом згаданих задач є так звана транспортна задача, загальна постановка якої уже розглядалась. Математична структура цієї задачі характерна для великого класу задач лінійного програмування, що називаються розподільчими, а реальний зміст їх може бути найрізноманітнішим, зовсім не зв'язаним із задачею про перевезення вантажів.

Такою є, наприклад, задача оптимального добору, а також задачі розміщення виробництва, баз та складів, задачі оптимального призначення і т. п.

Слід зауважити, що і власне транспортні задачі за своїм змістом поділяються на кілька груп. Як правило, критерієм поділу є критерій оптимальності цільової функції задачі, а саме; задачі на мінімізацію вартості перевезень, задачі на мінімізацію строків перевезень, задачі на мінімізацію довжини маршрутів тощо.

Звичайно, тут не можна охопити всю різноманітність задач транспортного типу та методів їх розв'язування. Тому розглянемо лише найбільш відомі і широко вживані, що стали вже класичними.

Транспортна задача – це особлива задача лінійного програмування, яку застосовують для визначення найбільш ефективного плану переведень однорідної продукції або взаємозамінних продуктів із пунктів виробництва у пункти споживання.

Розглянемо економічну постановку класичної транспортної задачі: нехай маємо m пунктів виробництва чи запасу однорідної продукції з відомими величинами її обсягу у кожному пункті (a_1, a_2, \dots, a_m) та n пунктів споживання цієї продукції з відомими величинами попиту на неї (b_1, b_2, \dots, b_n) . Також відома матриця транспортних витрат $C // c_{ij} //$, що необхідно витратити для перевезення одиниці продукції від кожного виробника до кожного споживача.

Необхідно скласти такий план перевезення однорідної продукції, щоб вона була вивезена від усіх виробників, попит усіх споживачів був задоволений і сукупні транспортні витрати на це перевезення були мінімальними.



Теорема (умова існування розв'язку транспортної задачі):
необхідною і достатньою умовою існування розв'язку транспортної
задачі є її збалансованість, тобто:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Першим кроком розв'язування транспортної задачі є перевірка
балансової умови:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (1)$$

Якщо балансова умова виконується (тобто попит = пропозиції), то задача закритого
типу або з правильним балансом.

Якщо балансова умова не виконується (або більше випускається
продукції, або, навпаки, більший попит, ніж пропозиція), то задача
відкритого типу або з порушенням балансом.

У такому випадку необхідно ввести фіктивного виробника чи
споживача (залежно від ситуації) і умовно звести задачу до закритої.

**Алгоритм розв'язку транспортної задачі розглянемо при
розв'язуванні конкретного прикладу.**

Приклад. Завод має 3 філії (пункти виробництва), кожна з яких
за квартал випускає відповідно 100; 200; 100 одиниць комп'ютерів.
Чотири школи (пункти споживання) хочуть придбати ПК для
навчання учнів у кількості відповідно 80; 140; 100; 80 шт. Транспортні
витрати на перевезення одиниці продукції від виробника до
споживача складають:

$$C = \begin{vmatrix} 2 & 5 & 4 & 6 \\ 8 & 4 & 3 & 8 \\ 5 & 1 & 4 & 5 \end{vmatrix}$$

Скласти такий план перевезення продукції, при якому будуть задоволені і виробники, і споживачі, а сукупна вартість перевезення буде найдешевшою.

Перенесемо умову задачі у транспортну таблицю та знайдемо опорний план транспортної задачі.

Таблиця 1.

	2	5	4	6	a_i	
					$a_1=100$	Обсяги виробництва
	8	4	3	8	$a_2=200$	
	5	1	4	5	$a_3=100$	
					400	
b_j	$b_1=80$	$b_2=140$	$b_3=100$	$b_4=80$	400	Балансова умова
						Потреби споживачів

У даному випадку балансова умова виконується:

$$\sum_{i=1}^3 a_i = 100 + 200 + 100 = 400 \quad (\text{шт})$$

$$\sum_{j=1}^4 b_j = 80 + 140 + 100 + 80 = 400 \quad (\text{шт})$$

Другий крок розв'язку транспортної задачі – знаходження опорного плану.

Методи побудови опорного плану ТЗ

Як і в звичайному симплексному методі, розв'язування транспортної задачі полягає в цілеспрямованому переборі та перевірці на оптимальність опорних планів. Початком такого ітераційного процесу є побудова першого опорного плану.

Перший опорний план транспортної задачі, як і будь-якої задачі лінійного програмування можна побудувати методом, який було розглянуто в розділі 2, що призведе до необхідності надто складних розрахунків. Завдяки вищезгаданим особливостям будови математичної моделі транспортної задачі існують кілька простих методів побудови опорного плану. Розглянемо методи північно-західного кута, мінімальної вартості та метод подвійної відмітки. Побудову опорного плану зручно подавати у вигляді таблиці, в якій постачальники продукції відповідають рядкам, а споживачі — стовпчикам.

Детальніше розглянемо методи побудови опорного плану задачі.

Ідея **методу північно-західного кута** полягає в тому, що заповнення таблиці починають, не враховуючи вартостей перевезень, з лівого верхнього (північно-західного) кута. У клітину записують менше з двох чисел a_1 та b_1 . Далі переходять до наступної клітини в цьому ж рядку або у стовпчику і заповнюють її, і т. д. Закінчують заповнення таблиці у правій нижній клітинці. У такий спосіб значення поставок будуть розташовані по діагоналі таблиці.

Побудова опорного плану діагональним методом починається із заповнення верхньої лівої клітини (північно-західного кута, звідси і назва методу діагональний або метод північно-західного кута)

$x_{11} = \min \{a_1; b_1\}$, якщо $x_{11} = a_1$, то перший виробник повністю вивіз свою продукцію, і наступною обчислюється величина

$$x_{21} = \min \{a_2; b_1 - a_1\}.$$

Якщо ж $x_{11} = b_1$, то всі $x_{i1} = 0$ і наступною обчислюється величина $x_{12} = \min \{a_1 - b_1; b_2\}$.

Розглянемо цей процес на нашому прикладі.

Спочатку, не враховуючи вартості перевезень, завжди задовольняють потреби першого споживача B_1 використовуючи запаси першого постачальника A_1 . У нашому прикладі потреби споживача B_1 становлять 80, а запаси постачальника A_1 100 одиниць (тобто із запасів першого постачальника можна повністю задовольнити потреби першого споживача), тому в клітинку (1,1) записуємо менше із значень a_1 і b_1 , тобто 80. Тепер потреби першого споживача повністю задоволені, і переходимо до задоволення потреб наступного (другого) споживача B_2 . Обсяг його потреб B_2 - 140. Після задоволення потреб першого споживача залишок запасів першого постачальника становить $100 - 80 = 20$. Отже, від першого виробника другому споживачеві можна перевезти лише 20 одиниць продукції, тому в клітинку (1,2) записуємо число 20. Після цього, оскільки запаси першого постачальника повністю вичерпані, переходимо до використання запасів наступного постачальника A_2 . Його запаси a_2 - 200, а незадоволені потреби другого споживача $140 - 20 = 120$, тому в клітинку (2,2) записуємо число 120, і другий споживач у такий спосіб також повністю отримав необхідну кількість продукції. Переходимо до задоволення потреб наступного споживача B_3 і т.д. Розрахунки проводяться до моменту виконання умов:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n} \quad (3)$$

	a_i				
	2	5	4	6	
	80	20			$a_1=100$
	8	4 −	3 +	8	
		120	80		$a_2=200$
	5	1 +	4 −	5	
			20	80	$a_3=100$
					400
b_j	$b_1=80$	$b_2=140$	$b_3=100$	$b_4=80$	400

$$\overline{X} = \begin{vmatrix} 80 & 20 & 0 & 0 \\ 0 & 120 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 20 & 80 \end{vmatrix}$$

$$Z(\hat{x}_1) = 80 \cdot 2 + 20 \cdot 5 + 4 \cdot 120 + 3 \cdot 80 + 4 \cdot 20 + 5 \cdot 80 = 1460_{(гр.од)}$$

Ідея **методу мінімальної вартості** полягає в тому, що на кожному кроці заповнюють клітинку таблиці, яка має найменшу вартість перевезення одиниці продукції. Суть **методу мінімальної вартості** полягає в тому, що спочатку заповнюються ті клітини таблиці, в яких вартості перевезень дорівнюють найменшому елементу матриці C/c_{ij} . Потім заповнюються клітини, які мають найменшу вартість перевезення, що залишилися незаповненими після першого кроку і знову вибираємо найменшу вартість для клітин таблиці, що залишилися пустими, і продовжуємо процес доти, поки всі запаси не будуть розподілені, а потреби — задоволені, тобто аж до виконання умов (2)–(3).

Складемо за допомогою цього методу план розглядуваної задачі .

	a_i				
	2	5	4	6	
	80			20	$a_1=100$
	8	4	3	8	
		40	100	60	$a_2=200$
	5	1	4	5	
		100			$a_3=100$
					400
b_j	$b_1=80$	$b_2=140$	$b_3=100$	$b_4=80$	400

Метод подвійних відміток. Якщо розмірність задачі досить велика, то перебір за методом мінімальної вартості ускладнюється. В такому разі спростити пошук клітин з найменшими вартостями можна, застосовуючи метод подвійної відмітки (переваги).

Метод подвійних відміток працює за таким правилом: проглядають рядки і позначають певними відмітками клітини, що характеризуються найменшими транспортними витратами, потім, аналогічно по колонках. У результаті таких дій отримаємо таблицю, позначену певним чином: деякі клітини –подвійною відміткою, інші – одинарною, деякі – непомічені. Таблицю починають заповнювати з клітинок, позначених двічі (які містять вартості, що є мінімальними і в рядку, і в стовпчику). Далі заповнюють клітинки, позначені один раз (що містять мінімальні вартості або в рядку, або в стовпчику), а вже потім — за методом мінімальної вартості.

При знаходженні опорного плану необхідно максимально заповнити клітини з подвійною відміткою, потім – з одинарною, і, якщо необхідно – непомічені аж до виконання умов (2-3).

Третій крок розв'язку транспортної задачі – перевірка опорного плану на виродженість.

План транспортної задачі є невиродженим, якщо кількість відмінних від нуля елементів матриці плану (базисних клітин) дорівнює $k=m+n-1$,

де m – кількість рядків (пунктів виробництва), а n – кількість колонок (пунктів споживання).

Для нашої задачі – $k=3+4-1=6$

План \hat{x}_1 теж містить 6 заповнених клітин, тому він є невиродженим. У випадку невиродженості плану до сукупності базисних (ненульових) клітин таблиці додається небазисна (нульова) клітина, але так, щоб вона не утворювала циклу зі сукупністю базисних клітин таблиці.

Якщо одержаний за будь-яким методом опорний план транспортної задачі є не виродженим, можна порушувати питання про знаходження оптимального плану цієї задачі.

Алгоритм методу потенціалів

Міркування, що стосуються побудови методу потенціалів, виходять з другої теореми подвійності (розділ 2), яку в застосуванні до опорного плану транспортної задачі можна сформулювати так.



Теорема (умова оптимальності опорного плану транспортної задачі): Для того, щоб деякий опорний план транспортної задачі був оптимальним, необхідно і достатньо його потенціальності.

Якщо для деякого опорного плану $X^* = x_{ij}^*$ існують числа (потенціали) U_i та V_j для яких виконуються умови:

$$\text{для базисних клітин: } x_{ij} \geq 0, U_i + V_j = C_{ij}; \quad (4)$$

$$\text{для небазисних клітин: } x_{ij} = 0, U_i + V_j \leq C_{ij}. \quad (5)$$

для всіх $i=(1,2,...m)$ та $j=(1,2,...n)$, то він є оптимальним планом транспортної задачі.

Знайдемо оптимальний план методом потенціалів, маючи не-вироджений опорний план, побудований за діагональним методом.

	a_i				U_i
	2	5	4	6	
	80	20			$a_1=100$ $U_1=0$
	8	4 -	3 +	8	
		120	80		$a_2=200$ $U_2= -1$
	5	1 +	4 -	5	
			20	80	$a_3=100$ $U_3=0$
				400	
b_j	$b_1=80$	$b_2=140$	$b_3=100$	$b_4=80$	400
V_j	$V_1=2$	$V_2=5$	$V_3=4$	$V_4=5$	

Розглянемо умову (5), згідно з якою позначимо рядки (пункти виробництва) через U_1, U_2, U_3 ; а колонки (пункти споживання) через $V_1; V_2; V_3; V_4$.

Сукупність чисел U_i та V_j називають системою потенціалів і складають по заповненим клітинам, тобто

$$\underline{x > 0}$$

$$U_1 + V_1 = 2$$

$$U_1 + V_2 = 5$$

$$U_2 + V_2 = 4$$

$$U_2 + V_3 = 3$$

$$U_3 + V_3 = 4$$

$$U_3 + V_4 = 5$$

(6)

Ця система містить 6 рівнянь та 7 невідомих і є неозначеною, тобто не має єдиного розв'язку. Нехай один із потенціалів (бажано потенціал того рядка чи колонки, що містить найбільшу кількість заповнених клітин) дорівнює 0, тобто нехай $U_1=0$. Тоді, шляхом підстановки у систему (4) замість $U_1=0$, отримаємо:

$$V_1=2; V_2=5; V_3=4; V_4=5; U_2=-1, U_3=0.$$

Початкову транспортну таблицю доповнимо колонками U_i та V_j , куди і впишемо одержані потенціали. Перевіримо, чи виконується умова (5) для небазисних клітин таблиці:

$$\underline{x_{ij}=0}$$

$$U_2 + V_1 = 2 + (-1) = 1 < 8$$

$$U_3 + V_1 = 0 + 2 = 2 < 5$$

$$U_3 + V_2 = 0 + 5 = 5 > 1$$

$$U_1 + V_3 = 0 + 4 = 4 = 4$$

$$U_1 + V_4 = 0 + 5 = 5 < 6$$

$$U_2 + V_4 = 5 + (-1) = 4 < 8$$

Умова потенціальності порушена у клітині ($U_3; V_2$). Якщо такі порушення є більше ніж у одній клітині, то вибирають ту з них, для якої найбільше порушена умова потенціальності плану.

У даному випадку вона одна, що і визначить першу клітину ланцюга транспортної задачі.

Ланцюгом транспортної задачі називають послідовність клітин таблиці, яка задовольняє умови:

- Кожна пара клітин міститься або в одному рядку або в одній колонці;

Кількість клітин має бути парною (починаючи з 4-х), тобто

4,6,8 і т.д.;

- Перша і остання клітини ланцюга транспортної задачі мають бути або в одному рядку, або в одній колонці, тобто він повинен бути замкнутим;

- Клітини ланцюга транспортної задачі по чергово позначають “+”, “-” і т.д.

Ланцюг, у якого збігається перша та остання клітини, називається **циклом**. Ланцюг, що не утворює циклу, називається **ациклічним**.

Четвертий крок розв'язку транспортної задачі – побудова ланцюгу та перехід до нового плану

Серед елементів ланцюга транспортної задачі, які позначені мінусом (-), треба вибрати найменший.

$$\lambda = \min(120; 20) = 20$$

Перехід до наступної таблиці здійснюється за правилом:

- якщо елемент таблиці не входив у ланцюг транспортної задачі, то у наступну таблицю він переноситься без змін, тобто
 - $x = x'$
- якщо елемент таблиці входив у ланцюг транспортної задачі з позначкою плюс "+", то у наступній таблиці він буде збільшений на λ
 - $x_{\oplus} = x + \lambda$
- якщо елемент таблиці входив у ланцюг транспортної задачі із позначкою мінус "-", то у наступній таблиці він буде зменшений на λ .
 - $x_{-} = x - \lambda$

Отримали наступну таблицю

	a_i				U_i
	2	5 -	4	6 +	
	80	20			$a_1=100$ $U_1=5$
	8	4	3	8	
		100	100		$a_2=200$ $U_2=4$
	5	1 +	4	5 -	
		20		80	$a_3=100$ $U_3=1$
				400	
b_j	$b_1=80$	$b_2=140$	$b_3=100$	$b_4=80$	400
V_j	$V_1=-3$	$V_2=0$	$V_3=-1$	$V_4=4$	

$$\hat{X}_2 = \begin{vmatrix} 80 & 20 & 0 & 0 \\ 0 & 100 & 100 & 0 \\ 0 & 20 & 0 & 80 \end{vmatrix}$$

$$Z(\hat{x}_2) = 80 \cdot 2 + 5 \cdot 20 + 4 \cdot 100 + 3 \cdot 100 + 1 \cdot 20 + 5 \cdot 80 = 1380 \text{ (гр.од)}$$

Тобто $Z_1 > Z_2$. Ми перейшли до другого опорного плану, що є кращим за попередній (дешевший) і ближчим до оптимального.

Перевіримо його на оптимальність згідно з умовами (4-5).

Для базисних клітин $x > 0$

$$\begin{aligned} U_1 + V_1 &= 2 \\ U_1 + V_2 &= 5 \\ U_2 + V_2 &= 4 \\ U_3 + V_3 &= 1 \\ U_2 + V_3 &= 3 \\ U_3 + V_4 &= 5 \end{aligned} \tag{8}$$

Нехай $V_2 = 0$, тоді розв'яжемо систему рівнянь (8) і отримаємо відповідні значення:

$$V_1 = -3; V_3 = -1; V_4 = 4; U_2 = 4, U_3 = 1, U_1 = 5.$$

Для порожніх клітин $x = 0$

$$\begin{aligned} U_2 + V_1 &= 4 - 3 = 1 < 8 \\ U_3 + V_1 &= 1 - 3 = -2 < 5 \\ U_1 + V_3 &= 5 + (-1) = 4 = 4 \\ U_3 + V_3 &= 1 + (-1) = 0 < 4 \\ U_1 + V_4 &= 5 + 4 = 9 > 6 \\ U_2 + V_4 &= 4 + 4 = 8 = 8 \end{aligned}$$

Умова потенціальності порушена у клітині $(U_1; V_4)$.

Будуємо з цієї клітини ланцюг транспортної задачі.

Вибираємо $\lambda = \min(20; 80) = 20$

Переходимо до нової таблиці.

	a_i				U_i
	2	5	4	6	
	80			20	$a_1=100$ $U_1=2$
	8	4	3	8	
		100	100		$a_2=200$ $U_2=4$
	5	1	4	5	
		40		60	$a_3=100$ $U_3=1$
				400	
b_j	$b_1=80$	$b_2=140$	$b_3=100$	$b_4=80$	400
V_j	$V_1=0$	$V_2=0$	$V_3=-1$	$V_4=4$	

$$\overline{X} = \begin{vmatrix} 80 & 0 & 0 & 20 \\ 0 & 100 & 100 & 0 \\ 0 & 40 & 0 & 60 \end{vmatrix}$$

$$Z(\hat{x}_2) = 2 \cdot 80 + 6 \cdot 20 + 4 \cdot 100 + 3 \cdot 100 + 1 \cdot 40 + 5 \cdot 60 = 1320 \text{ (гр.од)}$$

$$\text{тобто } Z(x_1) > Z(x_2) > Z(x_3)$$

Перевіримо на оптимальність 3-й план перевезення продукції:

$$\underline{x} > 0$$

$$U_1 + V_1 = 2$$

$$U_2 + V_2 = 4$$

$$U_3 + V_2 = 1$$

$$U_2 + V_3 = 3$$

$$U_1 + V_4 = 6$$

$$U_3 + V_4 = 5$$

Нехай $V_2=0$, тоді розв'язавши систему рівнянь, отримаємо такі значення:

$$V_1=0; V_3=-1; V_4=4; U_2=4, U_3=1. U_1=2.$$

$$\underline{x=0}$$

$$U_2 + V_1 = 4 + 0 = 4 < 8$$

$$U_3 + V_1 = 1 + 0 = 1 < 5$$

$$U_1 + V_2 = 2 + 0 = 2 < 5$$

$$U_1 + V_3 = 2 + (-1) = 1 < 4$$

$$U_3 + V_3 = 1 + (-1) = 0 < 4$$

$$U_2 + V_4 = 4 + 4 = 8 = 8$$

Умова потенціальності виконується для всіх небазисних клітин. Це свідчить про те, що останній план перевезень є оптимальним, і йому відповідає найменша загальна вартість перевезень, тобто $\hat{x}_3 = x^*$; $Z(x^*) = Z(x_3) = 1320$ (гр.од.)

Представимо загальні етапи розв'язку транспортної задачі у вигляді схеми (рис.3.4).

Практичне застосування класичної економіко-математичної моделі транспортної задачі наштовхується на певні труднощі. Насамперед, як правило, необхідно перевозити неоднорідні продукти. Тоді транспортна задача ускладнюється. У класичній транспортній задачі, як правило, критерієм оптимальності є мінімізація транспортних витрат, тобто розв'язується задача на мінімум. Проте на практиці бувають випадки, коли необхідно знайти максимум цільової функції. Наприклад, необхідно розподілити робітників (верстати) між окремими видами робіт, щоб отримати максимальну сумарну продуктивність праці. Подібна ситуація має місце за оптимізації розміщення сільськогосподарських культур на ділянках землі різної родючості. У такому разі критерієм оптимальності є максимізація вартості вирощеної (валової) продукції.

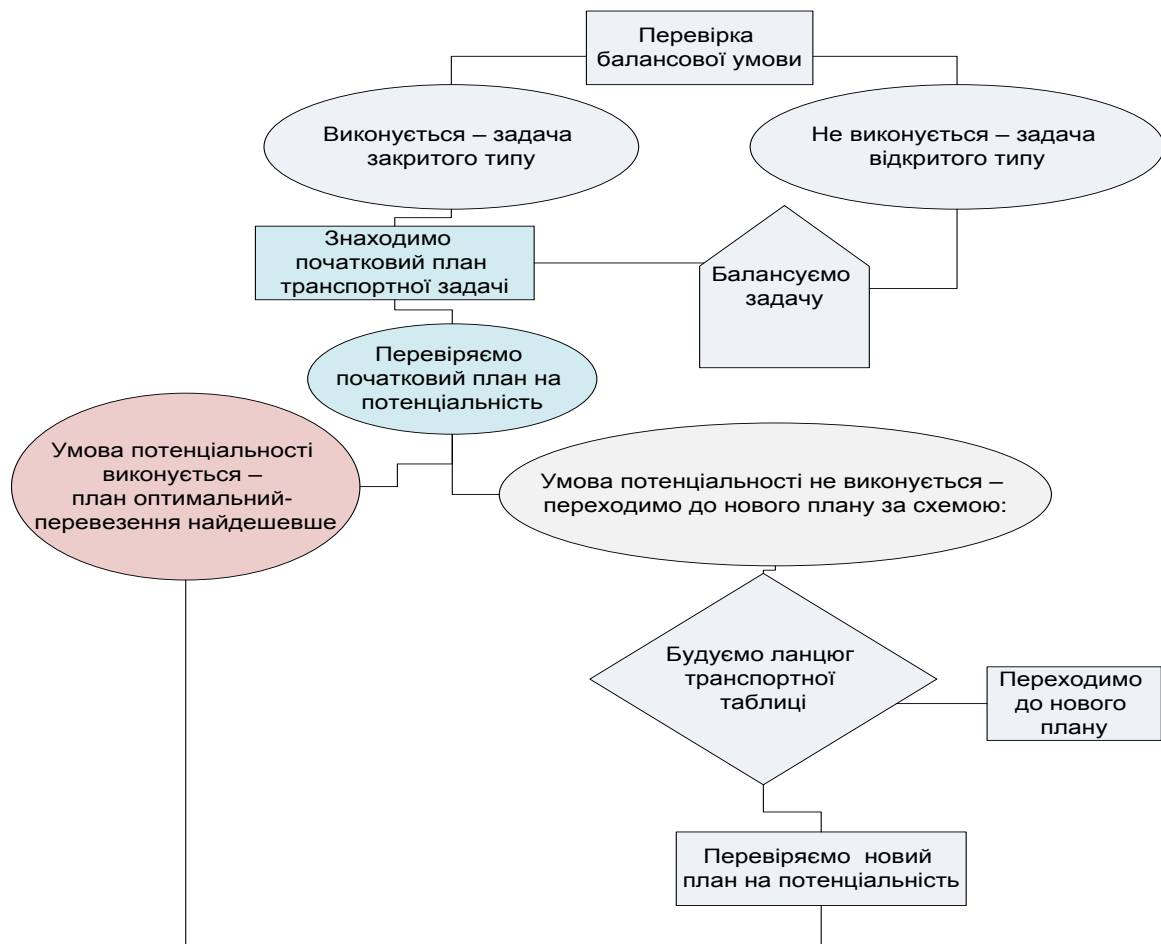


Рис. 3.4. Схема розв’язку транспортної задачі методом потенціалів

У класичній транспортній задачі допускається, що витрати на транспортування лінійно залежать від обсягів перевезень. Але на практиці ця умова порушується, тобто такі зв'язки, як правило, є нелінійними, стохастичними тощо. Особливої уваги заслуговує така постановка транспортної задачі, в якій необхідно мінімізувати тривалість виконання заданих обсягів робіт, наприклад, перевезення сировини та продукції, яка швидко псується. Цей критерій часто використовується для оптимізації військових операцій, виконання сільськогосподарських робіт (наприклад, збору урожаю) тощо.

Транспортна задача значно ускладнюється за моделювання виробничо-транспортних економічних систем, які виробляють продукцію в широкому асортименті, а для перевезення її застосовують різні види транспорту.

3.9. Розв'язання задач лінійного програмування з використанням MICROSOFT EXCEL

Для того, щоб розв'язати задачу ЛП(лінійного програмування) в табличному редакторі Microsoft Excel, необхідно виконати такі дії.

1. Ввести умову задачі:

- а) створити форму для введення умови задачі:
 - змінних;
 - цільової функції (ЦФ);
 - обмежень;
 - граничних умов;
- б) ввести початкові дані в форму:
 - коефіцієнти ЦФ;
 - коефіцієнти при змінних в обмеженнях;
 - праві частини обмежень;
- в) ввести залежність з математичної моделі в форму:
 - – формулу для розрахунку ЦФ;
 - – формули для розрахунку значень лівих частин обмежень;
- г) задати ЦФ (у вікні “Поиск решения”):
 - – цільова комірка;
 - – напрям оптимізації ЦФ;
- д) ввести обмеження і граничні умови (у вікні “Поиск решения”):
 - – комірки з значеннями змінних;
 - – граничні умови для допустимих значень змінних;
 - – співвідношення між правими і лівими частинами обмежень.

2. Розв'язати задачу:

- а) встановити параметри розв'язання задачі (у вікні “Поиск решения”);
- б) запустити задачу на розв'язання (у вікні “Поиск решения”);
- в) вибрати формат висновку розв'язання (у вікні “Результаты поиска решения”).

Розглянемо приклад знаходження розв'язку для такої одноіндексної задачі ЛП:

$$\begin{aligned} L(X) &= 130,5x_1 + 20x_2 + 56x_3 + 87,8x_4 \rightarrow \max; \\ \begin{cases} -1,8x_1 + 2x_2 + x_3 - 4x_4 = 756, \\ -6x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 \geq 450, \\ 4x_1 - 1,5x_2 + 10,4x_3 + 13x_4 \leq 89, \\ x_j \geq 0; j = \overline{1,4}. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

Починаємо з введення початкових даних, створення форми і наповнення її умовою задачі.

Екранна форма для введення умов задачі (1) разом з введеними в неї початковими даними подана на рис.3.5.

В екранній формі на рис.3.5. кожній змінній і кожному коефіцієнту задачі поставлена відповідно конкретна комірка в Excel. Ім'я комірки складається з букви, що позначає стовпець, і цифри, що позначає рядок, на перетині яких знаходиться об'єкт задачі ЛП. Так, наприклад, змінним задачі (1) відповідають комірки В3 ((x_1), С3 ((x_2), D3 ((x_3), Е3 ((x_4), коефіцієнтам ЦФ відповідають комірки В6 (($c_1 = 130,5$), С6 (($c_1 = 20$), D6 (($c_1 = 56$), Е6 (($c_4 = 87,8$), правим частинам обмежень відповідають комірки Н10 (($b_1 = 756$), Н11 (($b_2 = 450$), Н12 (($b_3 = 89$) і т.д.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1			ЗМІННІ						
2	Назва	X1	X2	X3	X4				
3	Значення								
4						ЦФ	Напрямок		
5						Значення	max		
6	Коеф. ЦФ	130,5	20	56	87,8				
7									
8			ОБМЕЖЕННЯ						
9	Вид					Ліва частина	Знак	Права частина	
10	Обм. 1	-1,8	2	1	-4		=	756	
11	Обм. 2	-6	2	4	-1		>=	450	
12	Обм. 3	4	-1,5	10,4	13		<=	89	

Рис. 3.5. Форма для введення даних задачі

В комірку F6, в якій буде відображатися значення ЦФ, необхідно ввести формулу, за якою це значення буде розраховано. Згідно з (1) значення ЦФ визначається виразом

$$130,5x_1 + 20x_2 + 56x_3 + 87,8x_4 \quad (2)$$

Використовуючи позначення відповідних комірок в Excel (див. рис.3.5.), формулу для розрахунку ЦФ (2) можна записати як суму значень кожної з комірок, відведених для значень змінних задачі (В3, С3, D3, Е3), на відповідну комірку, відведену для коефіцієнтів ЦФ

(B6, C6, D6, E6), тобто

$$B6 \cdot B3 + C6 \cdot C3 + D6 \cdot D3 + E6 \cdot E3, \quad (3)$$

Щоб задати формулу (3) необхідно в комірку F6 ввести такий вираз і натискувати клавішу “Enter”

$$\{= \text{СУММПРОИЗВ}(B\$3:E\$3;B6:E6)\} \quad (4)$$

де символ “\$” перед номером рядка 3 означає, що при копіюванні цієї формули в інші місця листа Excel номер рядка 3 не зміниться; символ : означає, що у формулі будуть використані всі комірки, розташовані між комірками, вказаними зліва і справа від двокрапки (наприклад, запис B6:E6 указує на комірки B6, C6, D6 і E6). Після цього в цільовій комірці з'явиться 0 (нульове значення) (рис.3.6.).

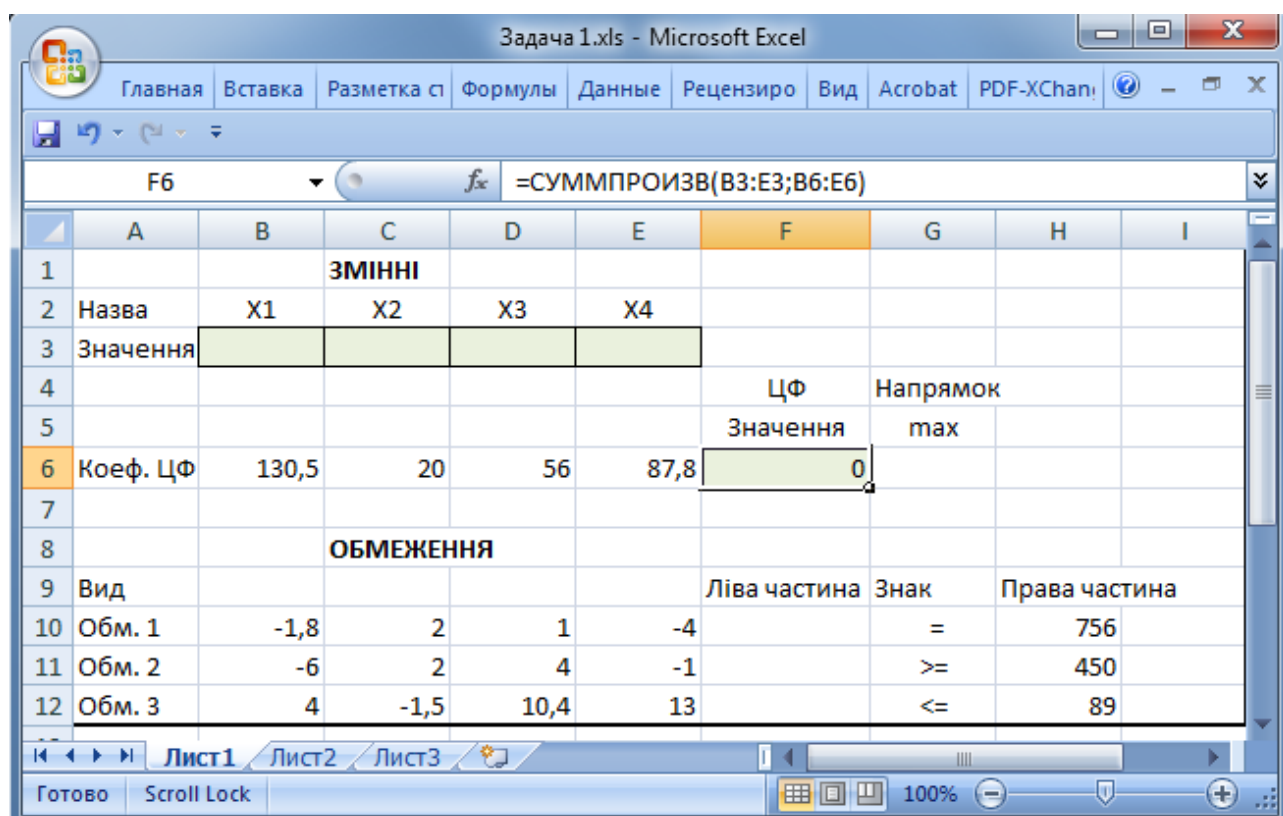


Рис.3.6. Екранна форма задачі

Примітка. Існує інший спосіб задання функцій в Excel за допомогою режиму “Вставка функцій”, який можна викликати з меню “Вставка” або при натисненні кнопки “ f_x ” на стандартній панелі інструментів. Так, наприклад, формулу (4) можна задати таким чином.

1. Курсор в полі F6.
2. Натисніть кнопку “ f_x ”, викличте вікно “Мастер функцій

3. Виберіть у вікні “Категория” категорію “Математические”.
4. У вікні “Функция” виберіть функцію СУММПРОИЗВ.
5. У вікні “СУММПРОИЗВ”, що з'явилося, в рядок “Массив 1” введіть вираз B\$3:E\$3, а в рядок “Массив 2” – вираз B6:E6 (рис.3.7).
6. Після введення комірок в рядки “Массив 1” і “Массив 2” у вікні “СУММПРОИЗВ” з'являться числові значення введених масивів (см. рис.3.7.), а в екранній формі в комірці F6 з'явиться поточне значення, обчислене за введеною формулою, тобто 0 (оскільки у момент введення формули значення змінних задачі нульові).

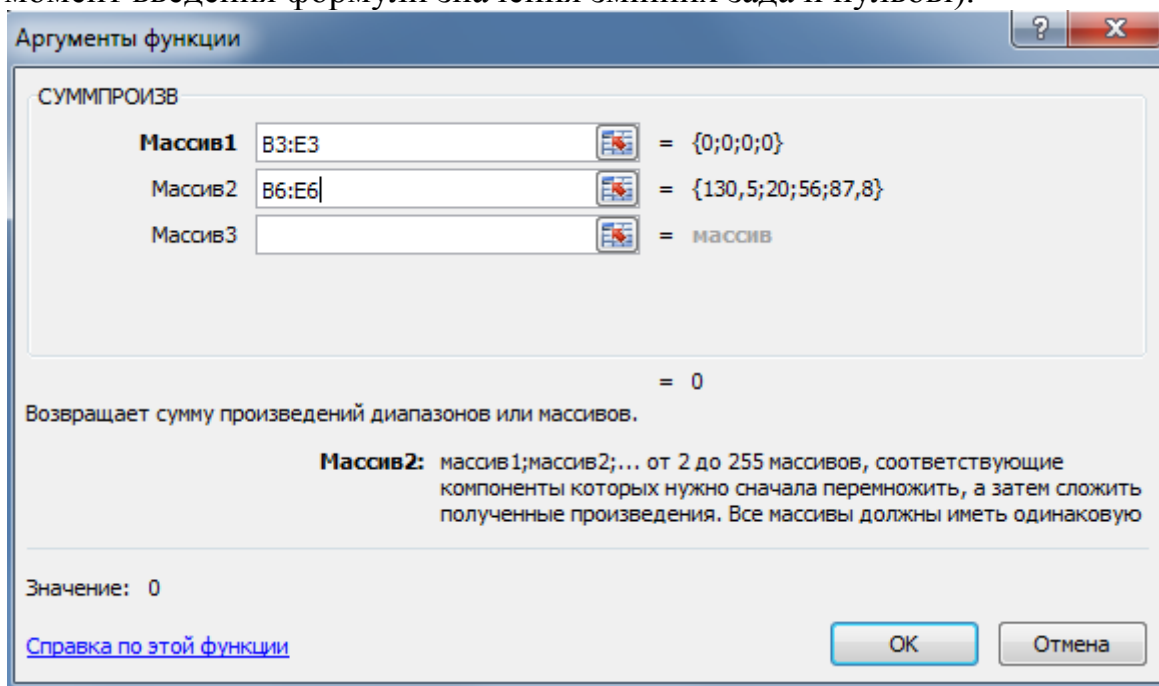


Рис. 3.7. Введення формули для розрахунку ЦФ у вікно “Мастер функций”

Залежність для лівих частин обмежень. Ліві частини обмежень задачі (1) є сумою кожної з комірок, відведених для значень змінних задачі (B3, C3, D3, E3), на відповідну комірку, відведену для коефіцієнтів конкретного обмеження (B10, C10, D10, E10 – 1-е обмеження; B11, C11, D11, E11 – 2-е обмеження і B12, C12, D12, E12 – 3-е обмеження). Формули, відповідні лівим частинам обмежень, наведені в таблиці:

Ліва частина обмеження	Формула Excel
$-1,8x_1 + 2x_2 + x_3 - 4x_4$ или $B10 \cdot B3 + C10 \cdot C3 + D10 \cdot D3 + E10 \cdot E3$	<code>=СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B10:E10)</code>
$-6x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4$ або $B11 \cdot B3 + C11 \cdot C3 + D11 \cdot D3 + E11 \cdot E3$	<code>=СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B11:E11)</code>
$4x_1 - 1,5x_2 + 10,4x_3 + 13x_4$ или $B12 \cdot B3 + C12 \cdot C3 + D12 \cdot D3 + E12 \cdot E3$	<code>=СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B12:E12)</code>

Як видно з таблиці, формули, задаючи ліві частини обмежень задачі (1), відрізняються одна від одної і від формули (4) в цільовій комірці F6 тільки номером рядка в другому масиві. Цей номер визначається тим рядком, в якому обмеження записано в екранній формі. Тому для задання залежності для лівих частин обмежень достатньо скопіювати формулу з цільової комірки в комірки лівих частин обмежень. Для цього необхідно:

1. Помістити курсор в полі цільової комірки F6 і скопіювати в буфер вміст комірки F6 (клавішами “Ctrl-C”).

2. Поміщати курсор по черзі в поля ліві частини кожного з обмежень, тобто в F10, F11 і F12, і вставляти в ці поля вміст буфера (клавішами “Shift-Insert”) (при цьому номер комірок в другому масиві формули буде змінюватись на номер того рядка, в який була вироблена вставка з буфера).

3. На екрані в полях F10, F11 і F12 з'явиться 0 (нульове значення) (див. рис.3.6).

Перевірка правильності введення формул. Для перевірки правильності введених формул виконуєте по черзі подвійне натиснення лівої клавіші миші на комірки з формулами. При цьому на екрані рамкою будуть виділятися комірки, використовувані у формулі (рис.3.8. і 3.9.).

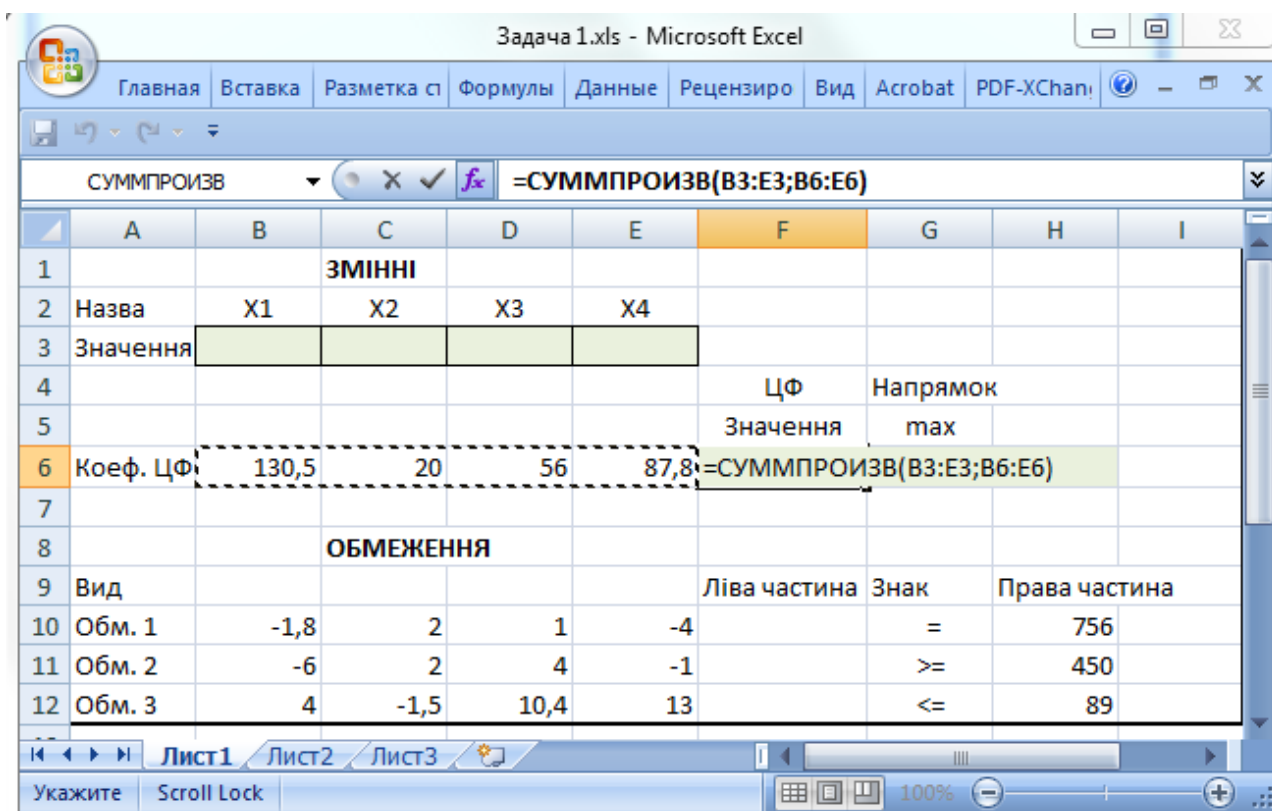


Рис. 3.8. Перевірка правильності введення формули в цільову комірку

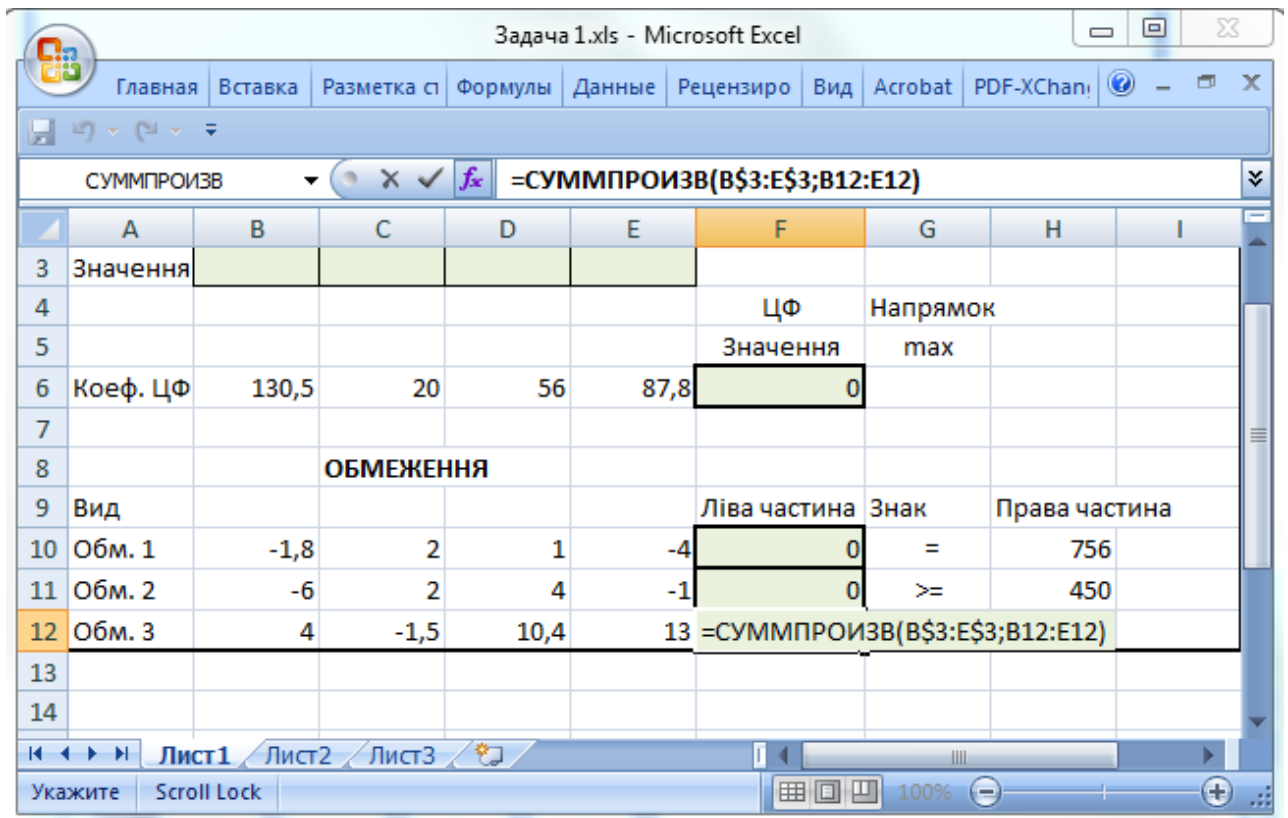


Рис. 3.9. Перевірка правильності введення формули в комірку F12

. Подальші дії виконуються у вікні “Поиск решения”, яке викликається з меню “Сервис” (рис.3.10).

Задання ЦФ

1. Поставте курсор в полі “Установить целевую ячейку”.
2. Введіть адресу цільової комірки \$F\$6 або зробіть одне натиснення лівої клавіші миші на цільову комірку в екранній формі – це буде рівносильно введенню адреси з клавіатури.
3. Введіть напрям оптимізації ЦФ, клацнувши один раз лівою клавішею миші по селекторній кнопці “максимальное значение”.

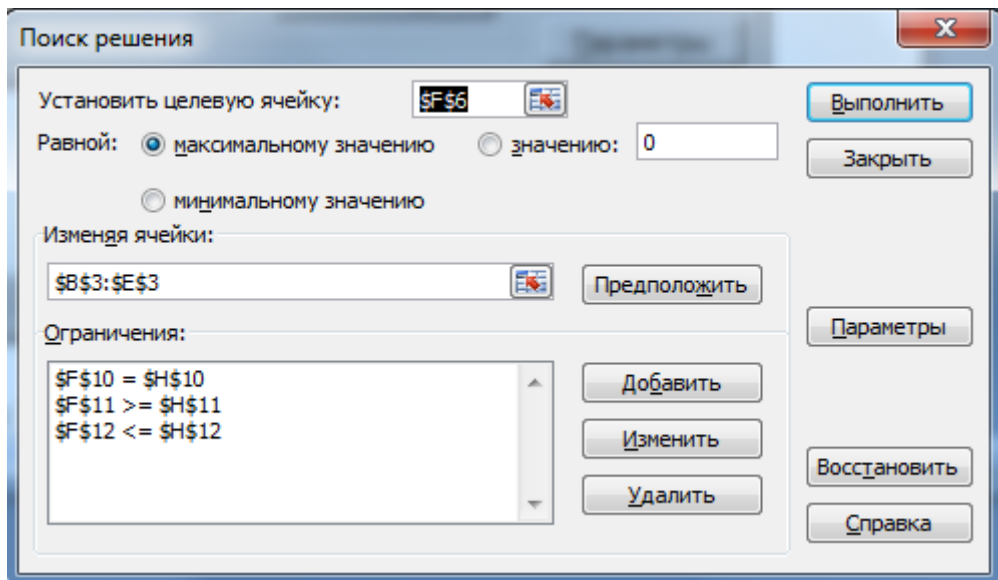


Рис.3.10. Вікно “Поиск решения”

Введення обмежень, граничних умов та задання комірок змінних. У вікно “Поиск решения” в полі “Изменяя ячейки” впишіть адреси \$B\$3:\$E\$3. Необхідні адреси можна вносити в полі “Изменяя ячейки” і автоматично шляхом виділення мишею відповідних комірок змінних безпосередньо в екранній формі.

Задання обмежень задачі.

1. Натискуйте кнопку “Добавить”, після чого з'явиться вікно “Добавление ограничения” (рис.3.11).

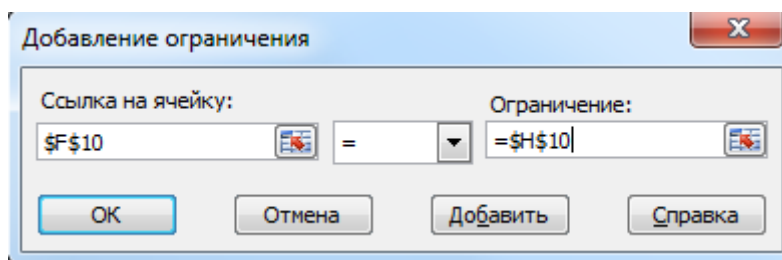


Рис. 3.11. Додавання умови позитивності змінних

2. В полі “Ссылка на ячейку” введіть адресу комірки лівої частини конкретного обмеження, наприклад \$F\$10. Це можна зробити як з клавіатури, так і шляхом виділення мишею потрібної комірки безпосередньо в екранній формі.

3. Відповідно до умови задачі (1) вибрати в полі знака необхідний знак, наприклад =.

4. В полі “Ограничения” введіть адреси комірки правої частини даного обмеження, наприклад \$H\$10.

5. Аналогічно введіть обмеження: \$F\$11>=\$H\$11 \$F\$12<=\$H\$12.

6. Підтвердіть введення всіх перерахованих вище умов натисненням кнопки “ОК”.

Вікно “Поиск решения” після введення всіх необхідних даних задачі (1) подано на рис.3.10.

Якщо при введенні умови задачі виникає необхідність в зміні або видаленні внесених обмежень або граничних умов, то це роблять, натисканням кнопки “Изменить” або “Удалить” (див. рис. 3.1).0 Розв’язування задачі. Встановлення параметрів розв’язування задачі. Задача запускається на розв’язування у вікні “Поиск решения”. Але заздалегідь для встановлення конкретних параметрів розв’язування задач оптимізації певного класу необхідно натискувати кнопку “Параметры” і заповнити деякі поля вікна “Параметры поиска решения” (рис.3.12).

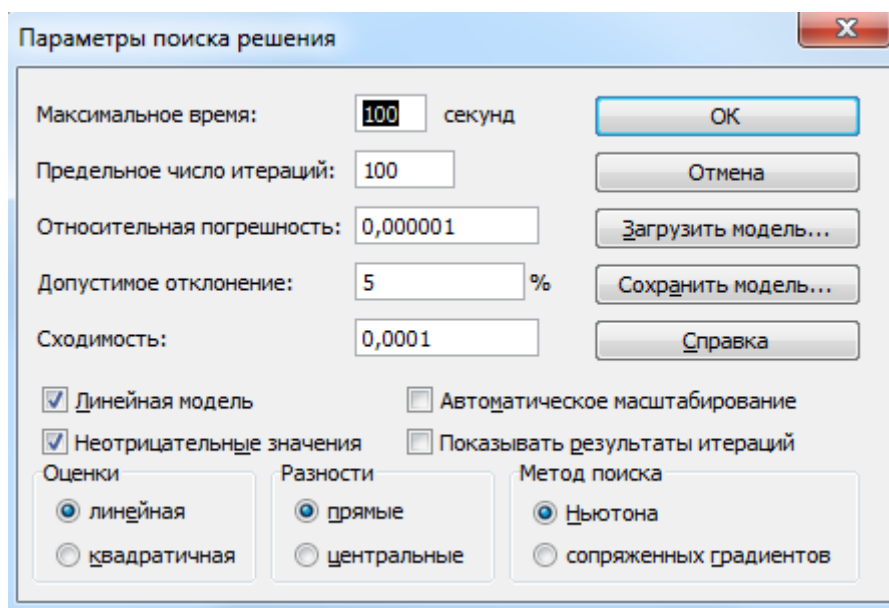


Рис.3.12. Параметры пошуку розв’язування, відповідні для більшості задач ЛП

Параметр “Максимальное время” служить для призначення часу (в секундах), що виділяється на розв’язування задачі. В полі можна ввести час, що не перевищує 32 767 секунд (більше 9 годин).

Параметр “Предельное число итераций” служить для управління часом розв’язування задачі шляхом обмеження числа проміжних обчислень. В полі можна ввести кількість ітерацій, що не перевищує 32767.

Параметр “Относительная погрешность” служить для задання точності, з якою визначається відповідність комірки цільовому значенню або наближення до вказаних меж. Поле повинно містити число з інтервалу від 0 до 1. Чим менша кількість десяткових знаків у введеному числі, тим нижча точність. Висока точність збільшить час,

який потрібний для того, щоб зійшовся процес оптимізації.

Параметр “Допустимое отклонение” служить для задання допуску на відхилення від оптимального розв’язування в цілочислових задачах. При вказанні більшого допуску “Поиск решения” закінчується швидше.

Параметр “Сходимость” застосовується тільки при розв’язуванні нелінійних задач.

Встановлення прапорця “Линейная модель” забезпечує прискорення пошуку розв’язування лінійної задачі за рахунок застосування симплекс-методу.

Встановлення прапорця “Неотрицательное значение” забезпечує отримання невід’ємних значень шуканих змінних.

Підтвердіть встановлені параметри натисненням кнопки “ОК”.

Запуск задачі на розв’язування робиться з вікна “Поиск решения” шляхом натиснення кнопки “Выполнить”.

Після запуску на розв’язування задачі ЛП на екрані з’являється вікно

“Результаты поиска решения” з одним з повідомлень, поданих на рис.3.13, 3.14 і 3.15.

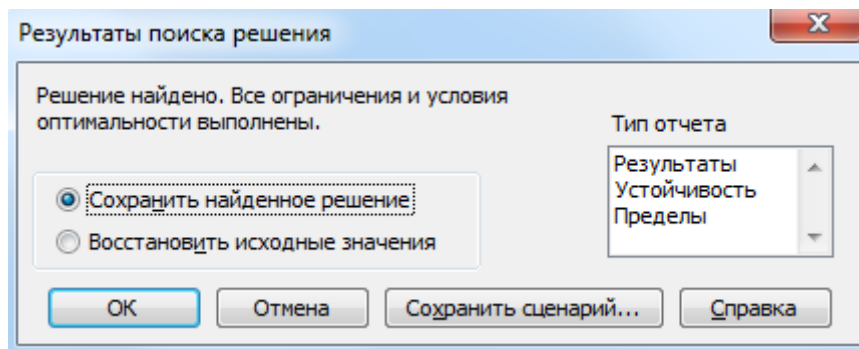


Рис. 3.13. Повідомлення про успішне розв’язування задачі

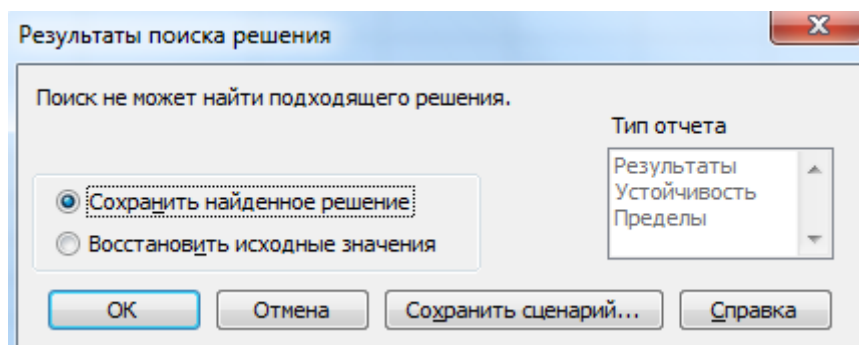


Рис. 3.14. Повідомлення при несумісній системі обмежень задачі

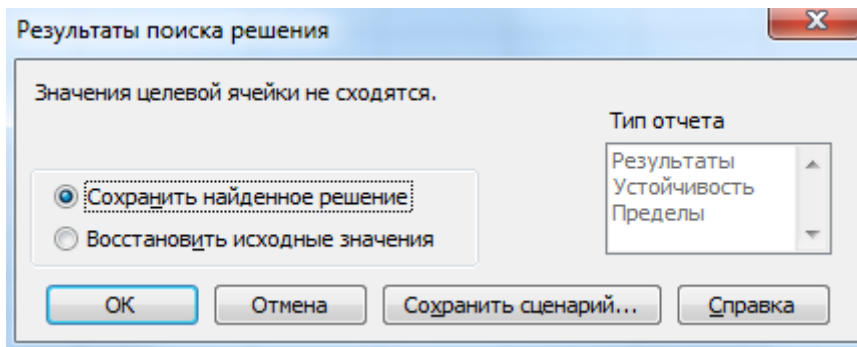


Рис. 3.15. Повідомлення при необмеженості ЦФ в необхідному напрямі

Іноді повідомлення, показані на рис.3.14 і 3.15, свідчать не про характер оптимального розв’язування задачі, а про те, що при введенні умов задачі в Excel були допущені помилки, що не дозволяють Excel знайти оптимальний розв’язок, який насправді існує.

Якщо при заповненні полів вікна “Поиск решения” були допущені помилки, що не дозволяють Excel застосувати симплекс-метод для розв’язування задачі або довести її розв’язування до кінця, то після запуску задачі на розв’язування на екран буде видано відповідне повідомлення з вказанням причини, за якою розв’язування не знайдено.

Іноді дуже мале значення параметра “Относительная погрешность” не дозволяє знайти оптимальний розв’язок. Для виправлення цієї ситуації збільшуйте похибку порозрядно, наприклад, від 0,000001 до 0,00001 і т.д.

У вікні “Результаты поиска решения” подані назви трьох типів звітів: “Результаты”, “Устойчивость”, “Пределы”. Вони необхідні при аналізі отриманого розв’язку на чутливість. Для отримання ж відповіді (значень змінних, ЦФ і лівих частин обмежень) прямо в екранній формі просто натискуйте кнопку “ОК”. Після цього в екранній формі з’являється оптимальний розв’язок задачі (рис.3.16).

Задача 1.xls - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка с... Формулы Данные Рецензиро Вид Acrobat PDF-XChan...

F12 fx =СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B12:E12)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1			ЗМІННІ						
2	Назва	X1	X2	X3	X4				
3	Значення	100,6607	546,4444	0	38,92492				
4						ЦФ	Напрямок		
5						Значення	max		
6	Коеф. ЦФ	130,5	20	56	87,8	27482,71351			
7									
8			ОБМЕЖЕННЯ						
9	Вид					Ліва частина	Знак	Права частина	
10	Обм. 1	-1,8	2	1	-4	756	=	756	
11	Обм. 2	-6	2	4	-1	450	>=	450	
12	Обм. 3	4	-1,5	10,4	13	89	<=	89	

Лист1 Лист2 Лист3

Готово Scroll Lock 100%

Рис. 3.16. Екранна форма задачі після отримання розв'язку

Припустимо, що до умови задачі (1) додалася вимога цілочислових значень всіх змінних. В цьому випадку описаний вище процес введення умови задачі необхідно доповнити такими кроками.

1. В екранній формі вкажіть, на які змінні накладається вимога цілочислової (цей крок робиться для наочності сприйняття умови задачі) (рис.3.17).

2. У вікні “Поиск решения” (меню “Сервис” → “Поиск решения”), натискуйте кнопку “Добавить” і у вікні “Добавление ограничения”, що з'явилося, введіть обмеження таким чином (рис.3.18):

3. В полі “Ссылка на ячейку” введіть адреси комірок змінних задачі, тобто \$B\$3:\$E\$3;

4. В полі введення знака обмеження встановіть “Целое”;

5. Підтвердіть введення обмеження натисненням кнопки “ОК”.

Задача 1.xls - Microsoft Excel

ГлавнаяВставкаРазметка сФормулыДанныеРецензироВидAcrobatPDF-XChan

K11fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1			ЗМІННІ						
2	Назва	X1	X2	X3	X4				
3	Значення	100	546	0	39				
4	Цілочис.	ціле	ціле	ціле	ціле	ЦФ	Напрямок		
5						Значення	max		
6	Коеф. ЦФ	130,5	20	56	87,8	27394,2			
7									
8			ОБМЕЖЕННЯ						
9	Вид					Ліва частина	Знак	Права частина	
10	Обм. 1	-1,8	2	1	-4	756	=	756	
11	Обм. 2	-6	2	4	-1	453	>=	450	
12	Обм. 3	4	-1,5	10,4	13	88	<=	89	

Лист1Лист2Лист3

ГотовоScroll Lock

100%

Рис. 3.17. Розв’язування задачі за умови цілочислових змінних

Добавление ограничения

Ссылка на ячейку: Ограничение:

OK Отмена Добавить Справка

Рис. 3.18. Введення умови цілочислових змінних задачі

На рис.3.17 подано розв’язування задачі (1), до обмежень якої додано умову цілочислових значень її змінних.

Двохіндексні (транспортні) задачі ЛП вводяться і розв’язуються в Excel аналогічно одноіндексним задачам. Специфіка введення умови двоіндексної задачі ЛП полягає лише в зручності матричної задання змінних задачі і коефіцієнтів ЦФ.

Розглянемо розв’язування двоіндексної задачі, суть якої полягає в оптимальній організації транспортних перевезень штучного товару зі складів в магазини.

Початкові дані транспортної задачі

Тарифи, грн./шт.	1-й магазин	2-й магазин	3-й магазин	Запаси, штук
1-й склад	2	9	7	25
2-й склад	1	0	5	50
3-й склад	5	4	100	35
4-й склад	2	3	6	75
Потреби, шт.	45	90	50	

Цільова функція і обмеження даної задачі мають вигляд

$$\begin{aligned}
 L(X) = & 2x_{11} + 9x_{12} + 7x_{13} + x_{21} + 5x_{23} + 5x_{31} + \\
 & + 4x_{32} + 100x_{33} + 2x_{41} + 3x_{42} + 6x_{43} \rightarrow \min; \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 x_{11} + x_{12} + x_{13} = 25, \\
 x_{21} + x_{22} + x_{23} = 50, \\
 x_{31} + x_{32} + x_{33} = 35, \\
 x_{41} + x_{42} + x_{43} = 75, \\
 x_{11} + x_{21} + x_{31} = 45, \\
 x_{12} + x_{22} + x_{32} = 90, \\
 x_{13} + x_{23} + x_{33} = 50, \\
 \forall x_{ij} \geq 0, \forall x_{ij} - \text{цілі} \left(i = \overline{1,4}; j = \overline{1,3} \right).
 \end{array} \right. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Екранні форми, задання змінних, цільової функції, обмежень і граничних умов двох індексної (транспортної) задачі (5) і її розв'язування подані на рис.3.19, 3.20, 3.21 і в наступній таблиці.

Формули екранної форми задачі

Об'єкт математичної моделі	Вираз в Excel
Змінні задачі	C3:E6
Формула в цільовій комірці F15	=СУММПРОИЗВ(C3:E6;C12:E15)
Обмеження по рядках в комірках F3, F4, F5, F6	=СУММ(C3:E3) =СУММ(C4:E4) =СУММ(C5:E5) =СУММ(C6:E6)
Обмеження по стовпцях в комірках C7, D7, E7	=СУММ(C3:C6) =СУММ(D3:D6) =СУММ(E3:E6)
Сумарні запаси і потреби в комірках H8, G9	=СУММ(H3:H6) =СУММ(C9:E9)

Задача 2.xls - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			ЗМІННІ			Обмеження		
2		цілі	xi1	xi2	xi3	Ліва част.	Знак	Права част.
3		x1j				0	=	25
4		x2j				0	=	50
5		x3j				0	=	35
6		x4j				0	=	75
7		Ліва част.	0	0	0			
8			=	=	=			БАЛАНС
9		Права част	45	90	50			185
10								
11		ТАРИФИ	xi1	xi2	xi3			
12		x1j	2	9	7			
13		x2j	1	0	5	ЦФ		
14		x3j	5	4	100	значення	Напрямок	
15		x4j	2	3	6	0	min	

Рис. 3.19 Екранна форма транспортної задачі

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: ☐ максимальному значению ☐ значению: ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

-
-
-

Рис. 3.20. Обмеження і граничні умови задачі

Задача 2.xls - Microsoft Excel

Главна Вставка Разметка Формул Данные Реценз Вид Acrobat PDF-XC

J11 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			ЗМІННІ			Обмеження		
2		цілі	x _{i1}	x _{i2}	x _{i3}	Ліва част.	Знак	Права част.
3		x _{1j}	25	0	0	25	=	25
4		x _{2j}	0	50	0	50	=	50
5		x _{3j}	0	35	0	35	=	35
6		x _{4j}	20	5	50	75	=	75
7		Ліва част.	45	90	50			
8			=	=	=			БАЛАНС
9		Права част	45	90	50		185	
10								
11		ТАРИФИ	x _{i1}	x _{i2}	x _{i3}			
12		x _{1j}	2	9	7			
13		x _{2j}	1	0	5	ЦФ		
14		x _{3j}	5	4	100	значення	Напрямок	
15		x _{4j}	2	3	6	545	min	

Лист1 Лист2 Лист3

Готово Scroll Lock 100%

Рис. 3.21. Екранна форма після отримання розв'язку задачі

Окремим випадком задач з цілочисловими змінними є задачі, в результаті розв'язування яких шукані змінні x_j можуть приймати тільки одне з двох значень: 0 або 1. Такі змінні названі на честь англійського математика Джорджа Буля, що запропонував їх називати булевими. На рис.3.22 подана екранна форма та на рис. 3.23 - розв'язок деякої двохіндексної задачі з булевими змінними.

Задача 2.xls - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка Формул Данные Рецензия Вид Acrobat PDF-XCt

M21 f_x

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			ЗМІННІ			Обмеження		
2		цілі, булеві	xi1	xi2	xi3	Ліва част.	Знак	Права част.
3		x1j				0	=	1
4		x2j				0	=	1
5		x3j				0	=	1
6		Ліва част.	0	0	0			
7			=	=	=			БАЛАНС
8		Права част.	1	1	1		3	
9								
10		ТАРИФИ	xi1	xi2	xi3			
11		x1j	2	9	7	ЦФ		
12		x2j	1	0	5	значення	Напрямок	
13		x3j	5	4	100	0	min	

Лист1 Лист2 Лист3

Готово Scroll Lock 100%

Рис. 3.22. Форма з введеними даними для задачі з булевими змінними

Задача 2.xls - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка Формул Данные Рецензия Вид Acrobat PDF-XCt

N14 f_x

	A	B	C	D	E	F	G	H
2		цілі, булеві	xi1	xi2	xi3	Ліва част.	Знак	Права част.
3		x1j	1	0	0	1	=	1
4		x2j	0	0	1	1	=	1
5		x3j	0	1	0	1	=	1
6		Ліва част.	1	1	1			
7			=	=	=			БАЛАНС
8		Права част.	1	1	1		3	
9								
10		ТАРИФИ	xi1	xi2	xi3			
11		x1j	2	9	7	ЦФ		
12		x2j	1	0	5	значення	Напрямок	
13		x3j	5	4	100	11	min	
14								

Лист1 Лист2 Лист3

Готово Scroll Lock 100%

Рис.3.23. Розв'язування задачі з булевими змінними

Крім задання вимоги цілочислової при введенні умови задач з булевими змінними необхідно:

1. Для наочності сприйняття ввести в екранну форму слово “булевые” як характеристики змінних (див. рис.3.23).
2. У вікні “Поиск решения” додати граничні умови, що мають обмеження значень змінних за їх одиничною верхньою межею (рис.3.24).

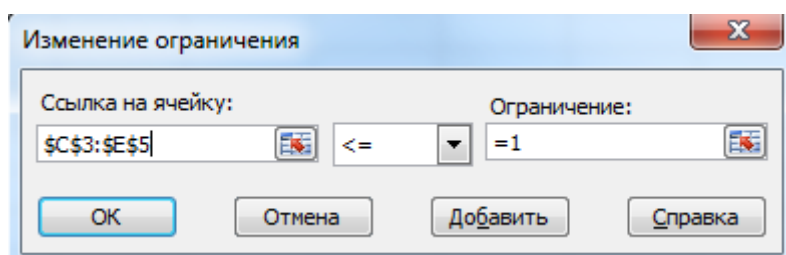


Рис.3.24. Додання умови одиничної верхньої межі значень змінних двохіндексної задачі з булевими змінними

Вигляд вікна “Поиск решения” для задачі з булевими змінними, поданої на рис.3.22, наведений на рис.1.25.

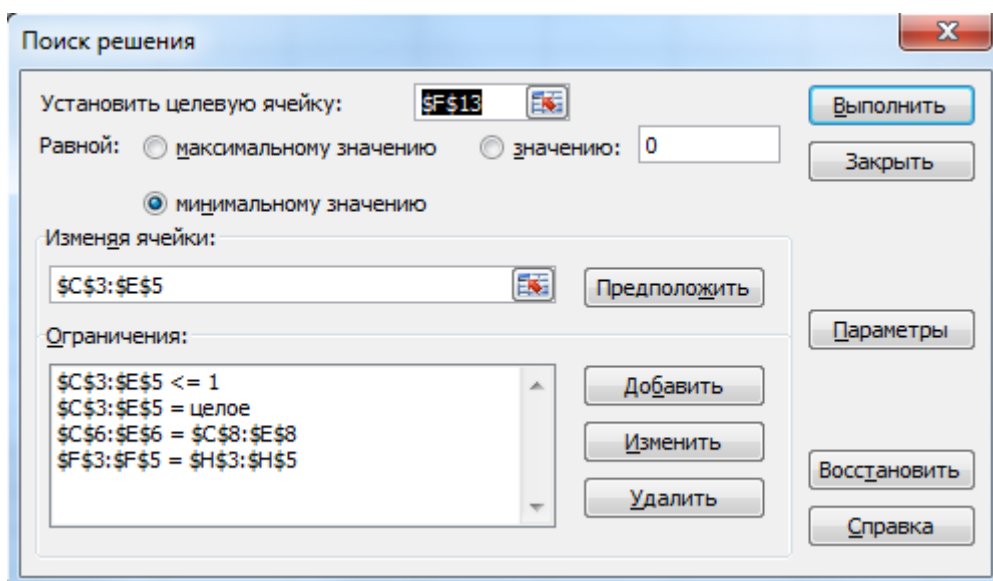


Рис. 3.25. Вікно “Поиск решения” для задачі з булевими змінними

3.10. Нелінійне програмування: методи та їх особливості

У попередніх розділах було розглянуто методи розв'язування задач лінійного програмування та деякі типи задач, що певними нескладними перетвореннями зводяться до лінійних. Ці методи найкраще розроблені,

легко реалізуються на ПЕОМ, а тому набули широкого застосування в багатьох галузях науки, техніки та економіки. Проте лінійні моделі відображають лише певну й вельми обмежену сукупність властивостей навколишнього світу. Адже, скажімо, соціально-економічні процеси переважно не є лінійними. Галузі, об'єднання та окремі підприємства народного господарства функціонують і розвиваються за умов невизначеності, а тому адекватно їх можна описати нелінійними, стохастичними, динамічними моделями. Отже, для ефективного управління народним господарством в цілому, його галузями і окремими об'єктами господарювання потрібне застосування нелінійних економіко-математичних моделей та методів.

Зауважимо, що сучасний рівень розвитку комп'ютерної техніки і методів математичного моделювання створює передумови для застосування нелінійних методів, а це може суттєво підвищити якість розроблюваних планів, надійність та ефективність рішень, які приймаються.

Досить детально розглянута в розділах, присвячених лінійному програмуванню, задача пошуку оптимальних обсягів виробництва ґрунтується на допущеннях про лінійність зв'язку між витратами ресурсів і обсягами виготовленої продукції; між ціною, рекламою та попитом тощо. Але такі зв'язки насправді є нелінійними, тому точніші математичні моделі доцільно формулювати в термінах нелінійного програмування.

Нехай для деякої виробничої системи необхідно визначити план випуску продукції за умови найкращого способу використання її ресурсів. Відомі загальні запаси кожного ресурсу, норми витрат кожного ресурсу на одиницю продукції та ціни реалізації одиниці виготовленої продукції. Критерії оптимальності можуть бути різними, наприклад, максимізація виручки від реалізації продукції. Така умова подається лінійною залежністю загальної виручки від обсягів проданого товару та цін на одиницю продукції.

Однак, загальновідомим є факт, що за умов ринкової конкуренції питання реалізації продукції є досить складним. Обсяг збуту продукції визначається передусім її ціною, отже, як цільову функцію доцільно брати максимізацію не всієї виготовленої, а лише реалізованої продукції. Необхідно визначати також і оптимальний рівень ціни на одиницю продукції, за якої обсяг збуту був би максимальним. Для цього її потрібно ввести в задачу як невідому величину, а обмеження задачі мають враховувати зв'язки між ціною, рекламою та обсягами збуту продукції. Цільова функція в такому разі буде виражена добутком двох невідомих величин: оптимальної ціни одиниці продукції на оптимальний обсяг відповідного виду продукції, тобто буде нелінійною. Отже, маємо задачу нелінійного програмування.

Також добре відома транспортна задача стає нелінійною, якщо вартість перевезення одиниці товару залежить від загального обсягу перевезеного за маршрутом товару. Тобто коефіцієнти при невідомих у цільовій функції, що в лінійній моделі були сталими величинами, залежатимуть від значень невідомих (отже, самі стають невідомими), що знову приводить до нелінійності у функціоналі.

І нарешті, будь-яка задача стає нелінійною, якщо в математичній моделі необхідно враховувати умови невизначеності та ризик. Як показник ризику часто використовують дисперсію, тому для врахування обмеженості ризику потрібно вводити нелінійну функцію в систему обмежень, а мінімізація ризику певного процесу досягається дослідженням математичної моделі з нелінійною цільовою функцією.

Нелінійні задачі математичного програмування не зводяться до певної стандартної форми. Тип задачі визначається типом функцій, які входять до цільової функції і обмежень. Не існує загального універсального методу розв'язування нелінійних задач, подібного до того, яким є симплексний метод для задач лінійного програмування. Ця обставина, а також специфіка окремих типів нелінійних задач зумовили значну різноманітність методів їх розв'язування.

Далі подано деякі загальні властивості нелінійних задач різних типів і основні ідейні засади, на яких ґрунтуються алгоритми їх розв'язування.

При побудові методів розв'язування задач нелінійного програмування, особливо задач з лінійними обмеженнями, широко використовується ідея зведення їх до вигляду, що так чи інакше допускає застосування симплексного або подібного до нього методу. Проте коли для лінійних задач симплексний метод дає точний розв'язок, то за допомогою згаданих методів можна дістати лише наближений розв'язок нелінійних задач. Як правило, нелінійна задача замінюється при цьому лінійною, розв'язок якої близький до розв'язку нелінійної задачі.

Для такого зведення треба, щоб задача нелінійного програмування мала певні властивості. При побудові наближених лінійних задач виникає ряд труднощів, які можуть призвести до того, що розв'язок наближеної задачі буде надто грубим і непридатним для використання.

Слід зауважити, що навіть питання про існування розв'язку задачі нелінійного програмування не вирішується так просто, як для лінійних задач, а часто потребує окремого дослідження.

Поряд з цим розроблено деякі методи, що дають змогу діставати точні розв'язки нелінійних задач певних типів; проте і в цьому разі для реальних задач виникають часто труднощі обчислювального характеру.

Існує доволі широке коло задач математичного програмування, в економіко-математичних моделях яких одна або кілька змінних мають набувати цілих значень. Наприклад, коли йдеться про кількість верстатів у цеху, тварин у сільськогосподарських підприємствах тощо.

Зустрічаються також задачі, які з першого погляду не мають нічого спільного з цілочисловими моделями, проте формулюються як задачі цілочислового програмування. Вимоги дискретності змінних в явній чи неявній формах притаманні таким практичним задачам, як вибір послідовності виробничих процесів; календарне планування роботи підприємства; планування та забезпечення матеріально-технічного постачання, розміщення підприємств, розподіл капіталовкладень, планування використання обладнання тощо.

Задача математичного програмування, змінні якої мають набувати цілих значень, називається задачею цілочисельного програмування. У тому разі, коли цілочислових значень мають набувати не всі, а одна чи кілька змінних, задача називається частково цілочисельною.

До цілочислового програмування належать також ті задачі оптимізації, в яких змінні набувають лише двох значень: 0 або 1 (бульові, або бінарні змінні). Умова цілочисельності є по суті нелінійною і може зустрічатися в задачах, що містять як лінійні, так і нелінійні функції.

Слід зазначити, що у розглянутих в попередньому розділі класичній транспортній задачі та інших задачах транспортного типу (в задачах про призначення, про найкоротший шлях тощо) з цілочисловими параметрами початкових умов забезпечується цілочисловий розв'язок без застосування спеціальних методів, однак у загальному випадку вимога цілочисельності змінних значно ускладнює розв'язування задач математичного програмування.

Для знаходження оптимальних планів задач цілочислового програмування застосовують такі групи методів:

- 1) точні методи:
 - методи відтинання;
 - комбінаторні методи;
- 2) наближені методи.

Основою методів відтинання є ідея поступового «звуження» області допустимих розв'язків розглядуваної задачі. Пошук цілочислового оптимуму починається з розв'язування задачі з так званими послабленими обмеженнями, тобто без урахування вимог цілочисельності змінних. Далі введенням у модель спеціальних додаткових обмежень, що враховують цілочисельність змінних, багатогранник допустимих розв'язків послабленої задачі поступово зменшують доти, доки змінні оптимального розв'язку не набудуть цілочислових значень.

До цієї групи належать:

а) методи розв'язування повністю цілочислових задач (дробовий алгоритм Гоморі);

б) методи розв'язування частково цілочислових задач (другий алгоритм Гоморі, або змішаний алгоритм цілочислового програмування).

Комбінаторні методи цілочислової оптимізації базуються на ідеї перебору всіх допустимих цілочислових розв'язків, однак, згідно з їх процедурою здійснюється цілеспрямований перебір лише досить невеликої частини розв'язків.

Найпоширенішим у цій групі методів є метод гілок і меж.

Починаючи з розв'язування послабленої задачі, він передбачає поділ початкової задачі на дві підзадачі через виключення областей, що не мають цілочислових розв'язків, і дослідження кожної окремої частини багатогранника допустимих розв'язків.

Для розв'язування задач із бульовими змінними застосовують комбінаторні методи, причому, оскільки змінні є бульовими, то методи пошуку оптимуму значно спрощуються.

Досить поширеними є також наближені методи розв'язування цілочислових задач лінійного програмування. Оскільки для практичних задач великої розмірності за допомогою точних методів не завжди можна знайти строго оптимальний розв'язок за прийнятний час або для розв'язування задачі використовуються наближено визначені, неточні початкові дані, то часто в реальних задачах досить обмежитися наближеним розв'язком, пошук якого є спрощеним.

Значна частина наближених алгоритмів базується на використанні обчислювальних схем відомих точних методів, таких, наприклад, як метод гілок і меж. До наближених методів належать: метод локальної оптимізації (метод вектора спаду); модифікації точних методів; методи випадкового пошуку та ін.

Поява вимоги цілочисельності в економічних задачах є досить очевидною і пов'язана з наявністю у моделях параметрів, які можуть набувати тільки цілих значень. Нелінійність, яка впливає з вимог цілочисельності змінних, є незначною. Тому цілочислове програмування часто розглядають як розділ математичної оптимізації лінійних моделей, в яких на деякі чи всі змінні накладено умову цілочисельності.

Зауважимо, що задачі цілочислового програмування є частковим випадком загальнішого типу задач – дискретної оптимізації. Вимоги дискретності змінних, якщо не в явному вигляді, то в прихованій формі властиві багатьом практичним типам задач, що забезпечує дуже широке коло застосування дискретного програмування в багатьох теоретичних і прикладних дисциплінах. Задачі проектування, планування, розміщення, класифікації і управління добре

формалізуються за допомогою різних моделей дискретного програмування.

Нелінійне програмування: множники Лагранжа

Методи нелінійного програмування бувають прямі та непрямі. Прямими методами оптимальні розв'язки відшукують у напрямку найшвидшого збільшення (зменшення) цільової функції. Типовими для цієї групи методів є *градієнтні*. Непрямі методи полягають у зведенні задачі до такої, знаходження оптимуму якої вдається спростити. До них належать, насамперед, найбільш розроблені методи *квадратичного* та *сепарабельного* програмування.

Оптимізаційні задачі, на змінні яких не накладаються обмеження, розв'язують методами класичної математики. Оптимізацію з обмеженнями-рівностями виконують методами зведеного градієнта, скажімо методом Якобі, та множників Лагранжа. У задачах оптимізації з обмеженнями-нерівностями досліджують необхідні та достатні умови існування екстремуму Куна–Таккера [5].

Метод класичного аналізу знаходження потрібного екстремуму функції багатьох змінних, коли жодних обмежень на ці змінні не накладено вимагає такої умови, що для відшукування екстремальних точок функції вона повинна бути неперервною та диференційованою і мати неперервні похідні хоча б до другого порядку включно [6].

Необхідними умовами існування точок, в яких задана цільова функція $Z = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ може досягати екстремальних значень, є те, що в цих точках частинні похідні першого порядку функції повинні дорівнювати нулю. Самі ці точки (стаціонарні точки функції) визначаються як розв'язки системи рівнянь:

$$\frac{\partial f}{\partial x_j} = 0, (j = 1, 2, 3, \dots, n),$$

яка в загальному випадку буде нелінійною. Проте, як відомо, не кожна стаціонарна точка є екстремальною точкою функції; серед стаціонарних точок можуть бути і точки перетину (сідлові точки) функції.

Для встановлення типу стаціонарних точок слід перевірити виконання для них достатніх умов, якими визначається вид екстремуму і сідлові точки.

У стаціонарній точці функція має максимум, якщо її диференціал другого порядку в околі цієї точки є від'ємно-означена квадратична форма:

$$d^2 f = \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} dx_i dx_j < 0.$$

Якщо ж другий диференціал буде в околі стаціонарної точки додатно-означеною формою, то стаціонарна точка є точкою мінімуму.

Ідея методу множників Лагранжа також полягає в заміні задачі

$$\begin{aligned} Z &= f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n), \\ g_i(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) &= 0, (i=1, 2, 3, \dots, m), \end{aligned}$$

простішою задачею знаходження відповідного екстремального значення хоч і складнішої функції, проте без обмежень. Остання називається функцією Лагранжа і має таку структуру:

$$L = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_m) = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

де, λ_i ($i=1, 2, 3, \dots, m$) – поки що неозначені числа, які і називаються множниками Лагранжа.

Слід зазначити, що метод множників Лагранжа має особливе значення для теоретичних досліджень властивостей нелінійних задач математичного програмування і тісно пов'язаний з теорією подвійності.

Припустимо, що деяка точка $X(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ є для функції f точкою умовного максимуму або мінімуму. Тоді в цій точці повинні виконуватись необхідні умови існування екстремуму,

$$\frac{\partial f}{\partial x_j} = 0, (j = 1, 2, 3, \dots, n),$$

внаслідок чого повний диференціал розглядуваної функції дорівнюватиме нулю, тобто:

$$df = \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_j} dx_j = 0.$$

Перші диференціали функцій $g_i(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) = 0$, ($i=1, 2, 3, \dots, m$), у всіх точках $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$, а отже, і в точках екстремуму, дорівнюють нулю, тобто отримаємо:

$$dg_i = \sum_{j=1}^n \frac{\partial g_i}{\partial x_j} dx_j = 0, (i = 1, 2, 3, \dots, m).$$

Помноживши останні рівності на поки що невизначені множники λ_i , додамо їх почленно між собою і до рівності $df = \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_j} dx_j = 0$,

Будемо мати таке співвідношення:

$$\sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} + \lambda_1 \frac{\partial g_1}{\partial x_j} + \lambda_2 \frac{\partial g_2}{\partial x_j} + \dots + \lambda_m \frac{\partial g_m}{\partial x_j} \right) dx_j = 0.$$

Визначимо множники λ_i , так, щоб коефіцієнти (вирази в дужках) при диференціалах залежних змінних dx_{k+1}, \dots, dx_n дорівнювали нулю в розглядуваній екстремальній точці, тобто величини множників λ_i , визначимо як корені такої лінійної відносно λ_i системи з m рівнянь:

$$\frac{\partial f}{\partial x_j} + \lambda_1 \frac{\partial g_1}{\partial x_j} + \dots + \lambda_m \frac{\partial g_m}{\partial x_j} = 0,$$

$$(j = k + 1, k + 2, k + 3, \dots, k + m = n).$$

При визначених таким способом величинах λ_i , у лівій частині виразу залишаються лише доданки з диференціалами незалежних $dx_j (j = 1, 2, 3, \dots, k)$,

$$\text{змінних} \sum_{j=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} + \lambda_1 \frac{\partial g_1}{\partial x_j} + \dots + \lambda_m \frac{\partial g_m}{\partial x_j} \right) dx_j = 0.$$

Диференціали незалежних змінних є величинами незалежними і довільними. Покладаючи по черзі один з них відмінним від нуля і прирівнюючи нулю значення всіх інших, отримаємо систему рівнянь:

$$\frac{\partial a}{\partial \lambda_i} + \sum_{j=1}^k \frac{\partial g_j}{\partial \lambda_i} \lambda_j = 0, (i = 1, 2, 3, \dots, m).$$

Таким чином, m координат екстремальної точки цільової функції $Z = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$

і m множників λ_i повинні з необхідністю задовольняти систему з $(m+n)$ рівнянь

Легко побачити, що ліва частина кожного j -о рівняння системи є частинною похідною функції Лагранжа по $x_j (j=1, 2, 3, \dots, n)$, а ліва частина кожного i -го рівняння – частинною похідною цієї самої функції по відповідному $\lambda_i (i = 1, 2, \dots, m)$, так що всі разом вирази становлять необхідні умови існування екстремуму функції Лагранжа в розглядуваній точці.

Приклад. Сільськогосподарське підприємство випускає два види продукції. Прибуток від реалізації кожного виду продукції поданий такими залежностями: $2X_1^2$ та X_2^2 . Затрати обладнання, год на 1-й вид продукції становить – $2x_1$ год, а на 2-й вид продукції – $3x_2$ год. Всього на підприємстві 5 тис. год можливого використання обладнання для виробництва 1-го та 2-го виду продукції.

Визначити яка структура виробництва продукції надасть даному підприємству максимум прибутку.

Нехай X_1 - кількість виробленої продукції 1-го виду, шт.;

X_2 - кількість виробленої продукції 2-го виду, шт..

Запишемо економіко-математичну модель задачі.

Критерій оптимальності – максимізація прибутку агрофірми.

$$F = 2X_1^2 + X_2^2 \rightarrow \max$$

при умові $2x_1 + 3x_2 = 5$

$$X_j \geq 0, j \in [1, 2].$$

Запишемо функцію Лагранжа:

$$L = (X_1, X_2, \lambda_1) = 2X_1^2 + X_2^2 + \lambda_1 (5 - 2x_1 - 3x_2) = 0.$$

Прирівняємо частинні похідні даної функції до нуля:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial x_1} = 4x_1 - 2\lambda = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial x_2} = 2x_2 - 3\lambda = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 5 - 2x_1 - 3x_2 = 0. \end{cases}$$

Розв'язавши дану систему рівнянь отримаємо такі числові значення невідомих:

$$X_1 \approx 0,4;$$

$$X_2 \approx 1,2.$$

Отже, щоб агрофірма отримувала максимум прибутку від виробництва власної продукції необхідно, щоб вона випускала 1-го виду продукції – 0,4, а 2-гої – 1,2 штук.

При цьому прибуток буде становити:

$$Z = 2 \cdot (0.4)^2 + (1.2)^2 = 0.32 + 1.44 = 1.76 \text{ тис. грошових одиниць.}$$

3.11. Проблема двоїстості в лінійному програмуванні

Ознайомлення з явищем подвійності в лінійному програмуванні почнемо із задачі оптимізації ресурсів фірми. Припустимо, що деяка фірма має m видів виробничих ресурсів у визначеній кількості b_i для виробництва n видів продукції. Знаючи технологічні витрати (a_{ij}) ресурсів на виробництво одиниці продукції та прибуток (C_j) від реалізації товару, задача для цієї фірми зводиться до знаходження такого плану виробництва продукції кожного виду (x_j) , який би максимізував загальний прибуток і має вигляд:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad (1)$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_j \geq 0, j = 1; 2; n$$

Розглянемо іншу задачу. Припустимо, що є фірма, яка бажає купити для своїх потреб ресурси першої, маючи на це кошти. Постає

питання про ціни (цінність) ресурсів, за якими перша фірма погодилася б продати їх, а другій фірмі було б вигідно придбати. Але мова йде не про ринкові ціни на ресурси, а лише про оцінку наявних ресурсів з точки зору сподіваних прибутків від їх використання і тому зрозуміло, що вони будуть залежати від прибутків C_j (чим більші прибутки, тим дорожчі будуть наявні ресурси).

Якщо позначити ціну одиниці відповідного ресурсу y_i , то задача другої фірми зводиться до мінімізації витрат на придбання ресурсів кожного виду. Але перша фірма погодиться на продаж ресурсів за умови, що сума, одержана від реалізації ресурсів, які можна витратити на виготовлення продукції, буде не меншою, ніж сума від очікуваного прибутку, одержаного при виробництві цієї продукції. Така задача має вигляд:

$$W = b_1 y_1 + b_2 y_2 + b_3 y_3 + \dots + b_m y_m \rightarrow \min$$

$$a_{11} y_1 + a_{21} y_2 + a_{31} y_3 + \dots + a_{m1} y_m \geq c_1 \quad (2)$$

$$a_{12} y_1 + a_{22} y_2 + a_{32} y_3 + \dots + a_{m2} y_m \geq c_2$$

.....

$$a_{1n} y_1 + a_{2n} y_2 + a_{3n} y_3 + \dots + a_{mn} y_m \geq c_n$$

$$y_i \geq 0, i = 1; 2; m$$

Природно, що і ціни на ресурси y_i , і кількість продукції кожного виду x_j , знайдені оптимальним планом, не можуть бути від'ємні.

Задача (2) називається подвійною (двоїстою) або спряженою до задачі (1), яку називають прямою, вихідною чи просто заданою щодо задачі (2).

Зв'язок вихідної і подвійної задач полягає, насамперед, в тому, що розв'язок однієї з них можна отримати безпосередньо із розв'язку іншої.

Добре розроблений математичний апарат лінійного програмування дозволяє за допомогою обчислювальних процедур не тільки отримати оптимальний план, але й зробити ряд економічних змістовних висновків, що базуються на властивостях подвійної задачі.

Кожна з пари подвійних задач фактично є самостійною задачею лінійного програмування і може розв'язуватися незалежно, але подвійна задача по відношенню до вихідної будується за відповідними правилами:

▪ Якщо цільова функція прямої задачі задається на пошук найбільшого значення (\max), то цільова функція двоїстої задачі – на визначення найменшого значення (\min) і навпаки.

▪ Кожному обмеженню прямої задачі відповідає змінна в подвійній, взята з протилежним знаком. Обмеженню-рівнянню відповідає змінна, на яку не накладається умова по знаку. Кількість змінних подвійної задачі відповідає кількості обмежень прямої.

▪ Кожній змінній прямої задачі відповідає обмеження подвійної з тим самим знаком. Змінній прямої задачі, на яку не накладається умова по знаку, відповідає обмеження-рівняння в подвійній. Кількість обмежень подвійної задачі рівне числу змінних прямої.

▪ Коефіцієнтами цільової функції подвійної задачі є вільні члени прямої і навпаки.

▪ Колонкою вільних членів подвійної задачі є коефіцієнти цільової функції прямої і навпаки.

▪ Матрицю коефіцієнтів системи основних обмежень прямої задачі перетворюють в матрицю коефіцієнтів системи обмежень подвійної задачі шляхом транспонування, тобто заміною стовпчиків рядками, а рядків – стовпчиками.

Між прямою та подвійною задачами лінійного програмування існує тісний взаємозв'язок, який впливає з наведених далі теорем.



Перша теорема подвійності

Якщо одна з пари двоїстих задач має оптимальний план, то інша задача також має оптимальний розв'язок, причому значення цільових функцій при ньому збігаються, $\max Z = \min W$.

(Якщо цільова функція однієї із задач необмежена, то спряжена задача також не має розв'язку).

Економічний зміст першої теореми двоїстості такий: план виробництва X та набір цін (оцінок) ресурсів Y будуть оптимальними тоді і тільки тоді, коли загальний прибуток від реалізації продукції збігається із затратами на ресурси за “внутрішніми”, що визначені під час розв'язку задачі цінами на ресурси.

Цей зміст можна інтерпретувати і так: фірмі байдуже, чи виробляти продукцію за оптимальним планом X і отримати

максимальний прибуток, чи продати ресурси виробництва за оптимальними цінами Y .

За умов використання інших планів $X \neq X_{opt}$ та $Y \neq Y_{opt}$ можна стверджувати, що прибутки від реалізації продукції завжди менші, ніж витрати на її виробництво.



Друга теорема подвійності

Для того, щоб плани X та Y були оптимальними, необхідно і достатньо виконання таких співвідношень, що називають умовами доповнюючої нежорсткості:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_i^* \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j^* - b_i \right) = 0; \\ X_j^* \left(\sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot y_i^* - C_j \right) = 0 \end{array} \right.$$

Ці умови дають можливість, знаючи оптимальний план однієї із пари подвійних задач, знайти оптимальний план другої.

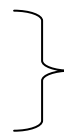
Із другої теореми подвійності випливають такі вимоги до оптимального плану X та оптимального вектора цін Y :

Якщо $Y_i > 0$, $\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j = b_i$, $i=1, \dots, m$;

Якщо $\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j < b_i$, то $Y_i = 0$, $i=1, \dots, m$;

Якщо $X_j > 0$, $\sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot Y_i = C_j$, $j=1, \dots, n$;

Якщо $\sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot Y_i > C_j$, то $X_j = 0$, $j=1, \dots, n$.



Першу групу умов можна інтерпретувати: якщо оцінка Y_i одиниці ресурсу додатна, то при оптимальній виробничій програмі цей ресурс використовується повністю, в протилежному випадку – його оцінка дорівнює 0.

Із умов другої групи випливає, що якщо j -й вид продукції увійшов в оптимальний план, то він в оптимальних оцінках не

збитковий, якщо ж j -й вид продукції збитковий, то він не увійде в план, тобто не буде вироблятися.

Розглянемо ще одну теорему, висновки якої будуть використовуватися для аналізу оптимальних планів.

Як було з'ясовано, існування двоїстих змінних уможливорює зіставлення витрат на виробництво і цін на продукцію, на підставі чого обґрунтовується висновок про доцільність чи недоцільність виробництва кожного виду продукції. Крім цього, значення двоїстої оцінки характеризує зміну значення цільової функції, що зумовлена малими змінами вільного члена відповідного обмеження. Дане твердження формулюється у вигляді такої теореми.



Третя теорема подвійності (теорема про оцінки)

Двоїста оцінка характеризує приріст цільової функції, який зумовлений малими змінами вільного члена відповідного обмеження.

Двоїсті оцінки є унікальним інструментом, який дає змогу зіставляти непорівнянні речі. Очевидно, що неможливим є просте зіставлення величин, які мають різні одиниці вимірювання. Якщо взяти як приклад виробничу задачу, то цікавим є питання: як змінюватиметься значення цільової функції (може вимірюватися в грошових одиницях) за зміни обсягів різних ресурсів (можуть вимірюватися в тоннах, м, люд./год, га тощо).

Використовуючи третю теорему двоїстості, можна легко визначити вплив на зміну значення цільової функції збільшення чи зменшення обсягів окремих ресурсів: чи числові значення двоїстих оцінок показують на яку величину змінюється цільова функція за зміни обсягу відповідного даній оцінці ресурсу.

Економічне тлумачення оцінок впливає з їх загальних економіко-математичних властивостей щодо конкретного змісту задачі. За розглянутими умовами ресурс, що використовується не повністю в оптимальному плані, отримує нульову оцінку. Це свідчить про його не дефіцитність. Але ресурс недефіцитний не тому, що необмежений в кількості, а через неможливість його повного використання в оптимальному плані. Оскільки сумарні витрати недефіцитного ресурсу менші за його загальну кількість, то план виробництва товарів ним не лімітується. Даний ресурс не перешкоджає продовжувати максимізувати цільову функцію.

Кожну з двох прямих задач можна розв'язати окремо, проте встановлені теоремами двоїстості залежності між оптимальними планами прямої та подвійної задач уможливають знаходження розв'язку двоїстої задачі за наявності оптимального плану прямої, і навпаки.

Розв'язуючи пряму задачу у подвійній симплексній таблиці методом **модифікованих жорданових вилучень**, в останній симплексній таблиці можна отримати і розв'язок подвійної задачі.

Модифіковані жорданові вилучення відрізняються від звичайних лише:

- формуванням скороченої симплексної таблиці;
- операціями у розв'язуючій колонці – на місці розв'язуючого елемента ставимо обернене число, всі елементи розв'язуючої колонки ділимо на розв'язуючий елемент і змінюємо знаки на протилежні.

Розглянемо приклади:

Задача 1.

Побудувати задачу, подвійну до заданої, знайти її розв'язок у подвійній симплексній таблиці.

Пряма задача

$$Z = 3x_1 - x_2 \rightarrow \max$$

$$x_1 - x_2 \leq 2$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 4$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1,2}$$

Подвійна задача

$$W = 2y_1 + 4y_2 \rightarrow \min$$

$$y_1 + y_2 \geq 3$$

$$-y_1 + 2y_2 \geq -1$$

$$y_i \geq 0, i = \overline{1,2}$$

Подвійна симплекс-таблиця матиме вигляд:

		y_3	y_4	W
		$-x_1$	$-x_2$	1
y_1	x_3	<u>1</u>	-1	2
y_2	x_4	1	2	4
1	z	-3	1	0

		y_1	y_4	W
		$-x_3$	$-x_2$	1
y_3	x_1	1	-1	2
y_2	x_4	-1	<u>3</u>	2
1	z	3	2	6

Розв'язок прямої задачі одержано в кінцевій таблиці, де знайдено оптимальні плани обох задач, а саме:

		y_1	y_2	W
		$-x_3$	$-x_4$	1
y_3	x_1	2/3	1/3	8/3
y_4		-	1/3	2/3
	x_2	1/3		
1	z	7/3	2/3	22/3

$$x_1 = 8/3;$$

$$x_2 = 2/3$$

$$Z(x_{\max}^*) = 22/3$$

$$y_1 = 7/3;$$

$$y_2 = 2/3$$

$$W(y_{\min}^*) = 22/3$$

Задача 2.

Для заданої ЗЛП побудувати двоїсту, розв'язати одну з пари двоїстих задач симплекс-методом і за її розв'язком знайти розв'язок іншої задачі

$$Z = x_1 + x_2 \rightarrow \max$$

$$x_1 - x_2 \geq -6$$

$$3x_1 + 4x_2 \leq 26$$

$$2x_1 - x_2 \leq 10$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1,2}$$

Перепишемо ЗЛП, помноживши першу нерівність на -1:

$$Z = x_1 + x_2 \rightarrow \max$$

$$-x_1 + x_2 \leq 6$$

$$3x_1 + 4x_2 \leq 26$$

$$2x_1 - x_2 \leq 10$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1,2}$$

Двоїста задача записується у вигляді:

$$W = 6y_1 + 26y_2 + 10y_3 \rightarrow \min$$

$$-1y_1 + 3y_2 + 2y_3 \geq 1$$

$$1y_1 + 4y_2 - 1y_3 \geq 1$$

$$y_i \geq 0, i = \overline{1,3}$$

Зведемо вихідну задачу до канонічної форми. Для цього добавимо невід'ємні величини x_3, x_4, x_5 , щоб нерівності перетворити в рівняння:

$$Z = x_1 + x_2 \rightarrow \max$$

$$-x_1 + x_2 + x_3 = 6$$

$$3x_1 + 4x_2 + x_4 = 26$$

$$2x_1 - x_2 + x_5 = 10$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1,5}$$

Розв'яжемо дану задачу симплекс-методом. Заповнюємо симплекс-таблицю початковими значеннями, вибираємо стовпець (x_1) з першим від'ємним значенням (-1) в останньому рядку, вибираємо

рядок (x_5) з найменшим значенням b_i/x_i (5) і виділяємо розв'язувальний елемент (2):

x_6	b	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b_i/x_i
x_3	6	-1	1	1	0	0	—
x_4	26	3	4	0	1	0	26/3
x_5	10	2	-1	0	0	1	5 (min)
Δ	0	-1	-1	0	0	0	

Вводимо в базис x_1 замість x_5 і перераховуємо таблицю. Вибираємо стовпець (x_2) з єдиним від'ємним значенням ($-3/2$) в останньому рядку, вибираємо рядок (x_4) з найменшим значенням b_i/x_i (2) і виділяємо розв'язувальний елемент ($11/2$):

x_6	b	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b_i/x_i
x_3	11	0	1/2	1	0	1/2	22
x_4	11	0	11/2	0	1	-3/2	2 (min)
x_1	5	1	-1/2	0	0	1/2	—
Δ	5	0	-3/2	0	0	1/2	

Вводимо в базис x_2 замість x_4 і перераховуємо таблицю:

x_6	b	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b_i/x_i
x_3	10	0	0	1	-1/11	7/11	—
x_2	2	0	1	0	2/11	-3/11	—
x_1	6	1	0	0	1/11	4/11	—
Δ	8	0	0	0	3/11	1/11	

В останньому рядку не залишилося від'ємних величин, тому стовбець b містить рішення вихідної задачі — максимум функції F :

$$x_1 = 6$$

$$x_2 = 2$$

$$F_{\max} = 8$$

Запишемо рішення двоїстої задачі з останнього рядка останньої симплекс-таблиці:

$$y_1 = 0$$

$$y_2 = 3/11$$

$$y_3 = 1/11$$

$$F_{\min}^* = 8$$

Відповідь:

Вихідна задача: $F_{\max} = F(6; 2) = 8$

Двоїста задача: $W_{\min} = W(0; 3/11; 1/11) = 8$

Для поглибленого вивчення методів оптимізації лінійних задач можна скористатися літературними джерелами [3; 8; 9].

Підсумки

У цьому розділі розглянуто три методи (графічний, симплекс-метод та метод потенціалів) розв'язання задач лінійного програмування та проблему двоїстості. Графічний метод для розв'язування реальних задач не придатний, оскільки економіко-математична модель для його застосування мусить мати тільки дві змінні (види діяльності). На практиці такі задачі не виникають. Якщо економіко-математична модель адекватно описує реальні технологічні та економічні процеси, то вона, як правило, має сотні чи навіть тисячі змінних і обмежень. Для розв'язування таких задач використовується симплексний метод, із застосуванням якого теоретично можна дістати оптимальний розв'язок довільної лінійної економіко-математичної задачі.

Графічний метод є важливим для осмислення сутності оптимізації, геометричної інтерпретації постановки та розв'язку задач лінійного програмування.

Слід підкреслити, що економічні процеси є нелінійними, стохастичними, динамічними тощо. Далі будуть описані відповідні методи розв'язання таких задач. Проте звертаємо увагу читача на те, що є багато технологічних та економічних процесів, які з достатньою для практики точністю можна описати лінійними залежностями, тобто такі моделі є лінійними, а отже, для знаходження їх оптимального розв'язку застосовується симплексний метод.

Поняття двоїстості задач лінійного програмування має велике значення не лише в теоретичному плані, але й широко застосовується для обґрунтування та прийняття практичних рішень.

Двоїстість у лінійному програмуванні була розроблена академіком Л.В. Канторовичем ще в 1933 році.

У 1975 році Л.В. Канторович і американський математик Г. Купманс за відкриття теорії двоїстості та її застосування в економічних дослідженнях одержали Нобелівську премію.

Двоїсті задачі мають чітку геометричну та економічну інтерпретацію. Теореми двоїстості широко використовуються в економічних дослідженнях.

Лінійне програмування забезпечує широкі можливості також при аналізі моделей на чутливість і проведенні параметричних досліджень.



ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- ✓ Класифікація задач математичного програмування .
- ✓ Напрямки математичного програмування та їх характеристика.
- ✓ Застосування задач МП у галузях народного господарства.
- ✓ Загальна задача лінійного програмування. Її елементи.
- ✓ Канонічні постаті задач лінійного програмування.
- ✓ Як звести задачу лінійного програмування до канонічної форми?
- ✓ Які є форми запису задач лінійного програмування?
- ✓ Поясніть геометричну інтерпретацію задачі лінійного програмування.
- ✓ Який розв'язок задачі лінійного програмування називається допустимим?
- ✓ Поясніть, що називається областю допустимих планів.
- ✓ Який план називається опорним?
- ✓ Який опорний план називається невиродженим?
- ✓ Які задачі лінійного програмування можна розв'язувати графічним методом?
- ✓ За яких умов задача лінійного програмування з необмеженою областю допустимих планів має розв'язок?
- ✓ Суть алгоритму графічного методу розв'язання задач лінійного програмування.
- ✓ Для розв'язування яких математичних задач застосовується симплексний метод?
- ✓ Суть алгоритму симплексного методу.
- ✓ Сформулюйте умови оптимальності розв'язку задачі симплексним методом.
- ✓ Перехід від загальної задачі ЛП до стандартної.
- ✓ Геометрична інтерпретація задач ЛП у просторі n змінних ($n > 3$).
- ✓ Геометрична інтерпретація задач ЛП у просторі 2-х змінних.
- ✓ Геометрична інтерпретація задач ЛП у просторі 3-х змінних.
- ✓ Властивість областей означення задач ЛП (опукла множина та її властивості).

- ✓ Основні аналітичні властивості задач ЛП. (Теорема про існування розв'язку ЗЛП. Теорема про кутову точку. Поняття базисного розв'язку, опорного та оптимального планів.)
- ✓ Ідея симплексного методу.
- ✓
- ✓ Як вибрати розв'язуючий елемент?
- ✓ Опишіть економічну і математичну постановку класичної транспортної задачі.
- ✓ Чим відрізняється транспортна задача від загальної задачі лінійного програмування?
- ✓ Сформулюйте необхідну і достатню умови існування розв'язку транспортної задачі.
- ✓ Які ви знаєте властивості опорних планів транспортної задачі?
- ✓ Чим відрізняється відкрита транспортна задача від закритої?
- ✓ Як перетворити відкриту транспортну задачу на закриту?
- ✓ Які ви знаєте методи побудови опорного плану?
- ✓ Що означає «виродження» опорного плану? Як його позбутися?
- ✓ Назвіть етапи алгоритму методу потенціалів.
- ✓ Як обчислюють потенціали?
- ✓ Назвіть умови оптимальності транспортної задачі
- ✓ Труднощі розв'язку задач нелінійного програмування.
- ✓ Яка задача математичного програмування називається цілочисельною?
- ✓ Наведіть приклади економічних задач, що належать до цілочисельних.
- ✓ Як геометрична можна інтерпретувати розв'язок задачі цілочисельного програмування?
- ✓ Охарактеризуйте головні групи методів розв'язування задач цілочисельного програмування.
- ✓ Дайте економічну інтерпретацію прямої та двоїстої задач лінійного програмування.
- ✓ Як визначити, що ресурс є дефіцитним (недефіцитним)?
- ✓ Як визначити, що виробництво продукції є рентабельним (нерентабельним)?
- ✓ Які передумови та основні завдання аналізу оптимального рішення на чутливість?
- ✓ Що таке цінність додаткової одиниці i -го ресурсу?
- ✓ Яку інформацію про чутливість оптимального рішення задачі ЛП можна отримати зі звіту за результатами та звіту по стійкості?

- ✓ Які основні етапи розв'язування задач лінійного програмування в MS Excel?
- ✓ В чому сенс використання символу \$ у формулах MS Excel?
- ✓ Чому при введенні формул в комірки ЦФ і лівих частин обмежень в них відображаються нульові значення?
- ✓ Яким чином в MS Excel задається напрям оптимізації ЦФ?
- ✓ Які комірки екранної форми виконують ілюстративну функцію, а які необхідні для розв'язування задачі?
- ✓ Поясніть загальний порядок роботи з вікном "Поиск решения".
- ✓ Яким чином можна змінювати, додавати, видаляти обмеження у вікні "Поиск решения"?
- ✓ Які повідомлення видаються в MS Excel у випадках: успішного розв'язування задачі ЛП; несумісності системи обмежень задачі; необмеженості ЦФ?
- ✓ Поясніть сенс параметрів, що задаються у вікні "Параметри поиска решения".
- ✓ Які особливості розв'язування в MS Excel цілочислових задач лінійного програмування?
- ✓ Які особливості розв'язування в MS Excel двохіндексних задач лінійного програмування?
- ✓ Які особливості розв'язування в MS Excel задач лінійного програмування з булевими змінними?
- ✓ Яке практичне значення задач лінійного програмування?
- ✓ Навіщо треба ставити параметр "Допустимое отклонение"?
- ✓ Що таке граничні умови задачі?
- ✓ Розв'язки яких задач можуть приймати тільки одне з двох значень: 0 або 1?

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Знайти оптимальні розв'язки задач графічним методом :

1. $\max Z = 2x_1 + x_2$

$$-x_1 + 2x_2 \leq 4$$

$$3x_1 + 6x_2 \leq 12$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \leq 2$$

2. $\max Z = x_1 - 2x_2$

$$x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$-2x_1 + x_2 \leq 4$$

$$x_1 \leq 0, \quad x_2 \leq 2$$

3. $\max Z = 2x_1 - 3x_2$

$$x_1 + 2x_2 \leq 6$$

$$-2x_1 + 6x_2 \leq 6$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 1,8$$

4. $\min Z = x_1 + 2x_2$

$$-x_1 + x_2 \leq 4$$

$$2x_1 + x_2 \geq 6$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 2,8$$

5. $\max Z = 2x_1 + x_2$

$$-x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$2x_1 + 6x_2 \leq 12$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 1$$

6. $\min Z = 3x_1 + 4x_2$

$$-x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$2x_1 + x_2 \geq 8$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \leq 2,6$$

7. $\min Z = -x_1 + x_2$

$$2x_1 - 3x_2 \leq 6$$

$$-3x_1 + x_2 \leq 3$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 8$$

$$x_1 \geq 1, \quad x_2 \geq 0$$

8. $\min Z = 2x_1 - x_2$

$$x_1 - 4x_2 \leq 8$$

$$3x_1 - x_2 \geq 3$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 12$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

9. $\min Z = 2x_1 + 3x_2$

$$2x_1 + 6x_2 \geq 12$$

$$-x_1 + 2x_2 \leq 4$$

$$x_1 \leq 6, x_2 \geq 0$$

11. $\max Z = x_1 + 2x_2$

$$3x_1 - x_2 \geq 3$$

$$3x_1 + 6x_2 \leq 12$$

$$-x_1 + 2x_2 \leq 4$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

13. $\max Z = -x_1 + 3x_2$

$$x_1 - 2x_2 \leq 4$$

$$-2x_1 + 6x_2 \leq 12$$

$$2x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

15. $\max Z = \frac{3}{2}x_1 + x_2$

$$6x_1 + 2x_2 \geq 6$$

$$2x_1 - 5x_2 \leq 10$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 8$$

$$x_1 \geq 1, x_2 \leq 0$$

17. $\max Z = x_1 + 2x_2$

$$x_1 + 2x_2 \geq 6$$

$$-3x_1 + x_2 \leq 3$$

$$2x_1 - 2x_2 \leq 6$$

10. $\min Z = -2x_1 + x_2$

$$-x_1 + 3x_2 \leq 3$$

$$3x_1 - x_2 \geq 6$$

$$2x_1 + 4x_2 \geq 8$$

$$x_1 \leq 3, x_2 \geq 0$$

12. $\max Z = 3x_1 + x_2$

$$-x_1 + 2x_2 \leq 4$$

$$2x_1 - 3x_2 \leq 6$$

$$6x_1 + 2x_2 \leq 12$$

$$x_1 \geq 1, x_2 \geq 0$$

14. $\max Z = 2x_1 + 3x_2$

$$4x_1 - 6x_2 \leq 12$$

$$2x_1 + 3x_2 \geq 6$$

$$x_1 \geq 1, x_2 \leq 2$$

16. $\max Z = 3x_1 + x_2$

$$x_1 - 2x_2 \leq 4$$

$$-x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$x_1 \geq 3, x_2 \geq 0$$

18. $\max Z = 2x_1 + 3x_2$

$$x_1 - 2x_2 \leq 4$$

$$-x_1 + 2x_2 \leq 4$$

$$x_1 + 2x_2 \geq 4$$

$$x_1 \geq 1, \quad x_2 \geq 0$$

$$\mathbf{19.} \max Z = x_1 + 3x_2$$

$$x_1 + x_2 \geq 2$$

$$-2x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$3x_1 - 2x_2 \leq 6$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

$$\mathbf{21.} \max Z = -x_1 + 2x_2$$

$$-x_1 + 2x_2 \geq 4$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$2x_1 - 3x_2 \geq 6$$

$$x_1 + x_2 \geq 6$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

$$\mathbf{23.} \max Z = -x_1 + 3x_2$$

$$-3x_1 + 3x_2 \leq 9$$

$$x_1 + x_2 \leq 4$$

$$2x_1 - x_2 \geq 4$$

$$x_1 + x_2 \geq 6$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

$$\mathbf{25.} \max Z = -x_1 + 3x_2$$

$$-2x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$x_1 - x_2 \geq 3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 2$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

$$\mathbf{20.} \max Z = x_1 + x_2$$

$$2x_1 - 4x_2 \leq 8$$

$$-2x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$2x_1 + 4x_2 \geq 8$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

$$\mathbf{22.} \max Z = 2x_1 - x_2$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 6$$

$$4x_1 + x_2 \leq 4$$

$$3x_1 - 2x_2 \geq 6$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 4$$

$$\mathbf{24.} \max Z = 2x_1 - x_2$$

$$3x_1 + 3x_2 \leq 9$$

$$x_1 - x_2 \geq 3$$

$$-x_1 + x_2 \geq 3$$

$$x_1 \geq 4, \quad x_2 \geq 0$$

$$\mathbf{26.} \max Z = x_1 + x_2$$

$$3x_1 - 6x_2 \leq 12$$

$$-x_1 + x_2 \leq 4$$

$$x_1 + x_2 \geq 4$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

2. Розв'язати наведені задачі симплексним методом. Побудувати до них подвійні, проаналізувати подвійні оцінки

1.

$$\begin{aligned} &\max(-x_1 - x_2 + 3x_3); \\ &\begin{cases} -x_1 + x_2 - 2x_3 \geq -2, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 8, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

2.

$$\begin{aligned} &\min(x_1 - 3x_2 + x_3); \\ &\begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 \leq -2, \\ 2x_1 + 4x_3 \leq 7, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned} &\max(x_1 + 3x_2 + 9x_3); \\ &\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 10, \\ x_1 - x_2 - 2x_3 \geq -2, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

4.

$$\begin{aligned} &\min(x_1 + 3x_2 - 3x_3); \\ &\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 5x_3 \geq 2, \\ -x_1 - 2x_3 \geq -6, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

5.

$$\begin{aligned} &\min(3x_1 - 2x_2 - x_3); \\ &\begin{cases} -x_1 - 3x_2 + 3x_3 \geq -6, \\ -2x_1 + x_2 + x_3 \geq 4, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

6.

$$\begin{aligned} &\max(x_1 - 5x_2 - x_3); \\ &\begin{cases} x_1 + 3x_2 + x_3 \geq 3, \\ 2x_1 + x_3 \leq 4, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

7.

$$\begin{aligned} &\min(5x_1 + 4x_2 + 2x_3); \\ &\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 \geq 8, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

8.

$$\begin{aligned} &\max(3x_1 + 2x_2 + 3x_3); \\ &\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 + 2x_3 \geq 2, \\ 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 8, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

9.

$$\begin{aligned} &\min(2x_1 + 3x_2 - 5x_3); \\ &\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 7, \\ 2x_1 - 5x_2 + x_3 \geq 10, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{aligned}$$

10.

$$\begin{aligned} &\max(2x_1 + 4x_2 + 4x_3 - 3x_4); \\ &\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \geq 4, \\ x_1 + 4x_2 - x_3 + x_4 \leq 8, \end{cases} \\ &x_j \geq 0, j = \overline{1,4}. \end{aligned}$$

11.

$$\min(3x_1 + 2x_2 + 3x_3);$$

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 + x_3 \geq 8, \\ 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 10, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

13.

$$\min(x_1 + x_2 + x_3 + x_4);$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 + x_3 \geq 7, \\ 4x_1 + 2x_2 - x_3 + x_4 \leq 8, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,4}. \end{cases}$$

15.

$$\min(-3x_1 + 2x_2 + 5x_3);$$

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + 3x_3 \leq 10, \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 8, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

17.

$$\min(2x_1 + 5x_2 - 6x_3);$$

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 2x_3 \geq 4, \\ -x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 8, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

19.

$$\min(3x_1 + 3x_2 + x_3);$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 12, \\ 4x_1 + 8x_2 + 3x_3 \geq 24, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

12.

$$\max(x_1 + 5x_2 + 3x_3);$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 4, \\ x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 3, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

14.

$$\max(x_1 + x_2);$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \geq 5, \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,2}. \end{cases}$$

16.

$$\max(2x_1 - 4x_2 + 5x_3);$$

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 - 2x_3 \geq 2, \\ -x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 1, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

18.

$$\max(2x_1 + 3x_2 + 5x_3);$$

$$\begin{cases} x_1 - x_2 - x_3 \geq -5, \\ -x_1 + x_2 - x_3 \leq 4, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

20.

$$\max(5x_1 + x_2 + x_3);$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 5, \\ -x_1 + 3x_2 - x_3 \geq -3, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1,3}. \end{cases}$$

3.Знайти оптимальний розв'язок транспортної задачі методом потенціалів, якщо відомі вектор запасу вантажу (пункти виробництва) (a_1, a_2, \dots, a_m) ; вектор потреб (пункти споживання) (b_1, b_2, \dots, b_m) та матриця витрат на перевезення вантажу c_{ij} :

1.

$$a=(50;70;40;20);$$

$$b=(40;40;100)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 2 & 7 & 1 \\ 4 & 6 & 9 \\ 5 & 3 & 7 \\ 3 & 9 & 4 \end{pmatrix}$$

3.

$$a=(60;30);$$

$$b=(15;15;13;17;12;18)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 6 & 5 & 7 & 11 \\ 3 & 2 & 12 & 8 & 4 & 8 \end{pmatrix}$$

5.

$$a=(40;50;30);$$

$$b=(20;40;40;20)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 9 & 4 & 7 & 3 \\ 6 & 15 & 4 & 2 \\ 11 & 8 & 1 & 6 \end{pmatrix}$$

7.

$$a=(90;70;50);$$

$$b=(80;60;40;30)$$

2.

$$a=(110;120;80;50;70)$$

$$b=(170;110;150)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 5 & 8 & 3 \\ 9 & 2 & 7 \\ 5 & 3 & 1 \\ 6 & 7 & 3 \end{pmatrix}$$

4.

$$a=(85;112;78;120)$$

$$b=(75;130;65;65;60)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & 7 & 4 & 9 & 11 \\ 1 & 4 & 15 & 6 & 5 \\ 9 & 2 & 7 & 4 & 8 \\ 3 & 5 & 6 & 11 & 4 \end{pmatrix}$$

6.

$$a=(45;60;20)$$

$$b=(30;20;35;40)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 4 & 2 \\ 3 & 5 & 7 & 2 \\ 4 & 3 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

8.

$$a=(100;150;80)$$

$$b=(80;140;110)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

9.

$$a=(70;90;50);$$

$$b=(30;95;25;60)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 5 & 3 & 8 & 4 \\ 6 & 6 & 3 & 2 \\ 3 & 4 & 6 & 9 \end{pmatrix}$$

11.

$$a=(95;160;105;135;125);$$

$$b=(195;125;125;175)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 5 & 3 & 2 & 4 \\ 4 & 5 & 5 & 4 \\ 3 & 5 & 5 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 5 \\ 4 & 4 & 4 & 3 \end{pmatrix}$$

13.

$$a=(50;20;30;50);$$

$$b=(30;10;20;50;40)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 5 & 7 & 2 \\ 7 & 1 & 2 & 10 & 9 \\ 10 & 9 & 8 & 5 & 6 \\ 4 & 6 & 8 & 5 & 3 \end{pmatrix}$$

15.

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 5 \\ 10 & 1 & 2 \\ 3 & 8 & 6 \end{pmatrix}$$

10.

$$a=(46;44;60)$$

$$b=(40;35;30;45)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 2 & 7 \\ 1 & 1 & 6 & 4 \\ 3 & 5 & 9 & 4 \end{pmatrix}$$

12.

$$a=(30;30;40)$$

$$b=(20;26;40;14)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 4 & 3 \\ 3 & 5 & 5 & 3 \\ 5 & 2 & 5 & 3 \end{pmatrix}$$

14.

$$a=(150;75;75;50)$$

$$b=(70;30;60;120;70)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & 5 & 5 & 6 & 5 \\ 6 & 4 & 3 & 5 & 3 \\ 1 & 6 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 3 & 4 & 2 & 5 \end{pmatrix}$$

16.

$$a=(150;120;130;100);$$

$$b=(130;90;140;140)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 6 & 4 & 9 & 5 \\ 7 & 5 & 8 & 4 \\ 2 & 9 & 3 & 3 \\ 5 & 5 & 4 & 7 \end{pmatrix}$$

17.

$$a=(37;56;33);$$

$$b=(42;26;33;25)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 7 & 8 & 7 & 3 \\ 2 & 3 & 4 & 6 \\ 6 & 3 & 1 & 5 \end{pmatrix}$$

19.

$$a=(70;65;70;55);$$

$$b=(65;45;60;44;46)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 5 & 7 & 3 & 1 & 6 \\ 3 & 9 & 4 & 2 & 5 \\ 7 & 5 & 6 & 2 & 4 \\ 8 & 10 & 6 & 3 & 7 \end{pmatrix}$$

21.

$$a=(30;50;50);$$

$$b=(10;50;40;30)$$

$$a=(40;20;50)$$

$$b=(25;35;20;30)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 5 & 2 \\ 2 & 4 & 4 & 3 \\ 2 & 4 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

18.

$$a=(65;55;50)$$

$$b=(40;45;55;30)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 6 & 4 & 3 \\ 6 & 1 & 4 & 3 \\ 7 & 5 & 3 & 5 \end{pmatrix}$$

20.

$$a=(80;70;90;60)$$

$$b=(50;70;100;80)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 2 & 5 \\ 8 & 9 & 7 & 10 \\ 7 & 6 & 10 & 2 \\ 3 & 5 & 1 & 6 \end{pmatrix}$$

22.

$$a=(45;65;25)$$

$$b=(30;35;30;40)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 6 & 3 \\ 6 & 11 & 7 & 2 \\ 9 & 8 & 2 & 6 \end{pmatrix}$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 5 & 2 \\ 3 & 7 & 2 & 2 \\ 4 & 2 & 3 & 2 \end{pmatrix}$$

23.

$$a=(50;20;30;100);$$

$$b=(30;90;40;40)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 4 & 5 \\ 7 & 6 & 3 & 5 \\ 2 & 5 & 8 & 3 \\ 5 & 8 & 4 & 7 \end{pmatrix}$$

24.

$$a=(140;120;150)$$

$$b=(125;35;120;130)$$

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 5 & 2 \\ 2 & 4 & 4 & 3 \\ 2 & 4 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

1.4 Варіанти

4. Використовуючи MS Excel, знайти розв'язок для моделі ЛП, відповідної заданому варіанту (табл.1.4).

Номер варіанту	Математична модель
1	$L(X) = 5x_1 + 7x_2 - 6x_3 + 9x_4 + 8x_5 \rightarrow \max;$ $\begin{cases} 0,7x_1 + 0,9x_2 + 1,5x_3 + 2,3x_4 + 1,8x_5 \leq 50000, \\ 0,4x_1 + 1,1x_2 - 0,5x_3 + 1,3x_4 - 2,8x_5 \geq 32000, \\ 0,5x_1 + 1,8x_3 + 0,7x_4 + 2x_5 \leq 40000, \\ 2,2x_1 - 1,4x_2 - 0,8x_3 + 0,9x_4 = 15000, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
2	$L(X) = x_1 + 4x_3 + 8x_4 - 12x_5 \rightarrow \min;$ $\begin{cases} x_1 + 9x_2 + 2x_3 - 4x_4 = 250, \\ 0,4x_1 + x_2 - 5x_3 + 3x_4 + 8x_5 \leq 460, \\ 0,5x_1 + 10x_2 - 8x_3 + 6x_4 + 2x_5 \leq 190, \\ 11x_2 - 8,5x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 210, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$

3	$L(X) = -45x_1 + 65x_2 + 2x_4 - 3x_5 \rightarrow \max;$ $\begin{cases} 15x_1 + 18x_2 + 34x_4 - 22x_5 = 56, \\ 2x_1 + 7x_3 - 4x_4 + 3x_5 \geq 91, \\ 0,2x_1 + 0,8x_2 + 1,5x_3 + 0,9x_4 + 4x_5 \leq 26, \\ 1,8x_1 - 42x_2 + 6,4x_3 + 3x_5 = 15, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
4	$L(X) = 14x_1 - 9x_2 - x_4 + 6,4x_5 \rightarrow \min;$ $\begin{cases} 0,9x_1 + 10x_2 - 28x_4 + 5x_5 \leq 245, \\ 0,8x_1 + 1,7x_2 - 0,2x_3 - 0,5x_4 = 9, \\ 6x_1 + 4x_3 - 7x_4 + 6,3x_5 \leq 54, \\ 8x_1 + 6,2x_2 - 4,8x_4 + 2,9x_5 \geq 17, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
5	$L(X) = 46x_1 + 2,3x_2 + 9,4x_3 - 4x_5 \rightarrow \max;$ $\begin{cases} 3x_1 + 7,8x_3 + 12x_4 + 9x_5 \geq 49, \\ 2,3x_2 + 5x_3 + 5,6x_4 - x_5 \leq 86, \\ 16x_1 - 40x_4 + 29x_5 = 50, \\ 190x_1 - 98x_2 - 4x_4 + 150x_5 \geq 300, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
6	$L(X) = 0,5x_1 + 1,8x_3 - 9,2x_4 + 14x_5 \rightarrow \min;$ $\begin{cases} 9,6x_2 + 15,7x_3 + 24x_4 - 8x_5 \leq 74, \\ 0,8x_1 + 11,1x_2 - 4,5x_3 + 1,5x_4 - 6,3x_5 = 22, \\ 14x_1 + 45x_2 - 38x_4 + 26x_5 \leq 46, \\ 220x_1 - 148x_2 - 7x_3 + 95x_5 \geq 150, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
7	$L(X) = 12x_2 + 89x_3 - 5x_5 \rightarrow \max;$ $\begin{cases} 2x_1 + 9,6x_2 + 15,7x_3 + 22x_4 - 8x_5 \leq 73, \\ 0,9x_1 + 11,1x_2 - 4,3x_3 + 1,5x_4 + 6,4x_5 = 19, \\ 14x_1 + 45x_2 - 38x_4 + 26x_5 \leq 49, \\ 220x_1 - 150x_2 + 3x_3 + 95x_5 = 133, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$

8	$L(X) = 4x_1 + 6x_2 - 14x_3 + 49x_5 \rightarrow \min;$ $\begin{cases} 21x_1 + 9x_2 - 2x_4 - 12x_5 \geq 58, \\ 110x_2 - 60x_3 + 80x_4 - 45x_5 = 290, \\ 5x_2 + 27x_3 - 14x_4 + x_5 \leq 72, \\ 87x_1 - 6,4x_2 + 130x_4 = 140, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
9	$L(X) = -38x_1 + 60x_2 + x_3 + 4x_4 + 8x_5 \rightarrow \max;$ $\begin{cases} 18x_1 + 4x_2 + 2x_3 - 12x_5 \leq 86, \\ 2x_2 + 19x_3 - 7x_4 + 10x_5 = 130, \\ 0,4x_1 + 3x_2 - 4,2x_3 + 2x_4 - 5x_5 \leq 34, \\ 2,1x_1 + 13x_2 - 20x_3 + 6x_4 = 18, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
10	$L(X) = 10x_1 + 40x_3 + 13x_4 + 56x_5 \rightarrow \min;$ $\begin{cases} 7x_1 + 16x_3 + 5x_4 + 25x_5 \leq 600, \\ 8x_1 + 1,7x_2 - 0,5x_4 + 4,7x_5 = 890, \\ 6x_1 + 4x_3 - 7x_4 + 6,3x_5 \leq 270, \\ 84x_1 + 62x_2 + 80x_3 + 14x_5 \geq 2300, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
11	$L(X) = 84x_1 + 5,7x_2 + 10x_4 - 3x_5 \rightarrow \max;$ $\begin{cases} 4x_1 + 8,5x_2 + 16x_3 + 10x_5 \geq 50, \\ 10,4x_1 + 6x_3 + 2x_4 + 4x_5 \leq 120, \\ 19x_1 + 18x_2 - 20x_4 + 30x_5 = 600, \\ 200x_1 + 45x_2 - 8x_3 + 3,4x_4 \geq 210, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$
12	$L(X) = 0,84x_2 - 4x_3 + 3,8x_4 + 12x_5 \rightarrow \min;$ $\begin{cases} 15x_1 + 9,6x_2 + 34x_4 - 8x_5 \leq 180, \\ 0,6x_1 + 11,1x_2 - 2,6x_3 + 1,5x_4 - 6,3x_5 = 68, \\ 14x_1 + 64x_3 - 38x_4 + 12x_5 \leq 81, \\ 190x_1 - 148x_2 - 7x_3 + 84x_5 \geq 230, \\ x_j \geq 0 (j = \overline{1,5}). \end{cases}$

5. За методом Лагранжа знайти точку умовного екстремуму [5]:

$$1. Z = 2x_1^2 + x_2^2,$$

$$2x_1 + 3x_2 = 5.$$

$$2. Z = x_1^2 - x_2^2,$$

$$3x_1 + 4x_2 = 12.$$

$$3. Z = (x_1 - 1)^2 + (x_2 - 3)^2,$$

$$2x_1 - x_2 = 5.$$

$$4. Z = x_1^2 + 2x_2^2 + 3x_3^2,$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 = 8.$$

$$5. Z = x_1^2 + 2x_1 + x_2^2 - 5x_2,$$

$$x_1 + 3x_2 = 6.$$

$$6. Z = 2x_1^2 + 5x_1 + x_2^2 + 3x_2$$

$$x_1 + 5x_2 = 12.$$

$$7. Z = 4x_1 + 2x_1^2 + x_2 + 2x_2^2$$

$$3x_1 + 4x_2 = 12.$$

$$8. Z = 2x_1x_2 + x_2^2,$$

$$2x_1 + 4x_2 = 8.$$

$$9. Z = 3x_1^2 + 2x_2^2 - 3x_1 + 1,$$

$$x_1^2 + x_2^2 = 4.$$

$$10.$$

$$Z = 2(x_1 - 1)^2 + 3(x_2 - 3)^2,$$

$$x_1 + x_2 = 5.$$

$$11. Z = x_1^2 - x_2^2,$$

$$x_1 - x_2 = 4.$$

$$12.$$

$$Z = (x_1 - 3)^2 + (x_2 - 5)^2,$$

$$-x_1 + 2x_2 = -5.$$

$$13. Z = 2x_1 + 3x_2^2 + x_3^2,$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 8.$$

$$14. Z = x_1x_2x_3,$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 6.$$

$$15. Z = 3x_1^2 + 5x_2 + 12x_3^2,$$

$$3x_1 + 8x_2 + 4x_3 = 18.$$

$$16. Z = 5x_1^2 + 3x_2^2 + 15x_3^2,$$

$$4x_1 + 7x_2 + x_3 = 14.$$

$$17. \quad Z = (x_1 - 1)^2 + (x_2 - 3)^2, \\ 3x_1 + 6x_2 \leq 30.$$

$$18. \quad Z = 3x_1^2 + 2x_2^2, \\ \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 = 4; \\ x_1 + 2x_2 = 8. \end{cases}$$

$$19. \quad Z = x_1^2 + x_2^2 + 3x_3^2, \\ x_1 + 2x_2 + x_3 = 16.$$

$$20. \quad Z = 3x_1^2 + 5x_2^2 + 6x_1x_3, \\ 2x_1 + 2x_2 + x_3 = 4.$$

$$21. \quad Z = x_1^2 + 2x_2^2 + x_3, \\ \begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 6; \\ x_2 + x_3 = 4. \end{cases}$$

$$22. \quad Z = 2x_1^2 + x_2^2 + 3x_3^2, \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 9.$$

$$23. \quad Z = 2x_1x_2 + x_1x_3 - x_2x_3, \\ \begin{cases} 3x_1 - 2x_2 + x_3 = 1; \\ 2x_1 - x_2 - 3x_3 = 4. \end{cases}$$

$$24. \quad Z = x_2 - x_1 - 2x_1^2, \\ \begin{cases} 3x_1 + 4x_2 = 12; \\ -x_1 + 2x_2 = 6. \end{cases}$$

$$25. \quad Z = 8x_1 + 2x_1^2 + 4x_1x_2 + x_2^2, \\ \begin{cases} 6x_1 + 2x_2 = 6; \\ x_1 + 8x_2 = 16. \end{cases}$$

$$26. \quad Z = x_1x_2 + x_2^2 - x_1^2 + x_2, \\ \begin{cases} 3x_1 - 2x_2 = 12; \\ -4x_1 + 8x_2 = 16. \end{cases}$$

6. Дайте відповіді на запропоновані тести з методів математичного програмування.

	1. Об'єктом математичного програмування є:
	- задачі на знаходження екстремальних значень деяких функціональних залежностей;
	- прикладні задачі для ПК та їх розробка;
	- сукупності випадкових величин;
	- бази даних;
	- теоретична засади та розробка імітаційних моделей.
	2. Математичне програмування поділяють на два основних розділи:
	- динамічне та статистичне;
	- лінійне та нелінійне;
	- програмування на алгоритмічних мовах;
	- диференційне та інтегральне;
	- дискретне та цілочисельне.
	3. Будь-яка задача лінійного програмування включає:

	- цільову функцію, систему основних обмежень, обмеження на знак змінних;
	- функцію мети, систему умов задачі;
	- цільову установку, набір обмежень-рівнянь;
	- функцію мети, умову невід'ємності змінних;
	- критерій оптимальності, основні та додаткові обмеження.
	4. Загальною формою задачі лінійного програмування є задача:
	- на знаходження екстремуму лінійної цільової функції при лінійній системі основних обмежень усіх типів, як рівнянь, так і нерівностей обох знаків, та змішаній систем обмежень на знак змінних;
	- на знаходження оптимального плану вантажних перевезень;
	- на знаходження закону розподілу випадкової величини;
	- на обчислення визначеного інтегралу;
	- на відшукування розв'язку матричної гри.
	5. Система основних обмежень загальної задачі лінійного програмування включає:
	- лише алгебраїчні нерівності обох знаків;
	- лише алгебраїчні рівняння;
	- лише строгі алгебраїчні нерівності;
	- лише алгебраїчні нерівності типу " \leq ";
	- як алгебраїчні нерівності обох знаків, так і рівняння.
	6. Що означає розв'язати задачу ЛП графічно?
	- знайти координати всіх вершин многогранника планів задачі;
	- побудувати многогранник планів задачі та лінії рівнів;
	- серед вершин многогранника планів задачі керуючись напрямком вектора-градієнта знайти координати тих вершин, що надають цільовій функції шуканого екстремального значення;
	- побудувати область допустимих значень задачі, направляючий вектор та лінію рівня;
	- знайти вершини многогранника планів задачі і порівняти значення цільової функції в кожній з них.
	7. У двохвимірному просторі кожне обмеження рівняння можна інтерпретувати як:
	- площину;
	- пряму та півплощину, що лежить по один бік від неї;
	- гіперпряму;
	- пряму;
	- півплощину.
	8. У двохвимірному просторі кожне обмеження нерівність інтерпретується як:
	- гіперплощина та півплощина, що лежить по один бік від неї;
	- гіперпряма та півплощина, що лежить по один бік від неї;
	- площина та півпростір, що лежить по один бік від неї;
	- пряма та півпростір, що лежить по один бік від неї;
	- пряма та півплощина, що лежить по один бік від неї.
	9. У n-вимірному просторі змінних ($n > 3$) кожне обмеження рівняння інтерпретується як:
	- деякий простір;
	- півплощина;
	- гіперплощина;
	- пряма;
	- гіперпряма.
	10. У n-вимірному просторі ($n > 3$) кожне обмеження нерівність інтерпретується як:
	- пряма та півпростір, що лежить по один бік від неї;
	- площина та півпростір, що лежить по один бік від неї;
	- гіперплощина;
	- пряма та півплощина, що лежить по один бік від неї;
	- гіперплощина та півпростір, що лежить по один бік від неї.

	11. Вектор-градієнт це:
	- вектор з координатами, що є коефіцієнтами при змінних цільової функції, який виходить з початку координат і вказує напрямок зростання значень цільової функції;
	- направляючий вектор, координатами якого є праві частини обмежень задачі;
	- вектор, що визначає положення вершин многогранника планів задачі;
	- вектор, що вказує напрямок зменшення цільової функції задачі;
	- довільний вектор на площині.
	12. Функція мети ЗЛП у двохвимірному просторі інтерпретується як:
	- пряма, паралельна вектору –градієнту;
	- пряма, перпендикулярна до осі ординат;
	- сімейство паралельних прямих, що є перпендикулярами до вектора-градієнта;
	- сімейство прямих, перпендикулярних осі абсцис;
	- пряма, що утворює з віссю абсцис кут 45° .
	13. Опорним планом задачі лінійного програмування називається план, що є координатами:
	- вершин многогранника планів задачі;
	- довільної точки, що лежить всередині многогранника планів задачі;
	- довільної точки, що не належить многограннику планів задачі;
	- довільної точки грані многогранника планів задачі, що лежать на осі абсцис;
	- довільної точки грані многогранника планів задачі, що лежать на осі ординат.
	14. Розв'язком задачі ЛП є:
	- будь-який опорний план задачі;
	- план, при якому $z^* = 0$.
	- оптимальний план, який надає необхідного екстремального значення лінійній формі;
	- план, що задовольняє основні обмеження задачі;
	- план, що задовольняє обмеження задачі на знак змінних.
	15. Симплексний метод називають:
	- методом потенціалів;
	- методом північно-західного кута;
	- угорським методом;
	- методом послідовного поліпшення плану;
	- методом множників Лагранжа.
	16. Елементи симплексної таблиці розраховуються за правилом:
	- квадрата;
	- многокутника;
	- прямокутника;
	- трикутника;
	- Гауса.
	17. Розв'язуючий (ведучий, головний) елемент – це елемент:
	- індексного рядка;
	- колонки вільних членів;
	- нульовий елемент в симплексній таблиці;
	- що стоїть на перетині розв'язуючої колонки та розв'язуючого рядка
	- що відповідає значенню цільової функції.
	18. Розв'язуючий елемент відшукується за допомогою:
	- симплексних співвідношень;
	- нульових елементів індексного рядка;
	- ненульових елементів індексного рядка;
	- нульових елементів колонки вільних членів;
	- нульових елементів симплексної таблиці.
	19. Симплексний метод. Яке з тверджень невірне?

	- симплексний метод – це універсальний метод для розв’язання ЗЛП;
	- скінченність симплексного методу забезпечується скінченністю вершин многокутника планів задачі;
	- симплексний метод – це універсальний метод для розв’язання будь-якої задачі математичного програмування;
	- опорний план, що надає функції мети екстремального значення, називається оптимальним;
	- розв’язуючий елемент ще називають ведучим або головним.
	20. Авторство симплексного методу закріплене за:
	Ж. Гаусом;
	Дж. Данцігом;
	Дж. Бруно;
	Л. Канторовичем;
	Лемке.
	21. При побудові двоїстої задачі:
	- матриця основних умов задачі транспонується;
	- матриця основних умов не береться до уваги;
	- використовується лише частина змінних;
	- функція мети двоїстої задачі точно співпадає з функцією мети прямої;
	- коефіцієнти при змінних функції мети замінюються на обернені.
	22. Яке з наведених правил невірне?
	- кожна задача ЛП має двоїсту і навпаки;
	- якщо пряма задача має розв’язок, то і двоїста задача має розв’язок, причому значення цільових функцій цих задач співпадає;
	- коефіцієнти функції мети прямої задачі є вільними членами двоїстої;
	- розв’язуючи пряму задачу симплексним методом, можна одночасно знайти розв’язок двоїстої задачі;
	- якщо знайдено розв’язок двоїстої задачі, то це ще не означає, що він задовольняє умови прямої задачі.
	23. Пряма задача має вигляд: $z = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $-3x_1 + 4x_2 \leq 5$ $12x_1 + 5x_2 \leq 8$ $x_1 + 2x_2 \leq 3$ $x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$ Яка з побудованих до неї двоїстих задач є правильною?
	$w = 5y_1 + 8y_2 \rightarrow \min$ $-3y_1 + 12y_2 + y_3 \geq 2$ $4y_1 + 5y_2 + 2y_3 \leq 3$ $y_1 \geq 0, \quad y_2 \geq 0, \quad y_3 \geq 0$
	$w = 5y_1 + 8y_2 \rightarrow \min$ $-3y_1 + 12y_2 + y_3 \geq 2$ $4y_1 + 5y_2 + 2y_3 \leq 3$ $y_1 \geq 0, \quad y_2 \leq 0, \quad y_3 \geq 0$

	$w = 5y_1 + 8y_2 \rightarrow \min$ $-3y_1 + 12y_2 + y_3 \geq 2$ $4y_1 + 5y_2 + 2y_3 \geq 3$ $y_1 \geq 0, y_2 \leq 0, y_3 \geq 0$
	$w = 5y_1 + 8y_2 + 3 \rightarrow \min$ $3y_1 + 12y_2 + y_3 \geq 2$ $4y_1 + 5y_2 + 2y_3 \leq 3$ $y_1 \geq 0, y_2 \leq 0, y_3 \geq 0$
	$w = 5y_1 + 8y_2 + 3y_3 \rightarrow \min$ $-3y_1 + 12y_2 + y_3 \geq 2$ $4y_1 + 5y_2 + 2y_3 \geq 3$ $y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, y_3 \geq 0$
	24. До розподільчих задач лінійного програмування відносяться:
	- транспортна задача;
	- задача теорії ігор;
	- задача квадратичного програмування
	- задача дискретного програмування;
	- задача динамічного програмування.
	25. Початковий опорний план транспортної задачі можна одержати методом:
	- Вольфа;
	- рекурентних співвідношень;
	- Гоморі;
	- північно-західного кута;
	- множників Лагранжа.
	26. Оптимальний план транспортної задачі можна одержати методом:
	- потенціалів;
	- Вольфа;
	- Гоморі;
	- паралельних дотичних;
	- множників Лагранжа.
	27. Закрита транспортна задача – це задача:
	- в якій сумарні запаси однорідного вантажу дорівнюють сумарним потребам;
	- з неправильним балансом;
	- з парною кількістю споживачів;
	- в якій кількість постачальників перевищує кількість споживачів;
	- в якій кількість постачальників та споживачів однакова;
	28. Відкрита транспортна задача – це задача:
	- з правильним балансом;
	- в якій сумарні запаси однорідного вантажу не дорівнюють сумарним потребам;
	- з непарною кількістю постачальників;
	- в якій кількість постачальників перевищує кількість споживачів;
	- в якій кількість постачальників дорівнює кількості споживачів.
	29. Для розв'язку відкритої транспортної задачі методом потенціалів необхідно спочатку:
	- скористатися методом рекурентних співвідношень;
	- скористатися методом Гоморі;
	- скористатися методом Форда;
	- скористатися угорським методом;

	- збалансувати задачу шляхом введення фіктивного споживача або постачальника (в залежності від умов задачі).
	30. Для побудови системи потенціалів ТЗ необхідно, щоб кількість заповнених клітин початкового плану дорівнювала:
	- m ;
	- p ;
	- $(m+p)$;
	- $(m+p-1)$;
	- $(m-p)$.
	31. Методом потенціалів можна:
	- перевірити чи план ЗЛП, записаний у симплексній таблиці, відповідає умовам оптимальності;
	- розв'язати ЗЛП графічно;
	- покращити план при розв'язанні задачі симплексним методом;
	- перевірити чи знайдений план транспортної задачі є оптимальним;
	- розв'язати цілочисельну задачу.
	32. Який з наведених нижче методів використовується для відшукування розв'язків задач нелінійного програмування?
	- симплексний;
	- північно-західного кута;
	- потенціалів;
	- послідовного поліпшення плану;
	- метод Гоморі
	33. Труднощі розв'язування нелінійних задач (вказіть хибні твердження):
	- повна відсутність чисельних методів для розв'язку;
	- наявність певних похибок знайдених розв'язків;
	- можлива наявність декількох екстремальних точок;
	- труднощі вибору необхідного математичного апарату для дослідження;
	- трудомісткість процесу розв'язання.
	34. Який розділ математичного програмування вивчає методи розв'язання цілочисельних задач?
	- лінійне програмування;
	- динамічне програмування;
	- стохастичне програмування;
	- дробово-лінійне програмування;
	- дискретне програмування.
	35. Багатокроковий процес прийняття рішень застосовується у:
	- симплексному методі;
	- динамічному програмуванні;
	- методі потенціалів;
	- графічному методі;
	-стохастичному програмуванні.

РОЗДІЛ

4.1. Природоохоронні аспекти природокористування

Взаємовідносини суспільства і природи полягають у тому, що фактори економічного зростання – трудові ресурси, засоби виробництва і природні ресурси – у комплексі використовуються суспільством для розвитку виробництва. Питання взаємовідносин суспільства і природи та використання природних ресурсів стають дедалі актуальнішими. І це зрозуміло, бо з розвитком виробництва вилучаються все нові багатства природи, зростає вартість сировини, збільшується кількість відходів, що викидаються у навколишнє середовище. Однак, і це очевидно, було б неправильно вирішувати проблеми збереження ресурсів і середовища шляхом припинення росту або навіть скорочення обсягів виробництва. Такі припущення суперечать закономірностям розвитку людського суспільства і практично нездійсненні. Взаємодія людини з природою у процесі виробництва та споживання для забезпечення існування людства загалом є об'єктивним явищем.

Отже, постають дві взаємопов'язані проблеми: перша – вплив обмеженості природних ресурсів на їх використання і розвиток суспільного виробництва, зростаюче забруднення середовища; друга – необхідність розробки комплексу заходів щодо ліквідації цієї небезпеки для подальшого розвитку суспільства.

Природокористування має загальний характер, оскільки будь-який вид діяльності людей викликає зміни природного середовища. Ускладнення взаємозв'язків у природних, виробничих і соціальних системах, зростання пріоритету природогосподарських зв'язків викликають необхідність їх регулювання. Людство протягом усієї своєї історії неодноразово вступало в протиборство з силами природи, що спричиняло кризові ситуації. Найтипівішими в минулому були продовольчі кризи.

Глобальною є проблема відходів. У широкому розумінні відходи – це все те, що людина викидає на планету в результаті господарювання, одержання енергії та всієї життєдіяльності. Це – вихлопні гази автомобілів, нечистоти промисловості і сільського господарства, побуту, дим та гази з труб. Необхідне пробудження громадських діячів, політиків, економістів, лікарів, технологів, зрештою – всіх людей. Усі життєві процеси в усіх державах повинні

розглядатися насамперед з точки зору екології потрібне не просто екологічне мислення, треба всіма доступними засобами формувати екологічний світогляд.

Природокористування включає об'єктивно зумовлений процес залучення людиною природних ресурсів до виробничої і невиробничої діяльності, їх відтворення та охорону. В сучасних умовах науково-технічного і соціального прогресу поняття природокористування стає дуже містким і не завжди однозначно, розуміється. У «Великій Радянській Енциклопедії» природокористуванням називається сукупність впливів людини на географічну оболонку Землі, що розглядається в комплексі (на відміну від галузевих понять – водокористування, землекористування, лісокористування тощо) (т. 20, с.595–596). Деякі автори розглядають природокористування як соціальний процес, інші – як соціально-економічний. Отже, термін «природокористування», адекватно відображаючи досить складний і багатогранний суспільно-природний процес в об'єктивній реальності, далеко не однозначний – він вживається, як мінімум, у п'яти основних значеннях:

1) людська діяльність щодо використання сил і ресурсів природи з метою виробництва матеріальних благ і різних послуг, тобто як всезагальний процес праці. В (такому розумінні природокористування рівнозначне поняттю «суспільне виробництво», а з урахуванням невиробничої сфери людської діяльності – навіть ширше за нього;

2) раціональне використання ресурсів і умов природного середовища, їх відтворення та охорона;

3) безпосереднє освоєння, експлуатація, відтворення та охорона природних ресурсів і умов конкретної території (району, окремої країни, групи країн, всього світу);

4) освоєння та експлуатація окремих видів природних ресурсів у локальному, регіональному і глобальному масштабах; У такому розумінні термін «природокористування» залежно від виду споживання природного ресурсу часто замінюється галузевими синонімами, без сумніву, вужчими за обсягом – водокористування, лісокористування, землекористування тощо;

5) синтетична прикладна наука, що розробляє загальні принципи будь-якої діяльності, пов'язаної з користуванням природою. Така диференціація досить відносна. В кожному окремому випадку вивчається один і той же об'єкт – процес використання людиною сил і ресурсів природи, але з різних боків і на різних рівнях галузевої, міжгалузевої і територіальної спільності. Серед перелічених значень терміна «природокористування» найширшим за обсягом є поняття, що відображає процес праці (суспільне виробництво), найвужчим – освоєння та експлуатація окремого виду природного ресурсу у вузькотериторіальному (локальному) масштабі. Класифікація

основних видів природокористування можлива з позицій тісно взаємопов'язаних галузевого, компонентного, функціонального (комплексного) підходів. Принцип розвитку вимагає, щоб економічне дослідження велося за схемою: минуле—сучасне—майбутнє. Щоб зрозуміти суть економічного явища, треба знати його історію, без цього не можна побудувати теорію. Розглядаючи перспективи розвитку природокористування, слід орієнтуватися на виявлені під час дослідження зародки нового, передового, економічно та екологічно раціонального.

Економічні явища розвиваються відповідно до загального закону діалектики, перетворення кількісних змін в якісні, які є наслідком нагромадження кількісних змін. Кожна нова якість, що виникає, створює в своїх межах простір для нових кількісних змін. Ігнорування цього принципу в економіці природокористування може призвести до катастрофічних наслідків – переміщення окремих видів ресурсів із розряду відновлюваних у невідновлювані, невичерпних – у вичерпні. А невідповідність комплексу заходів щодо раціонального використання певного виду ресурсів відповідному їх розряду може спричинити їх безповоротне вичерпання.

Важливою умовою наукового розуміння економічної дійсності в природокористуванні, прогнозуванні є знання причинно-наслідкових зв'язків, що існують в економіці природокористування, оскільки воно дає змогу передбачати і цілеспрямовано змінювати економічні явища. А висновки про причинно-наслідкові зв'язки в економіці та природокористуванні можуть вважатися науковими, якщо вони обґрунтовані економічними факторами і базуються на масових даних. Саме такий методологічний підхід до економічних явищ і процесів дає змогу сформулювати і пояснити фундаментальні поняття і принципи економіки природокористування, а також правильно оцінити конкретні моменти розвитку цього процесу. Серед методів дослідження розрізняють загальнонаукові та конкретно-наукові, або спеціальні. Перші застосовуються ширше. Серед них центральне місце щодо застосування до економічних наук посідає метод наукової абстракції. Його схематично зображають як рух від конкретного (від явищ, які спостерігаються безпосередньо, від зовнішніх уявлень про них) до абстрактного, і потім сходження від абстрактного до конкретного. Наукове абстрагування полягає у відстороненні від зовнішніх, несуттєвих ознак явищ і виділенні в них загальних, суттєвих сторін (ознак), у пізнанні сутності явищ. Хоча абстрактне уявлення про явище є менш повним, воно дає змогу глибше зрозуміти в ньому головне, суттєве, дати наукове визначення явища. Абстрагування лежить в основі формування економічних понять, категорій. Значна частина, економічних категорій не може бути виявлена шляхом безпосереднього спостереження, а для проникнення

в область цих явищ потрібне застосування наукового методу. У процесі наукового пізнання економічних явищ широко застосовуються аналіз і синтез. При аналізі відбувається розчленування економічних процесів і явищ на складові елементи, причому кожен елемент послідовно вивчається. Синтез полягає в уявному об'єднанні окремих елементів об'єкту. Прийоми аналізу і синтезу широко застосовують при вивченні структури явищ, які спостерігаються: витрат на природоохоронні заходи, виробничих фондів природокористувачів тощо. Своєрідним вираженням методу аналізу-синтезу є метод статистичних групувань – статистична сукупність розділяється на групи, а висновків доходять на підставі всієї сукупності. Експеримент є основним методом дослідження для природничих наук, однак в економічних науках він має допоміжне значення, причому не стільки через свою суть, як методу, скільки через складність і обмеженість застосування, адже експериментальний метод в економіці природокористування пов'язаний насамперед з небезпекою заподіяння непоправної шкоди природному середовищу, а можливо, і людям. Поряд із загальнонауковими методами, економіка природокористування, як наука, потребує своїх конкретних методів. З усієї сукупності конкретно-наукових методів, що використовуються в економічних науках, економіка природокористування застосовує наступні. Статистико-економічну обробку відомостей про явище, яке спостерігається. Ці відомості можуть бути одержані за допомогою спеціальних спостережень, документів, в яких фіксуються кількісні характеристики економічних явищ. Така обробка інформації включає складання зведених матеріалів, застосування простих і складних групувань, кореляційно-регресійного аналізу, виробничих функцій тощо.

Статистико-економічна обробка дає змогу: одержати матеріали, які характеризують розвиток або стан явища; виявити постійні зв'язки між явищами; з'ясувати кількісні зв'язки між факторами і результатами використання природних ресурсів за допомогою кореляційно-регресійного аналізу, визначити форми зв'язку. На цій підставі є змога розрахувати, наприклад, планові розміри природокористування за відомого рівня забезпеченості його факторами або потребу в факторах за планового рівня природокористування, також провадити наукове прогнозування та розв'язати інші завдання. Застосування виробничих функцій дає змогу прогнозувати перспективні варіанти використання того чи іншого виду природного ресурсу за тих чи інших значень факторних ознак. Методом порівняльних (варіантних) розрахунків може порівнюватись економічна ефективність різних природоохоронних заходів, екологобезпечних технологій виробництва. Порівняльні розрахунки

можуть призначатися для порівняння нормативних і фактичних витрат з наступним з'ясуванням причин їх неспівпадання.

Для координації і взаємозв'язку складових досліджуваного явища, дотримання збалансованості кількісних пропорцій користуються балансовим методом дослідження. Цей метод відіграє важливу роль при складанні народногосподарських координаційних планів. В економіці природокористування математика застосовується через побудову економіко-математичних моделей – системи математичних символів і форм, яка має економічний зміст і покликана висвітлити найістотніші ознаки досліджуваного об'єкта, полегшити пізнання і визначити шляхи ефективного розвитку процесу. Математичне моделювання в економіці природокористування використовується тоді, коли на основі вихідної інформації за допомогою ЕОМ визначають оптимальні кількісні вираження прогнозованих показників. Застосовуючи математику, слід пам'ятати, що йдеться не про заміну економічних методів дослідження математичними, а про вдосконалення математичного апарату і розширення матеріальної бази економічних методів. Крім того, слід мати на увазі, що економіка природокористування як наука має справу з нешкалованими явищами. В багатьох випадках зв'язок між явищами, хоч і є логічно безперервним, не отримує кількісного вираження. Теоретичний аналіз економіки природокористування є підставою формування вихідних умов і пояснення результатів математичного дослідження. і Без нього не можна з'ясувати, які саме величини і для чого слід обчислювати. Кількісно вимірювати можна величини лише однакової економічної якості. Достовірну фактичну базу для математичного аналізу економічної дійсності в природокористуванні може мати лише економічна наука.

4.2.Екологічні наслідки природокористування

Нова техніка і технологія, досягнення медицини, засоби масової інформації докорінно змінюють умови життя людей. Однак все частіше постає питання про бажані, небажані та непередбачені наслідки науково-технічного прогресу. Особливо гострою є проблема співвідношення НТП і збереження природного середовища, яке є єдино можливим середовищем життя людини. Забруднення природного середовища – це таке привнесення в геосистему різних речовин і сполук, за якого перевищуються граничні концентрації, а отже, і місткість геосистеми. Тут мова йтиме лише про технологічні процеси, хоч аналогічні наслідки можуть мати катастрофічні

виверження вулканів, пилові бурі тощо. Отже, мають місце дві проблеми: перша – безпосереднє забруднення навколишнього середовища; друга – збільшення масштабів водоспоживання. Багато технологій розроблено без урахування екологічного фактора, часто вони малоефективні щодо одержання кінцевого продукту, але завдають значної шкоди природі.

Прикладом того, як технічний прогрес може обернутись регресом, є механічний обробіток ґрунту. Створені потужні трактори, плуги, культиватори і борони, які можуть обробляти ґрунт на глибину 27 см і більше. Виявилось, що підвищення інтенсивності механічного обробітку ґрунту порушує його мікроструктуру, негативно позначається на врожайності і стимулює ерозію.

Отже, ущільнення може служити однією з причин посилення процесів ерозії. Зменшення пористості значно погіршує повітряний режим ґрунтів. Це знижує не лише життєдіяльність коріння і всієї рослини, а й активність ґрунтової аеробної мікрофлори та фауни – одного з важливих компонентів ґрунтової родючості. В кінцевому підсумку ґрунт набуває властивостей, що не відповідають природним потребам рослин, що також призводить до зниження їх врожаїв. Тому ущільнення ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур – явище як з економічної, так і з екологічної точки зору небажане. В кінцевому підсумку воно призводить до зниження урожаїв сільськогосподарських культур, погіршення стану навколишнього середовища. Споконвіку хлібороб мріяв про підвищення врожаїв, для цього постійно вдосконалюючи обробіток ґрунту, удобрення, насінництво, сівозміни, технології вирощування культур. Однак на певному етапі перевага була надана тотальній хімізації землеробства, оскільки внесення азотних, фосфорних, калійних добрив ненадовго збільшувало врожай. Одночасно хімічні засоби стали частіше використовуватися для боротьби з шкідниками і хворобами сільськогосподарських культур, бур'янами. При цьому відходили на задній план такі традиційні напрями відновлення родючості ґрунтів, як дотримання сівозмін, використання сидератів, нагромадження і використання компостів, гноївки, агротехнічні засоби боротьби з хворобами, шкідниками і бур'янами. Нагромадження засобів хімізації в ґрунті, ґрунтових водах призвело до надмірного вмісту їх у продукції рослинництва, а через корми – і в продуктах тваринного походження. У боротьбі з бур'янами пріоритет хімічним методам віддано абсолютно необґрунтовано. Часто доходить до парадоксів. Проте абсолютизувати негативні тенденції природокористування не варто, оскільки це протиставляє науково-технічний прогрес і підвищення добробуту населення збереженню навколишнього середовища. Розширення масштабів виробництва без розв'язання завдань раціонального природокористування стає вже зараз технічно й

економічно неможливим, оскільки погіршення природного середовища є також і погіршенням матеріальних умов виробництва. При цьому не менш важливий інший, зворотний зв'язок – вплив природного середовища на свідомість людей, що спонукає формування нових розумних запитів суспільства орієнтованих на ощадливе ставлення до природи. Отже, основна економіко-екологічна проблема науково-технічного прогресу в сільському господарстві й в АПК загалом, яка лежить на перетині суто економічних і екологічних проблем, полягає тепер у тому, щоб розвиток науки і техніки, інтенсифікацію використання науково-технічних потенціалів, що їх обслуговують, підпорядкувати і зосередити на розв'язанні таких стратегічних завдань: всебічне підвищення продуктивності суспільної праці та ефективності функціонування аграрного сектора економіки, постійне збільшення виробництва землеробської й тваринницької продукції, поліпшення її якості та умов праці; створення принципово нових видів техніки і технологій аграрного виробництва, поліпшення їх якості і зміна складу і структури, підвищення на цій основі продуктивності, стійкості та ефективності агрозооекосистем, зведення до мінімуму негативного впливу сільського господарства на природне середовище; розробка і впровадження в сільськогосподарське виробництво екологічно чистих технічних і технологічних засобів, здатних підтримувати на оптимальному рівні параметри навколишнього середовища та екологічну рівновагу в ньому.

4.3. Формалізація витрат на екологію

Відтворення ресурсів природи, її охорона вимагають суттєвих матеріальних витрат, економічна і соціальна ефективність яких повинна бути достатньо високою для того, щоб суспільство могло їх собі дозволити. В зв'язку з цим виникає проблема економічної та позаекономічної оцінки впливу людини на природу. Проблема ця досить багатогранна, оскільки включає область взаємного проникнення і взаємодії природи і суспільства, а методика оцінки результатів цієї взаємодії ще недостатньо розроблена. Важливою складовою частиною розробки оцінок впливу на природу є значення системи показників, причому розв'язання різнорідних соціально-економічних завдань вимагає застосування різних видів оцінок. Економічна оцінка – це оцінка змін в економіці, що виникають при певному впливі внаслідок порушення основних функцій природи, тобто вона відображає вартість заходів на підтримання оптимального стану природної, соціальної і господарської підсистем та вартість збитків від антропогенних впливів. Об'єктом економічних оцінок можуть бути всі види наслідків господарської діяльності (екологічні,

соціальні, господарські), але тією мірою, якою вони здійснюють вплив на економічне життя суспільства. Серед різних видів економічних оцінок стану природного середовища частіше використовується оцінка екологічних витрат, що є сукупністю народногосподарських витрат, викликаних з допущеним рівнем екологічних порушень. Здійснення природоохоронних заходів, як і будь-яких інших соціальних заходів, вимагає витрат, але їх нездійснення також тягне за собою витрати. Ці витрати є двома важливими складовими екологічними витрат. Перша складова – витрати на природоохоронні заходи в місці потенційного виникнення екологічних порушень. До них належать витрати на попередження забруднень, ерозійні заходи; тощо. Друга складова – економічні збитки від екологічних порушень, що виникають внаслідок відмови від природоохоронних заходів (або недостатніх масштабів їх здійснення). Вони складаються з витрат на компенсацію сировинних витрат з газами, що відходять, твердими відходами, стічними водами, а також із витрат на попередження і ліквідацію несприятливого впливу на реципієнтів (об'єкти, яким завдаються збитки), і в цілому на природне середовище, що проявляється в зниженні цінності ландшафтів (рекреаційної, середовищезахисної), погіршенні умов роботи людей, підприємств, техніки, втратах робочого часу пов'язаних з підвищеною захворюваністю.

Тому економічна оцінка екологічних витрат E обчислюється за формулою:

$$E = B_z + 3b_\phi,$$

де B_z – витрати на здійснення природоохоронних заходів; $3b_\phi$ – фактичні збитки, що завдаються господарству і населенню після проведення або в результаті не проведення природоохоронних заходів у вартісному вираженні. Якщо самі природоохоронні витрати (перша складова екологічних витрат), як правило, функціонально (детерміновано) залежать від масштабів і характеру попереджувальних екологічних порушень і тому визначаються з найбільшим ступенем достовірності, то економічні збитки не піддаються однозначному визначенню і розглядаються у вигляді діапазону можливих значень для різних комбінацій параметрів, що характеризують об'єкти, на які діють екологічні порушення (чисельність і віковий склад населення, характер його зайнятості, забезпеченості харчуванням, вартість основних фондів тощо). Ці витрати можуть не збігатися за місцем і часом, їх виникнення з екологічними порушеннями, що їх викликали. Тому економічні збитки є за своєю природою стохастичною величиною, яка піддається обчисленню лише з тим чи іншим ступенем ймовірності. В цьому полягає головна трудність визначення вказаної компоненти екологічних витрат. Складові економічної оцінки перебувають між

собою у функціональній залежності (при збільшенні витрат за однією з цих складових можна добитися зниження витрат за іншою) і взаємно доповнюють одна одну. Залежно від стратегії виділяють наступні модифікації економічних оцінок. Якщо внаслідок природоохоронних заходів досягнуто нормативної якості середовища, тобто повністю забезпечується відтворення середовищної і ресурсної функції природи, тоді $E = B_s$. У випадку, якщо природоохоронні заходи не проводяться, економічна оцінка збігається з можливими економічними збитками і має вигляд $E = Zb_{\text{мож}}$, де $Zb_{\text{мож}}$ – можливі економічні збитки. Якщо природоохоронні заходи є багатоцільовими, то в економічній оцінці враховується додатковий економічний ефект від їх проведення. До багатоцільових належать, наприклад, роботи по лісовідновленню, які не лише збільшують продуктивність лісів та забезпеченість лісовими ресурсами, а й дають змогу, попередити виникнення і розвиток прискореної ерозії. Запровадження маловідходної технології знижує масштаби забруднення середовища і забезпечує більш повну утилізацію матеріально-енергетичних ресурсів. У цьому випадку економічна оцінка має вигляд $E = B_s + Zb_{\phi} - \Delta E$, де ΔE – додатковий економічний ефект від природоохоронних заходів, багатоцільових за своїм призначенням. Економічно оцінити господарські наслідки можна, як правило, лише частково. Так, при погіршенні умов праці і відпочинку через деградацію ландшафтів можна одержати економічне вираження на основі обліку його непрямого впливу на суспільну продуктивність праці. Втрати сільського господарства від забруднення природного середовища можуть проявлятися в зниженні урожайності, продуктивності худоби тощо. Збитків природному середовищу завдають не лише забруднення, а й вирубування лісів, організація судноплавства, інтенсивне ведення сільського господарства та інша виробнича діяльність. Отже, економічні збитки проявляються в багатьох формах на всіх рівнях народного господарства.

Є багато визначень і методик визначення збитків. Послугуючись ними, треба пам'ятати, що не можна соціально-економічні збитки зводити лише до матеріальних. Еколого-економічні збитки відображають можливі народногосподарські втрати від природокористування і є сумою додаткових витрат на відтворення і встановлення окремих видів ресурсів у певному регіоні до рівня, якого вони сягали перед здійсненням природоохоронних заходів. Слід мати на увазі, що збитки – це не реальні матеріальні блага, не створена вартість, а матеріальні блага і вартість, які могли б бути створені в процесі експлуатації навколишнього середовища. Тому збитки – це не частина сукупного суспільного продукту. Збитків зазнають передусім люди. Виходячи з цього, під еколого-економічними збитками слід розуміти різницю між сукупним суспільним продуктом, який міг би

бути одержаний на основі раціонального використання природного середовища, і сукупним суспільним продуктом, одержаним при нераціональному його використанні. Саме недоодержаний сукупний суспільний продукт суспільство змушене компенсувати. А збитки на рівні госпрозрахункового підприємства можуть проявлятися у витраті ресурсів, збільшенні витрат, зменшенні чистого доходу, отже, слід розмежовувати збитки суспільству і збитки госпрозрахункового підприємства від нераціонального природокористування. Витрати, спрямовані на компенсацію збитків – непродуктивні, а спрямовані на попередження економіко-екологічних збитків – продуктивні. Перші – «пасивні» витрати. Другі – «активні». Добре, якщо активні випереджають пасивні. Відношення збитків від нераціонального природокористування у вартісному виразі до всього створюваного суспільного продукту (*ССП*) – рівень розвитку охорони навколишнього середовища, а також ступінь негативного впливу виробничої діяльності на природу (*K*). $K = \frac{3}{ССП}$. (4.4) При цьому *K*

залежатиме від структури *ССП*. Чим менше екологічно небезпечної продукції виробляється суспільством, тим менше збитків, а отже, і показник *K*. В ідеалі $K \rightarrow 0$. Це стане можливим, коли буде створена принципово нова екологічна технологія. Чим вищий рівень розвитку продуктивних сил, токсичніший забруднювач, вищий ступінь використання середовища, тим більше збитків буде завдано вибуттям природного ресурсу. Збитки залежать також від властивостей самого середовища і ступеня його використання. Чим триваліший період, протягом якого здійснюється несприятливий вплив на природне середовище, тим більше збитків завдається суспільству. Велике значення має встановлення конкретного розміру збитків. Методика розрахунку досить недосконала. Економічні збитки завжди є нижчими порівняно з реальними (неврахована частина становить 30–40%). Частина їх не враховується через неможливість при сучасному розвитку економічної науки у вартісній формі виразити всі види натуральних збитків з точки зору витрат майбутньої праці. Не вироблена також методика визначення збитків, що завдаються земельним та водним ресурсам. В одних джерелах їх пропонують оцінювати за втратами валової продукції, в других – за приведеними витратами на ліквідацію наслідків забруднення і на відтворення втраченої продукції, в третіх – за зміною економічної оцінки забрудненого ресурсу. Однак загальний розмір економічних збитків, його точний прогноз у майбутньому абсолютно необхідні, – для визначення коштів на заходи з охорони природного середовища в країні, а також для оцінки раціонального природного користування на госпрозрахунковому підприємстві. В основу методики визначення еколого-економічних збитків слід покласти оцінку природних

ресурсів. Адже, по суті, збитки пов'язані з нераціональним використанням природних ресурсів, а часто і з їх незворотною втратою. Тому її оцінку слід визначати через ціну відтворення втраченого (або такого, що втрачається) ресурсу. Така оцінка може лягти в основу плати за нераціональне природокористування

4.4. Моделювання еколого-економічних аспектів землекористування в рільництві

В умовах земельної реформи, переходу на багаторівневу економіку ринкового типу, розвитку різних форм землеволодіння і землекористування, впровадження економічного механізму регулювання земельних відносин суттєво зростають обсяги землевпорядних робіт і пред'являються підвищені вимоги. При цьому доводиться стикатися з такими завданнями, ефективне і оперативне вирішення яких практично неможливо без використання економіко-математичних методів і електронно-обчислювальних машин. Економіко-математичні методи і моделювання в землевпорядкуванні дозволяють вирішувати велике коло завдань, пов'язаних з оптимізацією територіальної організації сільськогосподарського виробництва з урахуванням агроекологічних властивостей землі, установленням раціональних розмірів і структури землеволодінь і землекористувань, оптимізацією трансформації і покращення угідь, розміщенням сівозмін, підвищення родючості ґрунтів, проектуванням системи протиерозійних заходів.

Таким чином, землекористування як екологічна система – це територіальний комплекс оптимальних взаємозв'язків ґрунту, організму і атмосфери через склад і структуру угідь, систему землеробства, повітряне середовище.

Способів та методів, які дозволяють виявити зв'язки дійового управління з кінцевим результатом функціонування землекористування, може бути багато. Але найбільш прийнятними методами для вирішення цього завдання є активні і пасивні експерименти. Ці методи, в принципі, дозволяють вивчити всю різноманітність явищ і процесів, які проходять в землекористуванні "людина - земля - рослина - наземний шар атмосфери", встановити закономірності розвитку продуктивних сил суспільства, їх вплив на земельні ресурси, динаміку ґрунтової родючості, реакцію рослинних організмів на сукупність умов вирощування, факторів антропогенного характеру і т.п. [15.]

Проте, як активний експеримент, так і спостереження за тими чи іншими явищами в агроєкосистемах, неприйнятні, оскільки потрібно

швидко і оперативно вмішуватися в виробничі процеси та земельні відносини, раціонально вибрати всю сукупність дій управління.

Метод математичного моделювання довів свою виключну ефективність при вирішенні різних, досить складних, науково-технічних і соціально-економічних проблем. Незвична складність взаємозв'язків природи, багатьох компонентів біологічного, технологічного, технічного, (економічного і соціального характеру в землекористуванні, змушують звернутись до математичного моделювання. При цьому математичне моделювання повинно поєднуватися з лабораторним (польовим) експериментом, направленим на одержання параметрів математичних моделей, а також поєднуватися з натурними спостереженнями.

Рівень територіальної організації агроєкосистеми залежить від умов експлуатації агроландшафтів як системи. Тому, в даний час основна увага повинна приділятися моделям, які орієнтовані на вирішення завдань (оптимального управління, з врахуванням тієї ролі, яку може відігравати землекористування. Методологічною основою оптимізації взаємодії людини з землею як ресурсом є концепція економічного росту з одержанням оптимально можливого приросту продукції за умови мінімальних або нульових екологічних збитків, як прояву оптимального врегулювання еколого-економічних взаємовідносин. Основними принципами екологізації економіки повинні бути:

- екологічно-безпечна господарська діяльність;
- мінімальна дія на землю, відмова від необґрунтованих проектів перетворення ландшафтів з метою "освоєння нових або покращення існуючих угідь";
- допустимо обмежене вилучення цінних сільськогосподарських угідь;
- збереження й окультурення природних агроландшафтів, порушених людиною в процесі попередньої нерозумної діяльності;
- земельний моніторинг, контроль за використанням і охороною земель, економічна оцінка екологічних збитків;
- оптимізаційний прогноз і програмування будь-яких видів господарської діяльності і прогноз наслідків.

Основою оптимізації сільськогосподарського землекористування є раціональні для даного регіону їх розміри, організація раціонального складу земельних угідь і посівних площ (структури агроценозів), раціональна організація території з врахуванням екологічно безпечного господарювання на землі, забезпечення відтворення родючості ґрунтів, відновлення продуктивності еродованих земель, одержання необхідних об'ємів сільськогосподарської продукції без пошкодження родючого шару землі. Отже, оптимізація землекористування - це така організація виробничого процесу, при

якій земля використовується найбільш раціонально, її продуктивні властивості забезпечують хоча і не максимальний, але екологічно-стійкий ефект при збереженні родючості ґрунтів.

При вирішенні питань організації використання землі з екологічних позицій, визріла необхідність використати екосистемний підхід. При цьому територію, яка організовується, слід розглядати як складну агроекосистему різних рівнів структурно-ландшафтної організації: від окремої ділянки (поля) до крупних територіальних одиниць, які включають агроландшафти та їх поєднання.

Фундаментальні дослідження в землекористуванні повинні вирішити складне завдання оптимізувати земельні відносини, встановити закономірності енерго- і масообміну в агроекосистемах і спорити теоретичний фундамент для розробки прийомів і способів направленої регулювання цих процесів. Для вирішення цього завдання необхідно переглянути існуючі уявлення про землекористування родючість ґрунту та її відновлення, як об'єкт досліджень. Метою розробки моделей родючості ґрунту є впорядкування знань про родючість, оцінка впливу на стан використання землі, а також можливість оптимального розміщення сільськогосподарських культур у межах господарств на ґрунтах різної родючості. Екологозабезпечуючий напрям ведення сучасного сільського виробництва потребує отримання високих врожаїв при дбайливому ставленні до землі, підтримці й поновленні родючості ґрунту. Моделі родючості є наближеним відображенням властивостей ґрунту задовольняти потреби сільськогосподарських рослин за певних екологічних і соціально-економічних умов. Розроблена схема системи моделей родючості ґрунту на основі моделі оптимізації розміщення сільськогосподарських культур дає можливість оптимізувати основні процеси родючості ґрунту (рис.4.1).

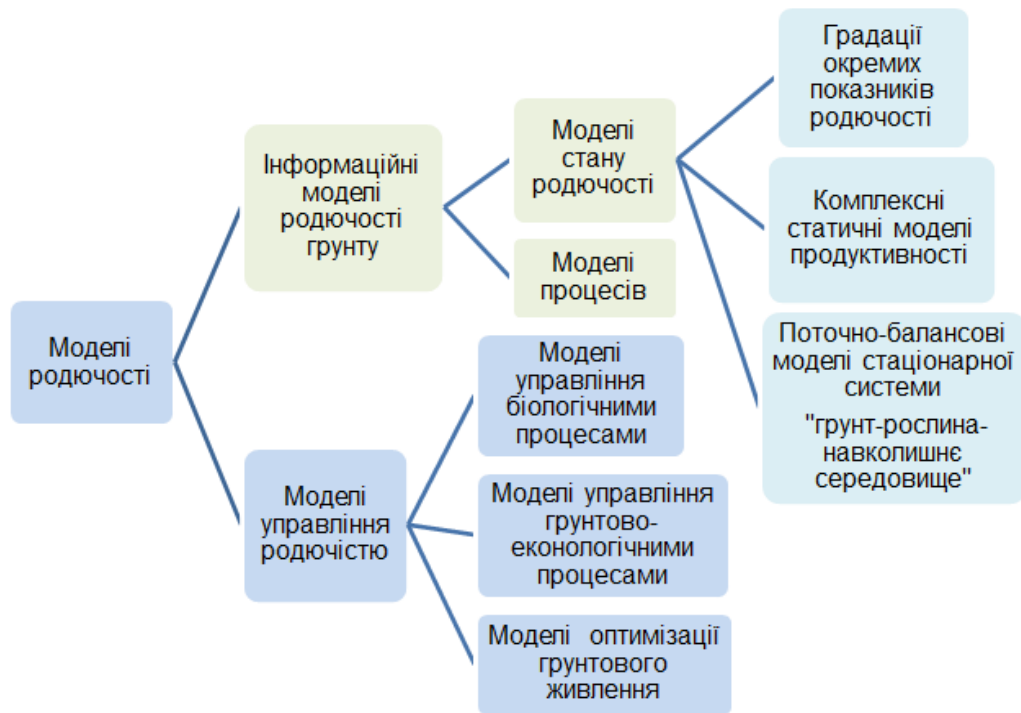


Рис.4.1. Схема варіантів моделей родючості ґрунту

Науковцями розроблено кілька класів економіко-математичних моделей розміщення культур, що мають спільну мету, але відрізняються підходами до деталізації проблеми та урахування індивідуальних умов моделей. Серед них слід відзначити економіко-математичну модель, розроблену на кафедрі економічної кібернетики НУБіП України доц. З.О. Жадлун [73].

Цільова функція екологічної економіко-математичної моделі являє собою лінійну форму, яку треба максимізувати

$$Z = \sum_{i \in M_1} \sum_{j \in M_2} t_{ij} x_{ij} \rightarrow \max,$$

де M_1 – множина земельних ділянок;

M_2 – множина сільськогосподарських культур;

t_{ij} – економічна ефективність вирощування продукції j -ї сільськогосподарської культури на i -му полі.

Враховуючи всі особливості моделювання цього процесу і специфіку постановки нашої задачі, еколого-економічна модель

оптимізації ґрунтового живлення сільськогосподарських культур матиме вигляд [4]:

Максимізуємо вихід валової продукції з одиниці площі:

$$Z = \sum \sum Y_{ij} X_{ij} \rightarrow \max$$

де $i \in M_1$ $j \in M_2$

M_1 – множина земельних ділянок ($i = n$);

M_2 – множина сільськогосподарських культур ($j = m$);

Y_{ij} – економічна ефективність вирощування продукції j -ї сільськогосподарської культури на i -му полі.

X_{ij} – шукана площа посіву j -ї сільськогосподарської культури на i -му полі;

S_i – площа кожної з n земельних ділянок;

S_j – площа кожної з m культур в структурі посівних площ;

ξ_{ij} – логічний коефіцієнт, що передбачає можливість розміщення j -ї культури на ґрунті i -ї ділянки;

Оптимальне розміщення сільськогосподарських культур має задовольняти такі умови:

1. По використанню ріллі:

$$\sum \xi_{ij} X_{ij} = S_i, \quad (i \in M_1)$$

$j \in M_2$

2. По структурі посівних площ:

$$\sum \xi_{ij} X_{ij} = S_j \quad (j \in M_2;)$$

$i \in M_1$

3. По області допустимих значень змінних:

$$S_{ij}^{\min} \leq X_{ij} \leq S_{ij}^{\max};$$

де S_{ij}^{\min} , S_{ij}^{\max} – допустимі мінімальне та максимальне значення змінних.

4. Природні умови невід’ємності змінних:

$$X_{ij} \geq 0, \quad (i \in M_1 \quad j \in M_2)$$

Розроблена методика дозволяє при визначенні урожайності Y_{ij} j -ї сільськогосподарської культури на i -му ґрунті враховувати складність мінерального складу ґрунту. При цьому урожайність яка забезпечена

наявністю в ґрунті k -го компонента поживності розраховується за формулою:

$$Y_{kij} = \frac{\alpha_{ki} * E_i * f_{kij}}{\theta_{kj}}, \quad \begin{matrix} k \in M, \\ i \in M_1, \\ j \in M_2 \end{matrix},$$

де

M – множина компонентів поживності;

k – порядковий номер компонента поживності, $k \in M$;

M_1 – множина земельних ділянок;

M_2 – множина сільськогосподарських культур

i – порядковий номер земельної ділянки, $i \in M_1$;

j – порядковий номер сільськогосподарської культури, $j \in M_2$;

a_{ki} – вміст k -го компонента поживності в ґрунті i -ї земельної ділянки (мг/на 1 кг ґрунту).

E_i – коефіцієнт переведу в кг діючої речовини;

f_{kij} – коефіцієнт використання k -го компонента поживності на i -му ґрунті j -ю сільськогосподарською культурою.

θ_{kij} – винос k -го компонента поживності одиницею врожаю сільськогосподарської культури.

У зв'язку з тим, що швидкість приросту біомаси того чи іншого виду рослин лімітується компонентом поживності, який є в екологічному мінімумі, а в залежності від споживання баланс між різними компонентами може змінюватись і в екологічному мінімумі будуть знаходитись різні хімічні речовини, Y_{ij} – урожайність j -ї сільськогосподарської культури на i -му ґрунті визначається за формулою:

$$Y_{ij} = \min Y_{kij} = \min \frac{d_{ki} E_i f_{ij}}{\theta_{kij}}.$$

Величина Y_{ij} являє собою коефіцієнти ефективної родючості ґрунту і показує яка частина врожаю може бути сформована за рахунок доступних для рослин запасів поживних речовин ґрунту. Розроблена трансформаційна модель дає можливість представити її у вигляді транспортної задачі, бо культури виконують роль споживача, а ділянки різної родючості – джерела чи постачальника. При цьому виконується імітація, що кожна сільськогосподарська культура повинна спробувати “зростати” на кожній з ділянок ґрунту і при оптимальному плані розміститися певними окремими площами по полях так, щоб найбільш “задовольнити” кожну культуру щодо поживності і виконати низку обмежень задачі.

Розроблена економіко-математична модель порівняно з іншими екологічними моделями розміщення характеризується її компактністю, достатньо повно враховує всі агротехнічні умови та вимоги ґрунтів і сільськогосподарських культур.

Тепер повертаємося до постановки задачі. Розроблена трансформаційна імітаційна модель дає можливість представити її у вигляді транспортної задачі, бо культури виконують роль джерела чи постачальника, а ділянки різної родючості – споживача. Одержання оптимального плану розміщення сільськогосподарських культур відбувається в кілька етапів: на першому - досліджуються показники економічного та агрохімічного обстеження господарства; наступним важливим етапом реалізації економіко-математичної моделі є розрахунок показників критерію оптимальності (t_{ij}); заключний етап – післяоптимізаційний аналіз отриманого плану розміщення сільськогосподарських культур на полях сівозмін господарства, а на його основі – висновок про можливість збільшення виходу валової продукції за рахунок оптимізації ґрунтового живлення та виконання екологічних вимог щодо використання орної землі.

Зростання продуктивності площі посіву є результатом дії багатьох факторів – підвищення культури землеробства і організації виробництва, зміцнення його матеріально-технічної бази, поліпшення технології використання мінеральних і органічних добрив тощо.

Визначення норм і співвідношень добрив під сільськогосподарські культури – складний багатоплановий процес, який повинен враховувати конкретні показники родючості ґрунтів, рівень запланованої урожайності сільськогосподарських культур, кліматичні й організаційно-економічні передумови вирощування сільськогосподарських культур тощо. Щоб забезпечити відновлення родючості ґрунтів та екологічної стійкості навколишнього середовища слід вносити мінеральні добрива на балансовій основі з метою зберегти рівновагу елементів живлення в агроценозах.

Оптимізація доз добрив під сільськогосподарські культури проводиться з урахуванням економічних показників та обов'язковим економічним ефектом. В основу запропонованого диференційованого методу розрахунку необхідної кількості добрив під сільськогосподарські культури покладено принцип нормування внесення добрив. Прогнозування показників урожайності конкретних культур враховує нелінійний характер причинно -наслідкових зв'язків у системі “родючість ґрунту - добрива - врожай”.

Методика розрахунків полягає в тому, що спочатку визначають ту частину врожаю, для якої буде достатньо поживних речовин, що є в ґрунті за спеціально розробленими виробничими функціями. Основними етапами вказаної роботи є вибір необхідної функціональної залежності між урожайністю сільськогосподарських культур, застосуванням добрив та іншими факторами. Критеріями вибору відповідних залежностей, які найоб'єктивніше характеризують вплив добрив на врожайність є коефіцієнт кореляції при прямолінійному типі зв'язку і кореляційне відношення – при криволінійному.

Інтенсивне землеробство передбачає не тільки одержання високих врожаїв, а й підтримання та підвищення родючості ґрунтів, чого можна досягти за позитивного балансу гумусу й поживних елементів.

Розроблено низку методів, які допомагають вирішувати дану проблему, проте дійсне значення добрив у процесі сільськогосподарського виробництва можна правильно зрозуміти лише у взаємозв'язку з іншими факторами, що формують рівень урожайності сільськогосподарських культур у межах одного і того ж періоду.

Поряд з цими дослідженнями встановлено, що при забезпеченні потенційних технологічних і організаційних економічних передумов в Україні реально існують можливості для збільшення формування валового і товарного виробництва окремих видів продукції. За

При забезпеченні вимог технології, впровадженні прогресивних прийомів організації праці, раціональному регулюванні водного режиму аграрні сільськогосподарські підприємства мають реальні матеріальні передумови для збільшення виходу продукції з одиниці площі.

План використання органічних добрив повинен забезпечувати відновлення гумусу, як основного показника родючості ґрунту. Мінеральні добрива є чинником управління мінеральним живленням рослин, тобто доповнення недостатньої кількості в ґрунті NPK до оптимального рівня для конкретної сільськогосподарської культури.

Задача полягає в тому, щоб скласти план оптимального використання обмежених фондів органічних та мінеральних добрив, який би забезпечив найповніше відновлення гумусу та мінеральних поживних компонентів у ґрунтах господарства й отримання на цій основі високих врожаїв сільськогосподарських культур.

Для вирішення поставленого завдання необхідно побудувати економіко-математичну модель оптимізації використання фондів добрив і реалізувати її на ПЕОМ.

Всі ці умови враховані в динамічній економіко-математичній моделі оптимізації розподілу обмежених фондів органічних і мінеральних добрив під сільськогосподарські культури. Для формалізації умов економіко-математичної моделі використані такі позначення:

J – множина сільськогосподарських культур;

j – порядковий номер сільськогосподарської культури $j \in J$;

I – множина земельних ділянок (полів);

i – порядковий номер поля, $i \in I$;

L – множина видів органічних добрив ;

l – порядковий номер видів органічних добрив, $l \in L$;

R – множина видів мінеральних поживних речовин;

r – порядковий номер мінерального поживного елемента, $r \in R$;

μ_j – мінералізація гумусу врожаєм j -ої сільськогосподарської культури;

$P_j^{(1)}$ – кількість поверхневих залишків j -ої сільськогосподарської культури;

$P_j^{(2)}$ – кількість корневих залишків j -ої сільськогосподарської культури;

P_j – кількість рослинних залишків j -ої сільськогосподарської культури, $P_j = P_j^{(1)} + P_j^{(2)}$;

K – коефіцієнт гуміфікації рослинних залишків;

$K_{jr}^{(1)}, K_{jr}^{(2)}$ – вміст r -ої поживної речовини відповідно в поверхневих та корневих залишках j -ої сільськогосподарської культури у відсотках на абсолютно суху речовину;

B_{rj} – винос r -ого поживного елемента j -ою культурою;

K_{ijr} – коефіцієнт використання r -ої поживної речовини j -ою сільськогосподарською культурою з мінеральних добрив на i -тому полі;

K_{ijr}^r – коефіцієнт використання r -ої поживної речовини j -ою сільськогосподарською культурою з ґрунту i -ого поля;

K_r – коефіцієнт використання r -ої поживної речовини з органічних добрив;

K_{rl} – кількість діючої речовини (д.р.) r -ого виду в одиниці маси органічних добрив l - ого виду;

K_l – вміст сухої органічної речовини в одиниці маси органічних добрив l - ого виду;

η_{ir} – вміст r -ого поживного елемента в ґрунті i -ого поля, кг/1кг ґрунту;

Π_i – коефіцієнт переводу (з кг/1 кг ґрунту в кг д.р.) для ґрунту i - ого поля;

Z_{ir} – запаси r -ої поживної речовини на 1 га i -ого поля;

S_i – площа i –ого поля;

F_l, F_r – фонди органічних добрив l -ого виду та мінеральних добрив

r – ого виду;

W_j – плановий обсяг виробництва продукції j -ої сільськогосподарської культури;

$u_{ij}^{\min}, u_{ij}^{\max}$ – область допустимих значень зміни урожайності j -ої сільськогосподарської культури на i – му полі;

c_j – ціна 1 ц продукції j -ої сільськогосподарської культури;

d_l, d_r – ціни одиниці маси органічних добрив l -того виду та мінеральних добрив r -ого виду;

t – період часу.

Невідомі величини:

X_{ij} – урожайність j -ої сільськогосподарської культури на i -ому полі;

Z_{ijr} – кількість мінеральних добрив r -ого виду, яку необхідно внести під j -у культуру на i -ому полі;

y_{ijl} – кількість органічних добрив l -ого виду, яку необхідно внести під j -у культуру на i -му полі.

Умови задачі економіко-математичної моделі

1. Умова поповнення запасів гумусу в ґрунті

$$\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} K_l y_{ijl} \geq \mu_j - KP_j$$

2. Умова відновлення запасів мінеральних елементів живлення у ґрунті

$$B_{ko} x_{ij} - K_{ijr} z_{ijr} - \sum_{l \in L} K_r K_{rl} y_{ijl} \leq 3_{ir} K_{ijr}^r, (i \in I, j \in J, r \in R).$$

3. Обмеження області допустимих значень змін урожайності, що мають лінійну інтерпретацію залежностей

$$u_{ij}^{\min} \leq x_{ij} \leq u_{ij}^{\max}, (i \in I, j \in J)$$

4. Вимоги виконання плану виробництва продукції

$$\sum_{i \in I} S_i x_{ij} \geq W_j, (j \in J).$$

5. Обмеження фондів органічних добрив

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} S_i y_{ijl} \leq F_l, (l \in L).$$

6. Обмеження фондів мінеральних добрив

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} S_i z_{ijr} \leq F_r, (r \in R).$$

7. Умови невід'ємності змінних

$$x_{ij} \geq 0, \quad z_{ijr} \geq 0, \quad y_{ijl} \geq 0.$$

При таких умовах необхідно знайти максимум лінійної форми

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_j S_i x_{ij} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} d_l S_i y_{ijl} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{r \in R} d_r S_i z_{ijr}.$$

Побудова динамічної моделі забезпечується переходом від запасів поживних елементів у ґрунті, що визначаються в рік взяття проб ґрунту 3_{t_0} і проведення їх аналізу за формулою

$$Z_{i_0} = Z_{ir} = \eta_{ir} \Pi_i$$

До визначення запасів поживних елементів у ґрунті після циклу його господарського використання

$$Z_{i_1} = Z_{i_0} - B_{rj} x_{ij} + K_{ijr} z_{ijr} + \sum_{l \in L} K_r K_{rl} y_{ijl} + K_{jr}^{(1)} P_j^{(1)} + K_{jr}^{(2)} P_j^{(2)}$$

Необхідність такого коректування запасів поживних речовин у ґрунті зумовлена тим, що хімічний аналіз ґрунтів проводиться агрохімічною лабораторією один раз у п'ять років.

Стратегічним резервом нарощування та раціонального використання товарного потенціалу землеробства, зростання обсягів товарної продукції землеробства і тваринництва в Україні є удосконалення структур посівних площ сільськогосподарських культур. Структурна перебудова землеробства має вирішити питання приведення у відповідність фактичного біокліматичного потенціалу природних зон України з генетичним потенціалом сільськогосподарських культур.

Практичне значення для подальшого ефективного розвитку агропромислового виробництва і нарощування обсягів виробництва продукції сільського господарства має раціональне розміщення його галузей. Територіальна обмеженість сільськогосподарських земель вимагає, щоб кожний гектар угідь при відповідній технології давав максимальну кількість продукції для внутрішнього споживання та експорту за межі регіону

При балансовому методі розрахунку потреби в поживних речовинах враховується надходження та використання поживних речовин, а також основна ідея відтворення родючості ґрунту.

Основна ідея балансового співвідношення – винос урожаєм сільськогосподарських культур поживних речовин задовольняється за рахунок вмісту поживних речовин у ґрунті з урахуванням коефіцієнту засвоєння та додаткового внесення поживних речовин до потреби у мінеральній формі.

Позначення:

i - номер земельної ділянки;

I - множина земельних ділянок;

j - номер сільськогосподарської культури;

J - множина сільськогосподарських культур;
 R - множина видів мінеральних поживних елементів;
 r - вид поживного елементу;
 b_{jr} - винос r - го поживного елементу j - ю культурою;
 k^g_{ijr} , k^e_{ijr} - коефіцієнт використання r - го виду поживної речовини j - ї культури по i - му полі із добрив чи ґрунту;
 η_{ir} - наявність r - ї поживної речовини в ґрунті i - го поля;
 E_i - перевідний коефіцієнт. Залежність E_i від питомої щільності ґрунту, від глибини орного шару;
 S_i - площа i - го поля;
 F_r - кількість добрив r - го виду;
 w_j - плановий обсяг виробництва j - ї продукції;
 u_{ij}^{\min} , u_{ij}^{\max} - мінімальна та максимальна урожайність;
 c_i - вартість;
 x_{ij} - урожайність j - ї культури на i - му полі;

Обмеження:

1. Баланс мінеральних поживних елементів

$$b_{jr} x_{ij} \leq E_i \eta_{ir} k^e_{ijr} + k^g_{ijr} Z_{ijr}$$

$$b_{jr} x_{ij} - k^g_{ijr} Z_{ijr} \leq E_i \eta_{ir} k^e_{ijr}$$

2. Обмеження урожайності

$$u_{ij}^{\min} \leq x_{ij} \leq u_{ij}^{\max}$$

3. Виконання плану по виробництву продукції

$$\sum_{i \in I} S_i x_{ij} \geq w_j$$

4. Обмеження кількості добрив

$$\sum_{i \in I} S_i x_{ij} \leq F_r$$

5. Невід'ємність змінних

$$x_{ij} \geq 0 \quad z_{ijr} \geq 0$$

6. Функція мети – максимум виробництва валової продукції рослинництва за відрахуванням затрат на добриво

$$Z = \sum_i \sum_j c_j s_i x_{ij} - \sum_i \sum_j \sum_r s_i c_r r_{ijr} \rightarrow \max$$

Інформаційне забезпечення моделі

1. Площі полів і ділянок сівозмін (і поза сівозмінами), наявні в господарстві.

2. Закріплення сільськогосподарських культур по кожному полю, ділянці.

3. Базова врожайність сільськогосподарської культури, що може бути забезпечена на даному полі, ділянці з обліком агрохімічних й інших характеристик ґрунтів, а також з урахуванням застосування органічних добрив, наявних у господарстві, і інших факторів, що впливають на врожайність (сорт, агротехніка і т.д.).

4. Виробничі функції, що вказують на залежність ґрунт - добриво - врожай .

5. Загальне збільшення врожаю по культурі на даному ґрунті, що може бути забезпечена в межах дії встановленої за рахунок (виробничої функції).

6. По деяких культурах можуть бути передбачені на одному полі різні дози й схема внесення добрив, що забезпечують приріст одиниці врожаю.

Підсумки

Надзвичайно високий рівень сільськогосподарської освоєності території України, деградацію земельних угідь і збідніння агроландшафтів, обмеженість у зв'язку з цим придатних для ведення сільського господарства земель слід розглядати як головні фактори, що зумовлюють можливе падіння врожайності сільськогосподарських культур і продуктивності праці чи навіть стагнацію цих показників на найближчі 10–15 років. Це зумовлює необхідність розробки і впровадження в усіх зонах країни екологічнобезпечних інтенсивних систем землеробства, розрахованих на одержання високої віддачі при мінімальних витратах енергетичних та інших ресурсів, а також реалізації системи заходів по оптимізації структури сільськогосподарських угідь та консервації їх значної частини з метою оздоровлення природного середовища.

Для нашої країни надзвичайно важливими в умовах переходу до ринку є проблеми економного і високоефективного витрачання всіх виробничих ресурсів (зокрема – енергетичних), різкого підвищення техніко-технологічного рівня сільськогосподарського виробництва. Переведення сільськогосподарського виробництва на принципово нову економіко-технологічну основу, структурна перебудова його з урахуванням екологічних факторів, законів, вимог і нормативів є обов'язковою і вирішальною умовою успішного подолання екологічної кризи, яка в Україні вразила практично всі сфери й складові її природного середовища. Щорічні втрати України від неефективного, нераціонального природокористування становлять до 20% її національного доходу. Це є наслідком нехтування екологічними законами, факторами, критеріями і вимогами в господарюванні і надмірної експлуатації природних ресурсів.

Вважаємо, що матеріал, поданий в цьому розділі допоможе Вам зорієнтуватися в напрямках екологізації сільського господарства та природокористування в цілому.



ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- ✓ *Що таке природокористування?*
- ✓ *В яких значеннях вживається термін «природокористування»?*
- ✓ *Що означають терміни «економіка» і «екологія»?*
- ✓ *Як застосовується економіко-математичне моделювання в економіці природокористування?*
- ✓ *Що дає змогу встановити статистико-економічна обробка даних в економіці природокористування?*
- ✓ *Як формуються критерії оцінки в процесі оцінювання?*
- ✓ *Методика розрахунку агрегатованого показника оцінки природних ресурсів.*
- ✓ *Як в математичних моделях землекористування в сільському господарстві враховуються екологічні вимоги?*
- ✓ *Економіко-математичне моделювання енергозберігаючих систем удобрення сільськогосподарських культур у польових сівозмінах.*
- ✓ *Особливості моделювання задач аграрного сектору.*
- ✓ *Вимоги еколого-економічного напрямку ведення виробничих процесів в агросфері та оптимізація господарських зв'язків.*

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Моделювання балансової еколого-економічної моделі використання мінеральних добрив в рільництві

- Обрати варіант;
- Користуючись необхідним інформаційним забезпеченням, наведеним у табл. 4.1-4.5., сформулювати економіко-математичну модель задачі використання мінеральних добрив на балансовій основі;
- Проаналізувати розв'язок задачі;
- Прокоментувати отримані обсяги поживних речовин, необхідні для забезпечення урожайності відповідних сільськогосподарських культур.
-

Вибір варіантів завдання

Варіант	Набір культур	Варіант	Набір культур
1	1,2,7	16	5,10,11
2	2,9,4	17	10,8,2
3	3,10,5	18	7,9,10
4	4,10,6,	19	5,9,2
5	5,6,7	20	6,4,2
6	6,7,8	21	3,1,9
7	7,8,9	22	12,5,9
8	8,9,10	23	1,5,9
9	9,10,11	24	2,3,4
10	10,11,12	25	1,5,2
11	8,11,12	26	6,8,9
12	12,3,4	27	9,11,12
13	3,4,5	28	7,11,8
14	1,7,10	29	6,9,3
15	1,5,12	30	4,8,12

Таблиця 4.1.

Агрохімічна характеристика полів

Номер поля	Назва культури	Площа посіву, га	План по валовим зборам продукції, ц
1	Озима пшениця	342	11750
2	Озиме жито	10	163
3	Кукурудза на зерно	80	2700
4	Кукурудза на силос	77	7850
5	Горох	50	650
6	Ячмінь	350	7922
7	Просо	40	550
8	Гречка	145	980
9	Цукровий буряк	44	10680
10	Соняшник	95	1378
11	Багаторічні трави	105	3300
12	Однорічні трави	43	1200

Таблиця 4.2.

Наближений винос азоту, фосфору і калію врожаєм сільськогосподарських культур на 1 ц основної продукції при відповідній кількості побічної, кг

Назва культури	Основна продукція	Винос елементів живлення		
		<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>
Озима пшениця	Зерно	3,2	1,0	2,4
Озиме жито	Зерно	2,9	1,2	2,1
Кукурудза на зерно	Зерно	3,4	1,1	3,3
Кукурудза на силос	Зелена маса	2,5	0,8	1,9
Горох	Зерно	6,5	1,4	2,2
Ячмінь	Зерно	2,7	0,9	2,3
Просо	Зерно	3,2	0,9	3,6
Гречка	Зерно	3,0	1,5	4,0
Цукровий буряк	Коренеплоди	0,54	0,15	1,0
Соняшник	Насіння	5,94	2,7	11,8
Багаторічні трави	Сіно	1,97	0,56	1,5
Однорічні трави	Сіно	1,55	0,7	2,4

Таблиця 4.3.

Вміст поживних речовин у ґрунті, урожайності культур та ціни реалізації продукції

Культури	Урожайність культур		Середні ціни реалізації продукції, у.о./ц	Вміст поживних речовин, мг/100 грам ґрунту		
	<i>min</i>	<i>max</i>		<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>
Озима пшениця	15	40	78,48	10,7	13,6	9,7
Озиме жито	14	25	83,43	10,7	13,6	8,4
Кукурудза на зерно	23	60	99,4	10,1	13,6	11,2
Кукурудза на силос	80	300	4,56	12,1	13,6	10,8
Горох	8	25	76,52	10,0	12,8	11,8
Ячмінь	20	35	75,1	10,1	13,2	13,1
Просо	4	20	67,4	11,5	13,2	12,8
Гречка	5	10	130,8	12,1	12,8	13,5
Цукровий буряк	120	450	21,89	11,8	12,5	11,1
Соняшник	10	25	108,1	11,8	14,7	11,7
Багаторічні трави (сіно)	10	55	3,24	13,5	11,8	13,4
Однорічні трави (сіно)	15	35	2,97	14,1	12,1	11,8

Таблиця 4.4.

Інформація по елементах живлення з мінеральних добрив

Елемент живлення	Вартість елементів живлення, грн./кг. діючої речовини
N	5,66
P	9,62
K	5,35

Таблиця 4.5.

Довідникова інформація по вирощуванім культурам

Культури	Коефіцієнт засвоєння поживних речовин, %					
	З ґрунту			З мінеральних добрив		
	N	P	K	N	P	K
Озима пшениця	24	8	12	50	20	45
Озиме жито	16	6	10	51	32	67
Кукурудза на зерно	25	8	21	80	35	90
Кукурудза на силос	18	6	14	60	20	80
Горох	33	7	10	68	25	35
Ячмінь	18	6	14	63	12	41
Просо	16	5	12	80	27	74
Гречка	18	6	14	80	27	74
Цукровий буряк	30	5	22	55	22	55
Соняшник	32	16	65	80	35	90
Багаторічні трави	9	5	8	70	20	80
Однорічні трави	20,6	6,7	12	70	20	80

5.1. Доцільність використання економіко-математичних моделей в сільському господарстві

Наукове обґрунтування пріоритетів розвитку сільського господарства, як елемента внутрішньо-та зовнішньоекономічної політики неможливе без побудови економіко-математичних моделей і реалізації їх засобами програмного забезпечення, що дозволяє розробити та проаналізувати сценарії розвитку галузі.

Економічна ситуація, що невинно змінюється, вимагає від управлінців, котрим доводиться приймати рішення як в приватному секторі, так і за його межами, системного бачення майбутнього, розуміння процесів, які відбуваються в аграрній галузі. Вірогідний рівень попиту на продукцію, ступінь зайнятості населення, очікуваний рівень цін і доходів регіону - ці та багато інших чинників є актуальними питаннями сталого розвитку. Тому економіко-математичні методи та моделі використовуються як один із напрямів наукового пізнання реальності. Саме за допомогою застосування економіко-математичних методів та моделей надаються такі можливості як формально описані зв'язки між економічними змінними, відображаючи специфіку виробничих процесів – розв'язувати задачі оптимізації планування та управління, виявлення залежності між параметрами та адекватне коректування планів й управлінських рішень, своєчасне реагування на зміни поставлених цілей.

Стан у якому знаходиться сільськогосподарське виробництво і інші галузі агропромислового комплексу, вимагає обґрунтованого визначення стратегічних напрямків здійснення аграрної політики зупинення спаду і забезпечування нарощування обсягів виробництва, відновлення внутрішнього і зовнішнього ринків продовольства, прискорення соціально-економічних перетворень на селі.

Вектор аграрної політики має бути спрямований на гарантування продовольчої безпеки країни, забезпечення пріоритетного розвитку агропромислового комплексу з визнанням сільського господарства базовою галуззю економіки національного господарства, створення умов для стабілізації та нарощування виробництва сільськогосподарської продукції. Необхідно сприяти формуванню

багатоукладної аграрної політики, забезпечити свободу вибору селянам нових організаційно-правових форм господарювання на основі приватної власності на землю й засоби виробництва, досягти збалансованого поєднання державного регулювання економіки агропромислового виробництва з економічною свободою підприємств і організацій при переході до ринкових відносин.

У полі зору державної аграрної політики постійно має знаходитися проблема вдосконалення організаційно-економічних механізмів, цінового регулювання, кредитно-фінансової системи й податкової політики. Особливе місце повинен займати соціальний розвиток села, інфраструктура сільських поселень: освіта, культурно-побутові умови, охорона здоров'я, газифікація, дороги з твердим покриттям, транспорт, зв'язок, об'єкти побутового обслуговування.

Необхідно створити цілісну систему економічного регулювання земельних відносин і земельного ринку.

Назріла необхідність прискорення демонополізації заготівельних, переробних та сервісних підприємств агропромислового комплексу шляхом створення конкурентоспроможних акціонерних і кооперативних асоціацій та товариств, забезпечити вільний вибір товаровиробниками форм і напрямків реалізації продукції, право розпоряджатися результатами своєї праці.

Отже, потреба у застосуванні методології дослідження аграрної галузі за допомогою економіко-математичного моделювання із застосуванням, відповідно, організаційно-правових чинників нагальна і невідкладна.

Математичне моделювання при вивченні процесів аграрної галузі економіки застосовується з метою визначення оптимального поєднання галузей, тобто збалансування виробництва і використання ресурсів таким чином, щоб забезпечити:

- раціональне використання наявних ресурсів виробництва;
- найкраще розміщення та спеціалізацію сільськогосподарського виробництва;
- оптимальне використання складу машинно-тракторного та автомобільного парку;
- оптимальний оборот та структуру стада;
- оптимальні раціони харчування тварин та використання кормів тощо.

Отже, сьогодні український аграрний сектор знаходиться на роздоріжжі економічного розвитку, маючи перед собою цілу низку варіантів вибору. І тому, саме економіко-математичні моделі можуть бути важливим інструментом в руках менеджерів аграрної сфери для передбачення можливих наслідків будь-яких здійснених заходів.

Перед тим, як перейти до знайомства з конкретними математичними моделями аграрної сфери, представимо систему

моделей для дослідження технологій в сільському господарстві в розрізі галузей. Слід зазначити, що система моделей будується за принципом цілеспрямованого розвитку галузей та має на меті оптимізувати виробничу програму на рівні аграрного підприємства.



Система економіко-математичних моделей оптимізації виробничих процесів аграрної галузі

5.2. Економіко –математична модель визначення оптимального плану структури посівних площ сільськогосподарських культур при заданому обсязі виробництва продукції тваринництва

Постановка задачі

Для кожного сільськогосподарського підприємства не залежного від типу і форми власності та спеціалізації головною задачею є покращення продуктивності сільськогосподарських угідь, збільшення обсягів виробництва продукції галузі рослинництва та тваринництва. Зрозуміло, що це залежить від багатьох чинників. Проте, раціональне використання землі – було і залишається одним з ключових питань як в розрізі національної економіки, так і конкретного підприємства.

Необхідно зауважити, що галузі рослинництва та тваринництва тісно пов'язані між собою. Посівні площі кормових культур залежать від особливостей сівозмін, типу ґрунтів, їх фактичного стану та виду і обсягу продукції тваринництва. Головною задачею розрахунку структури посівних площ кормових культур є створення надійної кормової бази для тваринництва.

Розв'язок задачі згідно запропонованої моделі передбачає розрахунок структури посівних площ кормових культур з обов'язковим урахуванням вимог сівозмін, які забезпечать тваринництво кормами належної якості, а також збереже природну якість ґрунтів та не порушить екосистему в цілому. Можливими критеріями оптимальності можуть бути такі: мінімум матеріально-грошових витрат на виробництво кормів, мінімум відведеної ріллі під кормові культури, максимум валової (товарної) продукції галузі тваринництва, максимум чистого доходу підприємства тощо.

Математична модель

Для формалізації фінансово-економічних показників для даної моделі використаємо наступні позначення:

i – індекс земельних угідь, виробничих ресурсів, поживних речовин, груп кормів;

j – індекс кормових культур;

j_1 – індекс виду тварин, продукції галузі тваринництва;

j_2 – індекс кормів, яких необхідно більше мінімальної потреби;

M – множина земельних угідь;

M_1 – множина виробничих ресурсів;

M_3 – множина поживних речовин;

N – множина кормових культур;

N_1 – множина видів продукції галузі тваринництва, види тварин;

N_3 – множина груп кормових культур;

N_2 – множина кормів, яких виділяють більше мінімальної потреби;

M_2 – множина груп культур;

G_{ij} – логічний коефіцієнт, тобто $G_{ij} = 1$ або $G_{ij} = 0$;

B_i – обсяг i -их земельних угідь;

a_{ij} – затрати i -го виробничого ресурсу на обробку 1 га j –ої культури;

a_{ij1} – затрати i -го виробничого ресурсу на 1 ц продукції галузі тваринництва;

b_{imin} b_{imax} – мінімальні та максимальна площа посіву j –ої культури;

A_i – обсяг i -го виробничого ресурсу;

d_{ij1} – норма витрат i -ої поживної речовини на 1 ц j_1 –ого виду продукції тваринництва чи голову j_1 –ого виду тварин;

D_i – наявний обсяг кормів у господарстві;

v_{ij} – вихід i -ої поживної речовини з 1 га посіву j –ої культури, обсяг i -ої групи кормів з 1 га посіву j –ої культури;

d_{ij1min} – мінімальна норма затрат i -ої групи кормів в розрахунку на 1 ц j_1 –ого виду продукції тваринництва або на голову j_1 –ого виду тварини;

d_{ij1max} – різниця між максимальною та мінімальною нормою споживання i -ої групи кормів в розрахунку на одиницю j_1 –ої галузі тваринництва;

p_{ij1} – різниця між існуючою нормою витрат кормових одиниць в цілому і сумою мінімально допустимих норм згодовування всіх груп кормів в розрахунку на одиницю виміру j_1 –ої галузі тваринництва;

Q_{j1} – гарантований обсяг виробництва j_1 –ого виду продукції тваринництва;

X_j – площа посіву j –ої культури;

X_{j1} – обсяг виробництва j_1 –ого виду продукції тваринництва або кількість голів j_1 –ого виду тварин;

X_{j2h} – обсяг, j_2 –ого виду корму, що перевищує мінімальний вміст у загальній структурі годівлі тварин;

C_j – затрати ріллі на вирощування 1 га j –ої культури на кормові цілі.

Необхідно знайти значення X_j та X_i при яких значення цільової функції досягне мінімального значення.

Структурна економіко-математична модель

Цільова функція:

$$F(X) = \sum_{j \in N} C_j X_j \rightarrow \min$$

при умовах:

1. Обмеження по використанню земельних ресурсів

$$\sum_{j \in N} G_{ij} X_j \leq B_i, i \in M_1,$$

2. Обмеження по використанню виробничих ресурсів

$$\sum_{j \in N} a_{ij} X_j + \sum_{j1 \in N_1} a_{ij1} X_{j1} \leq A_i, i \in M_2,$$

3. Обмеження по визначенню верхньої і нижньої границі посіву окремих груп культур

$$b_{i \min} \leq \sum_{j \in N_3} G_{ij} X_j \leq b_{i \max}, i \in M_2,$$

4. Обмеження по забезпеченню тварин поживними речовинами

$$-\sum_{j \in N} V_{ij} X_j + \sum_{j1 \in N_1} d_{ij1 \min} X_{j1} \leq D_i, i \in M_2,$$

5. Обмеження по формуванню структури кормових ресурсів

$$\begin{aligned} -\sum_{j \in N} V_{ij} X_j + \sum_{j1 \in N_1} d_{ij1 \min} X_{j1} + \sum_{j2 \in N_2} X_{ij2} &\leq 0, \\ -d_{ij1 \max} X_{j1} + X_{ij2} &\leq 0, \\ -\sum_{j1 \in N_1} p_{ij1} X_{j1} + \sum_{j2 \in N_2} X_{ij2} &= 0, \end{aligned}$$

6. Обмеження по гарантованому обсягу продукції тваринництва або кількості поголів'я тварин

$$X_j = Q_{j1}, i \in N_1,$$

7. Природні умови

$$X_j \geq 0, X_{j1} \geq 0, X_{j2} \geq 0.$$

Для відображення конкретних умов функціонування кожного зокрема реально існуючого підприємства, відповідно, вводять у модель додаткові умови-обмеження.

Вихідна інформація і етапи її підготовки

Для побудови числової економіко-математичної моделі до задачі необхідна загальна характеристика галузі, тобто стан галузі, існуючі системи сівозмін, можливість ротації сівозмін, технологія і ефективність вирощування сільськогосподарських культур, відгодівля тварин, види і групи тварин, спосіб утримання тощо. Проте, необхідна і така інформація:

- площі сільськогосподарських угідь: ріллі, природних чи окультурених сінокосів, пасовищ, багаторічних пасовищ;

- перелік сільськогосподарських культур, які можуть вирощуватися в господарстві, їх врожайність, вихід поживних речовин з 1 га;

- наявні виробничі фонди в господарстві, норми затрат ресурсів на 1 га сільськогосподарських культур, на 1 ц продукції чи голову тварини;

- обсяг виробництва продукції тваринництва з урахуванням власних потреб та на реалізацію (товарна продукція);

- можливі агротехнічні границі насичення сівозмін окремими групами сільськогосподарськими культурами;

- допустимі річні границі годівлі окремих видів кормів у раціоні тварин. Допустимі границі вмісту окремих груп кормів у раціоні. Норми годівлі зеленими кормами у пасовищний період (розробка зеленого конвеєра);

- норми витрат поживних речовин у розрахунку на 1 ц продукції тваринництва чи на голову тварин, птиці, що необхідна для забезпечення заданого рівня продуктивності;

- вартість 1 ц продукції тваринництва чи виходу валової (товарної) продукції в розрахунку на 1 структурну голову тварин. Затрати ріллі, матеріально-грошових засобів у розрахунку на 1 га кормових культур.

Для запису числової економіко-математичної моделі наведемо такий приклад: господарство розводить корови, молодняк ВРХ та коні. Для їх утримання виділяється 1200 га ріллі, 150 га сінокосів, 100 га культурних пасовищ, а робітники протягом року можуть відпрацювати 44000 людино-дні.

Для ферми ВРХ наданий план виробництва молока 30000ц та 1000ц приросту ваги.

З урахуванням вимог сівозмін площі озимих на зерно не повинні перевищувати 240 га, кукурудза на зерно 100 га і багаторічні трави 360 га. З кожного гектару кормових культур планується отримати певну кількість кормів, а поживні речовини вказано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Вміст поживних речовин, ц з 1 га кормових культур

Культури	Всього корм. од.	В тому числі		Перетравного протеїну
		з основної продукції	з побічної продукції	
Озимий ячмінь фуражний	43,0	36,0	7	2,9
Озима пшениця фуражна	40,0	30,3	9,7	2,4
Кукурудза фуражна	58,6	45,6	12,9	3,35
Кормові коренеплоди	38,0	38,0	-	2,6
Кукурудза на силос	42,0	42,0	-	3,0
Озимі на зелений корм	21,0	21,0	-	0,9
Однорічні трави на зелений корм	28,0	28,0	-	1,4
Кукурудза на зелений корм	30,0	30,0	-	2,4
Багаторічні трави на зелений корм	46,0	46,0	-	7,0
Однорідні трави на зелений корм	26,0	26,0	-	2,4
Багаторічні трави на сіно	30,0	30,0	-	6,6

Вирощування товарних культур дозволяє отримати 920 ц корм. од. концентрованих (зерно і відходи) і 3500 ц корм. од. грубих кормів.

На виробництво 1 ц молока передбачено витратити 1,3 ц корм. од. і 0,105 ц перетравного протеїну. Для отримання 1 ц приросту ваги ВРХ планується витратити 9,6 ц корм. од. і 0,929 ц перетравного протеїну.

На утримання одного робочого коня виділяють 30 ц корм. од. і 2,4 ц перетравного протеїну. Затрати різних груп кормів на 1 ц продукції ВРХ та на одного коня наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Витрати кормів на одну структурну голову тварин і на 1 ц продукції.

Корми	На 1 ц молока		На 1 ц приросту ВРХ		На одного коня	
	%	ц корм. од.	%	ц корм. од.	%	ц корм. од.
Концентровані	10-15	0,13-0,195	25-30	2,4-2,88	25,0	7,5
Соковиті	15-20	0,195-0,26	25-30	2,4-2,88	3,0	0,9
в.т.ч. силос	10-15	0,13-0,195	20-25	1,92-2,4	2,0	0,6
Грубі	25-30	0,325-0,39	10-15	0,96-1,44	10,0	12,0
в т. ч. сіно	15-20	0,195-0,26	6-11	0,576-1,056	20,0	6,0
Зелені	40,0	0,52	25,0	2,4	32,0	9,6
в т. ч. у						
травні	6,0	0,078	4,0	0,384	5,0	1,5
червні	7,0	0,091	4,0	0,384	5,0	1,5
липні	7,0	0,091	4,0	0,384	5,0	1,5
серпні	7,0	0,091	4,0	0,384	5,0	1,5
вересні	7,0	0,091	5,0	0,480	5,0	1,8
жовтні	6,0	0,078	4,0	0,384	5,0	1,8
Молоко	-	-	3,0	0,288	-	-
Відвійки	-	-	2,0	0,192	-	-

Позначимо через невідомі X_j наступні фактори:

$X_1 - X_{11}$ – площі кормових культур, га;

$X_{12} - X_{13}$ – площі сінокосів і пасовищ, га;

$X_{14} - X_{15}$ – потреби незбираного молока на корм і відвійки, ц;

X_{16} – обсяг виробництва молока;

X_{17} – приріст ваги ВРХ, ц;

X_{18} – поголів'я робочих коней, голів;

$X_{19} - X_{23}$ – допоміжні змінні, які означають кількість кормів (ц): концентрованих, соковитих, силосу, грубих, сіна.

Цільова функція – визначення оптимальної площі ріллі, що буде виділена під кормові культури.

Матриця економіко-математичної задачі „Структура посівних площ сільськогосподарських культур при заданому обсязі виробництва продукції тваринництва” наведена у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3.

Матриця до задачі Визначення оптимального плану структури посівних площ сільськогосподарських культур

Обмеження	Одиниці виміру	Озимий ячмінь	Озима пшениця	Кукурудза на зерно	Кукурудза на силос	Кукурудза на зелений корм	Кормові корене- плоди	Озимі на зелений корм	Однорічні трави на зелений корм	Однорічні трави на сіно	Багаторічні трави на зелений корм	Багаторічні трави на сіно	Сінокоси
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Площа ріллі	га	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
2. Площа сінокосів	га										1		
3. Площа культурних пасовищ	га											1	
4. Трудові ресурси	люд- дні	3,1	3,1	5,2	3,2	3,2	36,0	1,5	2,0	2,1	1,9	2,0	1,0
5. Площа озимих	га	1	1										
6. Площа кукурудзи на зерно	га			1									
7. Площа багаторічних трав	га										1	1	
8. Кормові одиниці	ц	-43,0	-40,0	-58,6	-42,0	-30,0	-38,0	-21,0	-28,0	-26,0	-46,0	-30,0	-3,5
9. Протеїн	ц	-2,9	-2,4	-3,35	-3,0	-2,4	-2,6	-0,9	-1,4	-2,4	-7,0	-6,6	-1,3
10. Концентрати	ц корм. од.	-36,0	-30,3	-45,6									
11. Соковиті	-//-				-42,0		-38,0						
12. у .т. ч. силос	-//-				-42,0								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

13. Грубі	-//-	-7,0	-9,7	-12,9						-26,0		-30,0	-3,5
14. у т.ч. сіно	-//-									-26,0		-30,0	-3,5
15. Концентрати	-//-												
16. Соковиті	-//-												
17. Силос	-//-												
18. Грубі	-//-												
19. Сіно	-//-												
20. Всього понад мінімум	-//-												
21. Зелені	-//-					-30,0		-21,0	-28,0		-46,0		
у тому числі:													
22. травень	-//-							-10,0					
23. червень	-//-							-11,0	-7,0		-12,0		
24. липень	-//-					-7,0			-7,0		-12,0		
25. серпень	-//-					-8,0			-7,0		-12,0		
26. вересень	-//-					-7,0			-7,0		-10,0		
27. жовтень	-//-					-8,0							
28. Молоко не збиране на корм	-//-												
29. Відвійки	-//-												
30. Виробництво молока	ц												
31. Приріст ВРХ	ц												
Цільова функція	га	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

продовження таблиці 5.3												
1	2	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	Обсяг і тип обмеження
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1. Площа ріллі	га											<=1200
2. Площа сінокосів	га											<=150
3. Площа культурних пасовищ	га	1										<=100
4. Трудові ресурси	люд-дні	0,9			1,1	7,3						<=44000
5. Площа озимих	га											<=240
6. Площа кукурудзи на зерно	га											<=100
7. Площа багаторічних трав	га											<=36036
8. Кормові одиниці	ц	-60,0	-0,31	-0,13	1,3	9,6						<=44420
9. Протеїн	ц	-4,5	-0,033	-0,031	0,105	0,929						<=120
10. Концентрати	ц корм. од.				0,13	2,4	1					<=920
11. Соковиті	-//-				0,195	2,4		1				<=0
12. у т. ч. силос	-//-				0,13	1,92			1			<=0
13. Грубі	-//-				0,325	0,96				1		<=3500
14. у т.ч. сіно	-//-				0,195	0,576					1	<=0
15. Концентрати	-//-				-0,065	-0,48	1					<=0
16. Соковиті	-//-				-0,065	-0,48		1				<=0
17. Силос	-//-				-0,065	-0,48			1			<=0
18. Грубі	-//-				-0,065	-0,48				1		<=0

19. Сіно	-//-				-0,065	-0,48					1	<=0
20. Всього	-//-				-0,13	-0,96	1	1	1	1	1	=0
1	2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Обсяг і тип обмежень
21. Зелені	-//-	-60,0			0,52	2,4						=0
у тому числі:												
22. травень	-//-	-15,0			0,078	0,384						<=0
23. червень	-//-	-15,0			0,091	0,384						<=0
24. липень	-//-				0,091	0,384						<=0
25. серпень	-//-				0,091	0,384						<=0
26. вересень	-//-	-15,0			0,091	0,480						<=0
27. жовтень	-//-	-15,0			0,091	0,0480						<=0
28. Молоко не збирane на корм	-//-		-0,31			0,288						=0
29. Відвійки	-//-			-0,13		0,192						=0
30. Виробництво молока	ц				1							=30000
31. Приріст ВРХ	ц					1						=1000
Цільова функція	га											→min

5.3. Економіко – математична модель визначення оптимального обсягу внесення добрив у господарстві аграрної сфери

Постановка задачі

Оптимальний розподіл мінеральних добрив забезпечує підвищення урожайності сільськогосподарських культур, а це означає покращення продуктивності праці, зменшення собівартості продукції, що виробляється. Ефект від застосування добрив може бути як агрономічним, так і економічним.

Результат дії добрив на урожайність сільськогосподарських культур, тобто набавка врожаю з 1 га є агрономічним ефектом, який може бути виражений виходом кінцевої продукції (овочі, фрукти, цукор тощо) або промисловою сировиною чи в умовних одиницях. Агрономічний ефект удобрення є функцією природних та організаційно-господарських умов.

Економічну ефективність використання добрив характеризують наступні показники: вартість додатково отриманої продукції, додатковий доход, який визначається як різниця вартістю додаткової продукції та додатковими витратами, окупність витрат, зниження собівартості продукції, підвищення продуктивності праці.

Слід відмітити, що найкращий економічний ефект від внесення добрив отримують при правильному поєднанні хімізації із іншими факторами: науково - обґрунтованій сівозміні культур, раціональній агротехніці, осушення чи зрошення земель, застосування сортів культур, які краще реагують на ті чи інші добрива, застосування засобів боротьби із шкідниками, хворобами, оптимізації асортименту добрив, їх якості, норм, строків внесення тощо.

Виходячи із наявних у господарстві обсягів мінеральних добрив та структури посівних площ сільськогосподарських культур, визначити, які види добрив, у яких сумішах, під які культури, яким способом, на якій площі слід вносити, щоб досягти найкращого економічного ефекту.

В якості критерію оптимальності використовують показники: валова (товарна) продукції, вартість валової (товарної) продукції, окупність кормів, доход від внесення добрив тощо.

Математична модель

Для формалізації агроекономічних умов задачі використаємо наступні позначення:

- i** – індекс виду добрив;
- j** – індекс сільськогосподарської продукції;
- k** – індекс суміші добрив;
- r** – індекс способу внесення добрив;
- M** – множина видів добрив;

N – множина сільськогосподарських культур;

K – множина сумішів добрив;

R – множина способів внесення добрив;

C_{jrk} – економічна ефективність від внесення добрив під j – ту культуру, k – суміш у розрахунку на 1 га;

X_{jrk} – площа j – тої культури під яку вносять r – способом k – суміш добрив;

a_{ijrk} – обсяг внесення на 1 га добрив i -го виду (для мінеральних – кг діючої речовини, для органічних – т), що входять у k – суміш, яка вноситься r – способом під j – ту культуру;

A_i – обсяг наявних у господарстві добрив i -го виду (для мінеральних – кг діючої речовини, для органічних – т);

S_{jr} – площа посіву j – тої культури під яку вноситимуть добрива r – способом.

Необхідно знайти значення невідомої X_{jrk} , яка надасть цільовій функції максимального значення.

Структурна економіко-математична модель

Цільова функція:

$$F(X) = \sum_{j \in N} \sum_{r \in R} \sum_{k \in K} C_{jrk} X_{jrk} \rightarrow \max,$$

1. Обмеження по використанню наявних у господарстві добрив

$$\sum_{j \in N} \sum_{r \in R} \sum_{k \in K} a_{ijrk} X_{jrk} \leq A_i, i \in M$$

2. Обмеження по посівних площах і способах внесення добрив

$$\sum_{k \in K} X_{jrk} \leq S_{jr}, j \in N, r \in R,$$

3. Умови невід’ємності або природні умови

$$X_{jrk} \geq 0.$$

Вихідна інформація та етапи її підготовки

Важливою інформацією при розв’язку такої задачі є природно – економічні умови існування господарства, особливості вирощування сільськогосподарських культур, тип, якість чи фактичний стан ґрунтів, а також необхідно мати наступну інформацію:

▪ наявність органічних і мінеральних добрив у господарстві. По мінеральних добривах визначають кількість діючої речовини, по органічних – загальний обсяг по видах;

▪ площі посіву різних сільськогосподарських культур. Якщо одна і та сама культура висівається на різних ділянках з різними типами ґрунтів, після різних попередників, то площі розраховуються з урахуванням цих особливостей;

▪ способи внесення добрив по кожній культурі. У відповідності до технологічних карт встановлюються способи та терміни внесення добрив з урахуванням особливостей її вирощування;

■ норми та суміші мінеральних добрив на 1 га в залежності від способу внесення добрив під різні сільськогосподарські культури. Ці показники визначають на основі попереднього досвіду господарства, даних відповідних науково-дослідних інститутів, дослідних лабораторій, довідників тощо;

■ приріст урожаю у натуральному чи грошову виразі по кожній культурі у залежності від внесеної суміші добрив на 1 га.

В умовах господарства, згідно регіональної агротехнічної лабораторії, можна отримати надбавки врожаю у залежності від різних способів внесення добрив.

Таблиця 5.4.

Структура сумішей добрив та способи їх внесення.

Культури, суміші добрив і способи їх внесення	Добрива			
	мінеральні, кг д. р.			органічні, т
	азотні	фосфорні	калійні	
1. Озима пшениця /оранка:				
суміш 1-а	40,0	40,0	20,0	8,2
суміш 2-а	-	-	-	5,0
суміш 3-я	20,0	20,0	10,0	6,1
при посіві:				
суміш 1-а	10,0	15,0	10,0	3,7
суміш 2-а	5,0	10,0	-	2,4
при підкормці				
суміш 1-а	15,0	15,0	5,0	3,1
суміш 2-а	10,0	10,0	-	2,4
2. Кукурудза на зерно /оранка:				
суміш 1-а	90,0	70,0	50,0	14,2
суміш 2-а	-	-	-	8,5
суміш 3-я	40,0	35,0	20,0	9,7
при посіві:				
суміш 1-а	5,0	10,0	5,0	5,6
суміш 2-а	5,0	5,0	-	2,8
при підкормці				
суміш 1-а	10,0	10,0	-	5,2
суміш 2-а	-	20,0	-	4,8
....
9. Цукровий буряк /оранка:				
суміш 1-а	45,0	45,0	45,0	40,0
суміш 2-а	45,0	45,0	45,0	30,7
при посіві:				
суміш 1-а	5,0	15,0	-	6,0
суміш 2-а	10,0	15,0	5,0	6,9
при підкормці				
суміш 1-а	10,0	25,0	15,0	10,6
суміш 2-а	-	20,0	10,0	10,4
суміш 3-я	-	20,0	-	7,6

Методику підготовки інформації та побудови числової економіко-математичної моделі до даної задачі розглянемо на прикладі, який буде містити три культури, бо реально існуюча проблема матиме велику кількість факторів, що означає таку ж кількість математичних рівнянь та нерівностей, що, в свою чергу, означатиме великий розмір матриці до задачі.

У господарстві є 146 т азотних, 160 т фосфорних, 130 т калійних добрив (у перерахунку на діючу речовину) та 52 000 т органічних добрив, площі посіву сільськогосподарських культур: озима пшениця – 800 га, або 30 %, кукурудза на зерно – 450 га або 15 %, цукровий буряк – 240 га або 8,3 %.

Необхідно внести добрива таким чином, щоб отримати максимум надбавки урожаю у грошовому виразі.

Змінними величинами є площі посівних культур під які вносять добрива певним способом і різні суміші мінеральних добрив:

X_1 – площа посіву озимої пшениці, під яку вносять першу суміш мінеральних добрив;

X_5 – площа посіву озимої пшениці, під яку вносять при посіві другу суміш добрив і т.д.

Техніко-економічні коефіцієнти при невідомих у задачі (X) є структура мінеральних і органічних добрив у сумішах.

Вільними коефіцієнтами математичних рівнянь і нерівностей є обсяги мінеральних і органічних добрив, площі посівів сільськогосподарських культур, під які і вносяться добрива кожним способом.

Матриця до задачі представлена у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5.

Матриця задачі визначення оптимального обсягу внесення добрив у господарстві

Обмеження	Од. виміру	Склад суміші											
		Озима пшениця						Кукурудза на зерно					
		під оранку			при посіві		підкормка		під оранку			при посіві	
		1-ша	2-га	3-тя	1-ша	2-га	1-ша	2-га	1-ша	2-га	3-тя	1-ша	2-га
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Азотні добрива	кг д. реч.	40	20	10	10	5	45	10	90		40	5	5
2. Фосфорні -//-	кг д. реч.	40		20	15	10	15	10	70		35	10	5
3. Калійні -//-	кг д. реч.	20		10	10		5		50		20	5	
4. Органічні -//-	т		30	15						40	15		
Озима пшениця													
5. Під оранку	га	1	1	1									
6. При посіві	га				1	1							
7. Підкормка	га						1	1					
Кукурудза													
8. Під оранку	га								1	1	1		
9. При посіві	га											1	1
10. Підкормка	га												
.....
Цукровий буряк													
27. Під оранку	га												
28. При посіві	га												
29. Підкормка	га												
Цільова функція (надбавка продукції)	гр. од.	62,3	38,0	46,2	28,1	18,2	23,8	8,1	71,1	42,7	48,3	28	14,1
продовження таблиці 5.5.													
		X ₁₃	X ₁₄	.....	X ₅₀	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄	X ₅₅	X ₅₆	Обсяг і тип обмежень	

1	2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1. Азотні добрива	кг д. реч.	10		.....	45	45	5	10	10			<=146 000
2. Фосфорні -//-	кг д. реч.	10	20	.....	45	45	10	15	25	20	20	<=160 000
3. Калійні -//-	кг д. реч.			.....	45	45		5	15	10		<=130 000
4. Органічні -//-	т			.....	20							<=520 00
Озима пшениця												
5. Під оранку	га			.....								<=
6. При посіві	га			.....								<=
7. Підкормка	га			.....								<=
Кукурудза												
8. Під оранку	га			.....								<=
9. При посіві	га			.....								<=
10. Підкормка	га	1	1	.....								<=
.....
Цукровий буряк												
											<=
27. Під оранку	га			.....								<=
28. При посіві	га			.....								<=
29. Підкормка	га			.....								<=
Цільова функція (надбавка продукції)	гр. од.	26,1	24,1	.....	106	81,3	16,0	18,3	28,0	26,0	20,2	max

5.4. Економіко – математична модель визначення оптимальної структури стада великої рогатої худоби

Постановка задачі

У залежності від виробничого спрямування господарства стадо великої рогатої худоби характеризується відповідною структурою, тобто співвідношенням статевих вікових груп тварин. Структура стада залежить від напрямку тваринництва, темпів відтворення основного стада, відсотка вибраковки і реалізації тварин різних статевих вікових груп, виходу приплоду, зоотехнічних вимог по формуванню ремонтного молодняку та багатьох інших факторів.

Сформулювати задачу можна таким чином: розрахувати оптимальну структуру стада великої рогатої худоби при заданих темпах розширеного відтворення виробництва. Критерієм оптимальності вибирають такі фактори: максимум виробництва молока, яловичини або інших продуктів галузі тваринництва у грошовому або натуральному виразі, чистий дохід.

Математична модель

Для формалізації факторів, якими характеризують дане виробництво використаємо наступні позначення:

для розробки моделі поголів'я ВРХ поділяють на статеві вікові групи. Змінними величинами є шукане поголів'я тварин різних статевих вікових груп. Якщо розрахунок стада проводиться на 100 голів, то значення невідомої (X) можна інтерпретувати як шуканий відсоток тої чи іншої групи тварин у стаді;

i – індекс співвідношення статевих вікових груп у стаді;

j – індекс статеві вікової групи у стаді;

k – індекс групи корів;

M_1 – множина співвідношення корів з групами нетелів та биків;

M_2 – множина співвідношення між коровами і групами молодняку;

M_3 – множина співвідношення між групами молодняку;

N – множина статевих вікових груп у стаді;

X_j – обсяг поголів'я тварин j -ої групи у стаді;

X_k – обсяг поголів'я корів у стаді;

C_j – оцінка невідомої j -ої групи тварин у цільовій функції;

C_k – річний надій молока від 1 корови;

Q – поголів'я тварин на кінець року;

b_j – поголів'я j -го виду тварин на початок року;

Q_k – поголів'я корів на кінець року;

b_k – поголів'я корів на початок року;

a_{ik}, a'_{ik} – коефіцієнт пропорційності корів і нетелів або корів і биків;

a_{ij} , a'_{ij} – коефіцієнт пропорційності j -ої статеві вікової групи молодняка і маточного поголів'я;

W_{ij} – коефіцієнт пропорційності між j -ими статеві віковими групами;

T – темп розширення стада;

B – коефіцієнт кількості приплоду корів і нетелів, виражений у долях одиниці;

l_k , l'_k – нижній і верхній рівень вибраковки корів, %;

l_j , l'_j – нижній і верхній рівень вибраковки j -ої статеві вікової групи сільськогосподарських тварин.

S_j – відсоток падежу j -ої статеві вікової групи сільськогосподарських тварин.

Необхідно знайти значення X_j , X_k які максимізують цільову функцію.

Структурна економіко-математична модель

Цільова функція:

$$F(X) = \sum_{j \in N} C_j X_j \rightarrow \max,$$

при умовах:

1. Умова - обмеження щодо поголів'я тварин:

$$\sum_{j \in N} X_j \geq 0, Q = \sum_{j \in N} b_j + (1 + \frac{T}{100}),$$

$$X_k \geq Q_k, \text{ або } X_k = Q_k,$$

$$Q_k = b_k (1 + \frac{T}{100}),$$

2. Умова – обмеження щодо забезпечення розширеного відтворення корів:

$$a_{ik} = \frac{l_k}{100}, a'_{ik} = \frac{l'_k}{100}, i \in M_1,$$

$$a_{ik} X_{ik} \leq X_j \leq a'_{ik} X_{ik},$$

3. Обмеження по співвідношенню між коровами і молодняком старше року, коровами, нетелями, і молодняком до року:

$$a_{ij} X_j \leq X_k \leq a'_{ij} X_j,$$

$$a_{ij} = \frac{B - (\frac{l_j + s_j}{100})}{2}, a'_{ij} = \frac{B - (\frac{l'_j + s_j}{100})}{2}, i \in M_2,$$

4. Обмеження по виконанню зоотехнічних вимог по відбору ремонтного молодняка різних статеві вікових груп та інших співвідношень у стаді:

$$W_{ij} X_j - X_j (\leq, \geq) 0, i \in M_2,$$

5. Природні умови:

$$X_j \geq 0, X_k \geq 0.$$

Вихідна інформація та етапи її підготовки.

Перш за все, необхідно знати природно – економічні умови функціонування даного господарства, тип спеціалізації, виробниче спрямування, а також наступне:

- поголів'я різних груп тварин на початок року;
- план виходу поголів'я різних груп тварин на кінець року;
- вихід приплоду на 100 корів і нетелів;
- відсоток падежу тварин у господарстві;
- границі (верхня та нижня межа) вибраковки по кожній статеві віковій групі;
- співвідношення поголів'я по кожній статеві віковій групі;
- жива маса 1 голови по кожній статеві віковій групі;
- надій на середньорічну корову;
- приріст ваги на 1 структурну голову тварин.

Методику обчислення техніко-економічних показників (ТЕК) для побудови числової економіко-математичної моделі покажемо на прикладі.

У господарстві 38,1% корів у стаді. Передбачається розширене відтворення основного стада на 5 % при наступних нормах вибраковки: корів – 12-15%, молодняку, що старший року – не менше 15%, молодняку до року – 10-20% . На 100 корів і нетелів планується вихід приплоду 95 голів при однаковому співвідношенню бичків і теличок. Падіж телят 2%. Для відбору повноцінного ремонтного молодняку необхідно на кожен нетель вирощувати 1,7 телиць старше року.

Позначимо змінними величини поголів'я по кожній статеві віковій групі у стаді:

X_1 – бички;

X_2 – корови;

X_3 – нетелі;

X_4 – телиці старше року;

X_5 – бички старші року;

X_6 – телиці до року;

X_7 – бички до року;

X_8 – дорослі тварини на відгодівлі.

Нехай поголів'я ВРХ дорівнює 100 голів, тоді

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 = 100.$$

Поголів'я корів повинно збільшитися на 5% або на 2 голови.

$$X_2 = 40; Q_k = 38.1(1 + 5/100) = 40,005 \text{ тобто } 40.$$

Співвідношення бичків і корів відповідно до умови задачі:

$$1/250 * X_2 = X_1, \text{ або } X_1 - 0,004 X_2 = 0.$$

Кількість нетелів у стаді повинно забезпечити вибраковку і зростання поголів'я корів:

$$0,17 X_2 \leq X_3, 0,2 X_2 \geq X_3,$$

$$a_{42} = \frac{12+5}{100} = 0,17, a_{52} = \frac{15+5}{100} = 0,2.$$

Обмеження, яке характеризує залежність між телицями, бичками старше року і коровами:

$$0,34 X_2 \geq X_4, 0,34 X_2 \geq X_5,$$

$$a_{62} = \frac{0,95 - (\frac{10+2+15}{100})}{2} = 0,34,$$

тобто із коефіцієнту приплоду вираховуються коефіцієнти вибраковки і падежу молодняку минулого і поточного років.

Обмеження, які відображають залежність між маточним поголів'ям і приплодом, з урахуванням вибраковки і падежу записують таким чином:

$$0,365 X_2 + 0,365 X_3 \leq X_5, 0,145 X_2 + 0,415 X_3 \geq X_5,$$

$$0,365 X_2 + 0,365 X_3 \leq X_6, 0,415 X_2 + 0,415 X_3 \geq X_6.$$

Техніко-економічні коефіцієнти обчислюються наступним чином:

$$a_{82} = a_{83} = \frac{0,95 - (\frac{20+2}{100})}{2} = 0,365,$$

$$a_{92} = a_{93} = \frac{0,95 - (\frac{10+2}{100})}{2} = 0,415.$$

Зоотехнічні умови формування ремонтного молодняку:

$$1,7 X_3 \leq X_4.$$

Співвідношення між молодняком до року і старше року:

$$X_4 \leq 0,85 X_6, X_5 \leq 0,85 X_7.$$

Матриця до задачі представлена у таблиці 5.6

Таблиця 5.6

Матриця задачі Визначення оптимальної структури стада великої рогатої худоби

Обмеження	Од. виміру	Вибраковка, голів									Переведення, голів		
		бики	корови	нетелі	телятки старші року	бички старші року	телятки до року	бички до року	телятки- приплід	бички- приплід	Бики	Корови	нетелі
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	Z ₁	Z ₂	Z ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Рух поголів'я у групах													
1. Бики	голів	1									-1		
2. Корови	-//-		1									-1	
3. Нетелі	-//-			1								1	-1
4. Телятки старші року	-//-				1								1
5. Бички старші року	-//-					1					1		
6. Телятки до року	-//-						1						
7. Бички до року	-//-							1					
8. Телятки приплід	-//-								1				
9. Бички – приплід	-//-									1			
Переведення в старші групи													
10. Нетелі	-//-			1								1	
11. Телятки старші року	-//-				1								1
12. Бички старші року	-//-					1					1		
13. Телятки до року	-//-						1						

14. Бички до року	-//-							1					
Вибраковка													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15. Бики	-//-	1											
16. Корови, min	-//-		1										
17. Корови, max	-//-		1										
18. Нетелі	-//-			1									
19. Бички до року	-//-							1					
20. Телички – приплід	-//-								1				
21. Бички – приплід	-//-									1			
Співвідношення між групами тварин													
22. коровами і нетелями	-//-												
23. Нетелями і теличками старші року	-//-												
24. теличками старші року і до року	-//-												
Поголів'я на кінець року													
25. Бики	-//-												
26. Корови	-//-												
27. Всього тварин	-//-												
28. Поголів'я на відгодівлі і вихову	-//-	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Цільова	кг	650	500	350	300	320	180	180	60	60			

функція (виробництво яловичини)														
продовження таблиці 5.6														
1	2	z ₄	z ₅	z ₆	z ₇	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	y ₇	y ₈	Обсяг обмежень
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Рух поголів'я в групах														
1. Бики	голів					1								=2
2. Корови	-//-						1							=505
3. Нетелі	-//-							1						=72
4. Телички старші року	-//-	-1							1					=120
5. Бички старші року	-//-		-1							1				=118
6. Телички до року	-//-	1		-1							1			=188
7. Бички до року	-//-		1		-1							1		=187
8. Телички приплід	-//-				1									=255
9. Бички - приплід	-//-													=254
Переведення в старші групи														
10. Нетелі	-//-													=72
11. Телички старші року	-//-	1												=120
12. Бички старші року	-//-		1											=118
13. Телички до року	-//-			1										=188
14. Бички до року	-//-													=187
Вибраковка														

15. Бики	-//-													<=1
16. Корови, min	-//-													>=40
17. Корови, max	-//-													<=76
18. Нетелі	-//-													<=2
19. Бички до року	-//-													<=67
1	2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
20. Телички - приплід	-//-													<=52
21. Бички – приплід	-//-													<=52
Співвідношення між групами тварин														
22. коровами і нетелями	-//-						0,17	-1						<=0
23. Нетелями і теличками старші року	-//-							1,6	-1					<=0
24. теличками старші року і до року	-//-								1,4		1			<=0
Поголів'я на кінець року														
25. Бики	-//-					1								<=3
26. Корови	-//-						1							<=530
27. Всього тварин	-//-					1	1	1	1	1	1	1	1	>=1250
28. Поголів'я на відгодівлі і вигулу	-//-												-1	<=0
Цільова функція (виробництво яловичини)	кг													→ max

5.5. Економіко – математична модель визначення оптимального раціону годівлі сільськогосподарських тварин

Створення надійної кормової бази у сільськогосподарських підприємствах є основою подальшого зростання тваринництва. Вибір і структура кормового балансу залежить від природнокліматичних умов, видів і порід тварин, що розводять у господарстві, досягнення науки і техніки та досвіду у організації раціональної годівлі сільськогосподарських тварин.

Повноцінна годівля є основою відтворення тварин і, відповідно, зростання продуктивності дорослих тварин, сприяє скороспілості та збільшення живої маси молодняку, що в свою чергу означає підвищення ефективності ведення галузі тваринництва. Правильне використання кормів є одним із резервів збільшення і здешевлення виробництва продукції галузі тваринництва. В залежності від умов кожного зокрема сільськогосподарського підприємства, його можливостей необхідно розраховувати оптимальні норми годівлі тварин, виходячи із науково – обґрунтованих, розроблених на основі оптимізаційних методів і моделей раціонів годівлі кожного виду сільськогосподарської тварини.

Постановка задачі

Раціон годівлі є набір і кількість кормів, що споживають сільськогосподарські тварини за добу. Раціон складають залежно від виду, віку і продуктивності тварини, а також враховуються фізіологічні, зоотехнічні та економічні фактори. Повноцінність раціону по поживності для певного виду тварини досягається тільки для даного (фактичного) фізіологічного стану. Із зміною фізіологічного стану сільськогосподарської тварини необхідно відповідно змінювати раціон годівлі.

Раціони годівлі повинні задовольнятися по енергетичному, протеїновому, макро- і мікро елементному, амінокислотному і вітамінному складі, а також по співвідношенню різних груп, видів кормів і поживних речовинах та бути економічно обґрунтованими.

Економіко-математичну модель можна сформулювати наступним чином:

із наявних або покупних кормів та кормових добавок скласти раціон годівлі, який повністю б задовольнив біологічні потреби сільськогосподарської тварини в кормах, поживних речовинах та забезпечував мінімальну вартість (собівартість).

Математична модель

Для формалізації економічних факторів і умов використаємо наступні позначення:

Індекси:

i – поживні речовини;
 j – види кормів, підкормок;
 h - групи кормів.

Множини:

M – поживних речовин у раціоні;
 M_1 – співвідношення кормів у раціоні;
 H – груп кормів до загальної поживності у раціоні;
 N – видів кормів, добавок;

Умовні позначення:

X_j – кількість корму, кормової добавки в j -му виді в раціоні;
 X_i – поживність раціону чи загальна кількість кормових одиниць у раціоні;
 C_j – ціна чи собівартість одиниці j -го корму, кормової добавки;
 a_{ij} – вміст i -ої поживної речовини в одиниці виміру j -го виду корму чи кормових добавок;
 a_{hj} – вміст i -ої поживної речовини в одиниці виміру j -го виду корму чи кормових добавок у h –групі корму;
 B_{hjmin} , B_{hjmax} – зоотехнічно допустима питома вага h –групи кормів до загальної поживності раціону, відповідно, min чи max ;
 W_{ij} - W_{ij}' - коефіцієнти пропорційності між кормами;
 b_i – добова потреба сільськогосподарської тварини в i -ій поживній речовині;
 b_j' , b_j'' - допустима верхня та нижня границя вмісту j -го виду корму у раціоні.

Структурна економіко-математична модель

Цільова функція:

$$Z(x) = \sum_{j \in N} C_j X_j \rightarrow \min$$

при умовах:

1. Обмеження по поживних речовинах у раціоні:

$$a) \sum_{j \in N} a_{ij} X_j \geq b_i, i \in M$$

б) загальна поживність раціону повинна складати:

$$\sum_{j \in N} a_{ij} X_j - X_i = 0, X_i \geq b_i.$$

2. Обмеження по вмісту кожної групи кормів в зоотехнічно допустимих межах:

$$B_{hi \min} X_i \leq \sum_{j \in N} a_{hj} X_j \leq B_{hj \max} X_j, h \in H.;$$

3. Обмеження по співвідношенню певних видів кормів:

$$\sum_{j \in N} W_{ij} X_j - \sum_{j \in N} W_{ij}' X_j \leq 0, i \in M_1.$$

4. Обмеження щодо біологічно обумовлених границях вмісту окремих видів кормів:

$$b_j' \leq X_j \leq b_j'', j \in N.$$

5. Умови невід'ємності або природні умови:

$$X_j \geq 0, X_i \geq 0.$$

Проте, слід відмітити, що в кожному конкретному випадку, виходячи із тих особливих, специфічних умов існування того чи іншого сільськогосподарського підприємства можливо додаткове введення ряду обмежень, що і будуть відображати лише ті особливості, що притаманні конкретному господарству.

Вихідна інформація і порядок її підготовки

Для розробки економіко - математичної задачі необхідно попередньо вивчити особливості годівлі різних видів тварин, їх вікостатеву групу, продуктивність, фізіологічний стан, стан кормової бази, на який період утримання необхідно розрахувати раціон годівлі для конкретного господарства.

На основі попереднього аналізу для розв'язку даної задачі необхідно мати таку інформацію:

- визначають добову потребу сільськогосподарської тварини у різних видах поживних речовинах, макро- і мікроелементів, вітамінах, амінокислотах;

- визначаються види кормів власного виробництва, їх собівартість та необхідні кормові добавки, вітаміни тощо, що будуть покупними та, відповідно, їх ціни;

- визначаються фізіологічно допустимі границі вмісту різних груп кормів і кормових добавок у раціон в залежності від цільового призначення тваринницької продукції. Встановлюється співвідношення в раціоні окремих поживних і хімічних речовин;

Методику побудови числової економіко-математичної моделі до даної задачі розглянемо на такому прикладі.

Необхідно розрахувати раціон годівлі для дійної корови з добовим надоєм 14 кг при жирності молока 3,8% із живою масою 500 кг. Господарства на даний період має в наявності такий набір кормів: ячмінь дроблений, кукурудза мелена, борошно горохове, комбікорм, кормові коренеплоди, силос кукурудзяний, сіно однорічних трав, сіно конюшини, солома ярих зернових. Є матеріальна можливість дозакупки необхідних мікроелементів, вітамінів та кормових добавок.

Для забезпечення заданої продуктивності корови необхідно, щоб у кормовому раціоні містилося не менше 14,1 к.од, 1270 гр перетравного протеїну, 80 гр кальцію, 55 гр фосфору, 500 мг каротину, 115 мг міді, 14,1 мг кобальту, 141 мг цинку, 559 мг марганцю. Сухої речовини в раціоні повинно бути не менше 22,5 кг.

Відповідна інформація взята із довідника з годівлі сільськогосподарських тварин.

Таблиця 5.7.

Матриця задачі Оптимальний раціон годівлі сільськогосподарської тварини

Обмеження	Од. виміру	Ячмінь мелений	Кукурудза мелена	Борошно горохове	Комбікорм	Кормові коренеплоди	Силос кукурудзяний	Сіно одnorічних трав	Сіно люцерни	Солома ярих	Кормовий преципітат
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Всього корм. од.	кг	1,2	1,3	1,18	1,0	0,13	0,2	0,4	0,5	0,28	
2. Кормові од.	кг										
3. Перетравний протеїн	г	80,0	80,0	195,0	140,0	9,0	14,0	40,0	110,0	13,0	
4. Кальцій	г	1,4	0,5	1,0	2,0	0,4	1,3	2,8	15,0	3,0	260,0
5. Фосфор	г	3,5	3,0	3,0	8,0	0,3	0,6	2,4	2,3	1,0	170,0
6. Каротин	мг	2,0	1,0	4,0	3,0		15,0	15,0	20,0	2,0	
7. Мідь	мг	3,7	6,0	2,0	4,0	1,0	1,2	3,8	7,6	3,1	
8. Кобальт	мг	0,22	0,25	0,09	0,1	0,04	0,06	0,17	0,39	0,25	
9. Цинк	мг	21,0	44,6	17,4	22,1	3,3	5,4	20,4	21,2	13,6	
10. Марганець	мг	29,4	25,5	15,3	19,3	9,1	14,9	42,2	45,5	51,0	
11. Суха речовина	кг	0,85	0,85	0,85	0,85	0,12	0,25	0,85	0,85	0,85	
12. Концентрати, min	корм. од.	-1,2	-1,3	-1,18	-1,0						
13. Концентрати, max	корм. од.	1,2	1,3	1,18	1,0						
14. Соковиті, min	корм. од.					-0,13	-0,2				
15. Соковиті, max	корм. од.					0,13	0,2				
16. Грубі, min	корм. од.							-0,4	-0,5	-0,28	
17. Грубі, max	корм. од.							0,4	0,5	0,28	
18. Горох	кг			1							
19. Силос	кг						1				
20. Кухонна сіль	кг										
21. Співвідношення соломи і сіна	кг							-1	-1	1	
Цільова функція (вартість раціону)	гр..од.	3,0	4,0	4,1	9,3	0,5	0,7	1,6	1,5	0,2	4,4

продовження таблиці 5.7											
		X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	Обсяг і тип обмежень
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. Всього корм. од.	кг									-1	=0
2. Кормові од.	кг									1	>=14,1
3. Перетравний протеїн	г										>= 1270
4. Кальцій	г	310	380								>= 80
5. Фосфор	г	150									>= 55
6. Каротин	мг						200				>= 500
7. Мідь	мг				254						>= 115
8. Кобальт	мг					248					>= 14,1
9. Цинк	мг						227				>= 141
10. Марганець	мг							227			>= 559
11. Суха речовина	кг										<= 22,5
12. Концентрати, min	корм. од.									0,15	<= 0

13. .Концентрати, max	корм. од.									-0,25	<= 0
14. Соковиті, min	корм. од.									0,145	<= 0
15. Соковиті, max	корм. од.									-0,6	<= 0
16. Грубі, min	корм. од.									0,2	<= 0
17. Грубі, max	корм. од.									-0,3	<= 0
18. Горох	кг										<= 1,5
19. Силос	кг										<= 25,0
20. Кухонна сіль	кг		1								= 0,08
21. Співвідношення соломи і сіна	кг										<= 0
Цільова функція (вартість раціону)	гр. од.	50,0	6,5	1,8	1,8	1,8	1,9	1,5	1,2		→ min

5.6. Економіко – математична модель визначення оптимального плану використання заготовлених кормів

Постановка задачі

Рациональне, науково - обґрунтоване використання кормів – одна із головних умов підвищення ефективності ведення галузі тваринництва.

Задача оптимального використання заготовлених кормів може мати різні постановки:

1. у господарстві заготовлюють достатньо кормів різних видів. Є можливість купувати необхідну кількість мінеральних, мікроелементних і вітамінних підкормок. *Необхідно визначити*, якими кормами і в яких обсягах треба згодувати різні види і віко статевим групи тварин, щоб забезпечити максимальну економічну ефективність від використаних кормів;

2. у господарстві недостатній обсяг кормів. Проте, є можливість закупки необхідного обсягу кормів. *Необхідно визначити*, якими кормами і в яких обсягах треба згодувати різні види тварин і які віко статеві групи тварин слід швидше реалізувати для забезпечення ефективного використання кормів;

Найпоширеніший критерії оптимальності задачі оптимального використання кормів є максимум валової продукції тваринництва в грошовому чи натуральному виразі, чистий доход, максимум валової продукції за мінусом затрат на корми, максимум умовних кормо-днів тощо.

Математична модель

Для формалізації економічних факторів і обмежень використаємо наступні позначення:

j – індекс кормів і кормових добавок;

j_1 – індекс статево вікових і виробничих груп тварин;

r – індекс виду тварини;

h – індекс груп тварин;

i – індекс поживних речовин;

N – множина кормів і кормових добавок;

N_1 – множина статево вікових і виробничих тварин;

R – множина видів тварин;

H – множина груп тварин;

M – множина поживних речовин;

X_{jr} – змінна, що відображає кількість j -го виду корму чи кормової добавки, для r – виду тварин;

X_{j_1r} – кількість кормо-днів перебування j_1 -ої групи r – виду тварин;

a_{ij_1r} – затрати i -о виду поживних речовин при утриманні j_1 -ої групи r – виду тварин;

V_{ijr} – вміст i -го виду поживних речовин в одиниці j_1 -го виду корму r – виду тварин;

$b_{j_1r}^I, b_{j_1r}^{II}$ – допустимі, максимальні та мінімальні кормо-дні перебування у господарстві j_1 -ої групи r – виду тварин;

A_j – наявний обсяг (закупочний) j -го виду корму чи кормової добавки;

C_{j_1r} – собівартість (вартість) продукції в розрахунку на кормо-день від j_1 -ої групи r – виду тварин;

$a_{j_1hr \min}, a_{j_1hr \max}$ – мінімальні та максимальні норми витрат h -групи кормів у добовому раціоні j_1 -ої групи r – виду тварин.

Структурна економіко-математична модель

Цільова функція:

$$Z(x) = \sum_{r \in R} \sum_{j \in N_1} C_{j_1r} X_{j_1r} \rightarrow \max$$

при умовах:

1. Обмеження по забезпеченню тварин поживними речовинами:

$$-\sum_{j \in N} V_{ijr} X_{jr} + \sum_{j_1 \in N_1} a_{ij_1r \min} X_{j_1r} \leq 0, i \in N$$

2. Обмеження з оптимізації раціонів годівлі для різних видів та груп тварин:

$$\begin{aligned} -\sum_{j \in N} V_{hjr} X_{jr} + \sum_{j_1 \in N_1} a_{hrj_1} X_{j_1r} &\leq 0, \\ -\sum_{j \in N} V_{hjr} X_{jr} + \sum_{j_1 \in N_1} a_{hj_1r \max} X_{j_1r} &\leq 0, h \in H. \end{aligned}$$

3. Обмеження по визначенню кількістю кормо-днів перебування окремих груп та видів тварин:

$$b_{j_1r \min} \leq X_{j_1r} \leq b_{j_1r \max}$$

4. Обмеження по розподілу кормів по видах тварин:

$$\sum_{r \in R} X_{jr} \leq A_j$$

5. Умови невід'ємності або природні умови:

$$X_{jr} \geq 0, X_{j_1r} \geq 0$$

Зауважимо, що кожен структурну економіко-математичну модель, за потребою, специфікують до конкретних умов, додають особливі умови-обмеження до задачі, а у математичному аспекті це означає, що модель збільшиться на кілька математичних рівнянь або нерівностей.

Вихідна інформація та етапи її підготовки

При розрахунку техніко-економічних коефіцієнтів задачі необхідно враховувати наступну інформацію:

■ види кормів, мінеральних і вітамінних добавок, які передбачається включати в раціон тваринам;

■ наявний обсяг кормів та кормових добавок у господарстві або визначений обсяг покупних кормів та, відповідно, добавок. Вміст в одиниці корму кожного виду поживних речовин;

■ виробничі та статеві вікові групи сільськогосподарських тварин у господарстві. Можлива кількість кормо-днів перебування сільськогосподарських тварин кожного виду у господарстві;

■ науково – обґрунтовані норми вмісту поживних речовин у раціонах сільськогосподарських тварин кожного виду;

■ граничні норми споживання поживних речовин, добавок (max/min) сільськогосподарськими тваринами в залежності від поставленої задачі перед сільськогосподарським підприємством;

■ вартість чи собівартість кормів та кормових добавок, що будуть використовуватися при складанні раціонів для сільськогосподарських тварин.

Економіко-математична модель має блочно-діагональну структуру. Схема матриці до даної моделі буде мати наступний вигляд:

R ₁								
		R ₂						
.....								
.....								
				R _{n-1}				
					R _n			
Зв'язуючий блок								

У кожному робочому блоці (**R₁, R₂, R₃ ... R_n**) об'єднані змінні і обмеження, що забезпечують формування оптимального раціону для даної групи тварин при заданих обсягах кормових ресурсах.

Нехай, у господарстві на стійловий період утримання тварин заготовлено наступні види кормів: озимий ячмінь, комбікорм, овес, кукурудза (зерно), кормові коренеплоди, силос кукурудзяний, силос зернових культур, сіно зернових, сіно бобових, солома, макуха соняшникова.

Цими кормами необхідно забезпечити збалансований кормовий раціон наявних у господарстві сільськогосподарськими тваринами, за умови, що кормові добавки господарство спроможне закупити в повному обсязі.

Таблиця 5.8.

Обсяг заготовлених кормів і їх поживна цінність

Корми	Всього, ц	Міститься в 1 ц				
		корм. од.	перетравного протеїну, кг	кальцію, кг	фосфору, кг	каротину, гр.
Озимий ячмінь	1200	1,2	8,0	0,14	3,5	0,2
Комбікорм	1000	1,0	10,0	0,5	0,5	0,4
Кукурудза на зерно	1400	1,3	8,0	0,6	0,3	0,4
Макуха соняшникова	500	1,1	38,0	0,29	0,95	-
Кормові коренеплоди	20000	0,13	0,9	0,04	0,03	-
Силос кукурудзяний	30000	0,2	1,4	0,13	0,06	1,5
Сіно зернових	1600	0,4	4,0	0,28	0,24	2,0
Сіно зернобобових	2100	0,5	11,0	0,15	0,23	2,0
Солома	20100	0,28	1,3	0,3	0,1	0,2
Овес	800	1,0	8,5	0,15	0,32	0,3
Силос зернових	8200	0,15	1,3	0,15	0,05	2,0
Кормовий преципітат	-	-	-	26,0	17,0	-
Препарат вітаміну А, мл	-	-	-	-	-	120

Таблиця 5.9.

Матриця задачі використання заготовлених кормів для сільськогосподарських тварин

Обмеження	Одиниці виміру	Дерть озимого ячменю	Комбікорм	Кукурудза молота	Макуха соняшникова	Кормові коренеплоди	Силос кукурудзяний	Сіно злакових трав	Сіно конюшини	Солома	
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Кормові одиниці	ц. корм. од.	- 1,2	- 1,0	- 1,3	- 1,1	- 0,13	- 0,2	- 0,4	-0,5	- 0,25	...
2. Перетравний протеїн	кг.	- 8,0	- 10,0	- 8,0	- 38,0	- 0,9	- 1,4	- 4,0	- 11,0	- 1,2	...
3. Кальцій	кг.	- 0,14	- 0,5	- 0,05	- 0,29	- 0,04	- 0,13	- 0,28	- 0,15	- 0,3	...
4. Фосфор	кг.	- 0,35	- 0,7	- 0,3	- 0,95	- 0,03	- 0,06	- 0,24	- 0,23	- 0,1	...
5. Каротин	г.	- 0,2	- 0,6	- 0,4	0	0	- 1,5	- 1,5	- 2,0	- 0,2	...
6. Кухонна сіль	кг.										...
Структура раціону корів з надоем 12 кг., min											
7. Концентрати	ц. корм. од.	- 1,2	- 1,0	- 1,3	- 1,1						
8. Соковиті	ц. корм. од.					- 0,13	- 0,2				
9. У тому числі силос	ц. корм. од.						- 0,2				
10. Грубі корми	ц. корм. од.							- 0,4	-0,5	- 0,25	...
11. у тому числі сіно	ц. корм. од.							- 0,4	-0,5		...
Структура раціону корів з надоем 10 кг., min											
12. Концентрати	ц. корм. од.										...
13. Соковиті	ц. корм. од.										...
14. У тому числі силос	ц. корм. од.										...
15. Грубі корми	ц. корм. од.										...
16. у тому числі сіно	ц. корм. од.										...
Структура раціону молодняка, min											
продовження таблиці 5.9											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17. Концентрати	ц. корм. од.										...
18. Соковиті	ц. корм. од.										...
19. У тому числі силос	ц. корм. од.										...
20. Грубі корми	ц. корм. од.										...
21. у тому числі сіно	ц. корм. од.										...
Кількість кормо - днів											
22. Корів з надоем 12 кг., тін	днів										...
23. Корів з надоем 12 кг., тах	днів										...
24. Корів з надоем 10 кг., тін	днів										...
25. Корів з надоем 10 кг., тах	днів										...
26. Молодняку 3 – 4 місяців	днів										...
27. Молодняку 5 – 6 місяців	днів										...
Зв'язуючий блок Наявність кормів у господарстві											
97. Дерть озимого ячменю	ц.	1									...
98. Комбікорм	ц.		1								...
99. Кукурудза молота	ц.			1							...

Обмеження	Одиниці виміру	Кухонна сіль	Кормовий преципітат	Препарат вітаміну А	Кормо – дні корів з надоєм 12 кг. 3 живою вагою 500 кг.	Кормо – дні корів з надоєм 10 кг. 3 живою вагою 500 кг.	Кормо – дні корів з надоєм 10 кг. 3 живою вагою 400 кг.	Кормо – дні молодняку 3 – 4 місяців	Кормо – дні молодняку 5 – 6 місяців		Обсяг і тип обмеження
		X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1 1	12
1. Кормові одиниці	ц. корм. од.				0,106	0,096	0,09	0,028	0,045	...	<=0
2. Перетравний протеїн	кг.				1,14	1,02	0,96	0,35	0,54	...	<=0
3. Кальцій	кг.		- 26		0,075	0,065	0,06	0,023	0,031	...	<=0
4. Фосфор	кг.		- 17		0,050	0,045	0,04	0,013	0,021	...	<=0
5. Каротин	г.			- 120	0,045	0,04	0,037	0,025	0,045	...	<=0
6. Кухонна сіль	кг.	- 100			0,07	0,065	0,06	0,01	0,02	...	<=0
Структура раціону корів з надоем 12 кг., min											
7. Концентрати	ц. корм. од.				0,0265						<=0
8. Соковиті	ц. корм. од.				0,0423						<=0
9. У тому числі силос	ц. корм. од.				0,0318						<=0
10. Грубі корми	ц. корм. од.				0,0212					...	<=0
11. у тому числі сіно	ц. корм. од.				0,0106					...	<=0
Структура раціону корів з надоем 10 кг., min											
12. Концентрати	ц. корм. од.					0,0192	0,018			...	<=0
13. Соковиті	ц. корм. од.					0,0433	0,0405			...	<=0
14. У тому числі силос	ц. корм. од.					0,0355	0,333			...	<=0
15. Грубі корми	ц. корм. од.					0,0192	0,018			...	<=0
16. у тому числі сіно	ц. корм. од.					0,096	0,009			...	<=0
Структура раціону молодняку, min											
17. Концентрати	ц. корм. од.							0,0196	0,0225	...	<=0
18. Соковиті	ц. корм. од.							0,0028	0,0135	...	<=0
19. У тому числі силос	ц. корм. од.							0,0014	0,0067	...	<=0

20. Грубі корми	ц. корм. од.							0,0028	0,0045	...	<=0
21. у тому числі сіно	ц. корм. од.							0,0028	0,0045	...	<=0
продовження таблиці 5.9											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1 1	12
Кількість кормо - днів											
22. Корів з надоем 12 кг., тін	днів				1					...	>= 72000
23. Корів з надоем 12 кг., тах	днів				1					...	<= 81000
24. Корів з надоем 10 кг., тін	днів					1				...	<= 54000
25. Корів з надоем 10 кг., тах	днів						1			...	<= 32000
26. Молодняку 3 – 4 місяців	днів							1		...	= 32000
27. Молодняку 5 – 6 місяців	днів								1	...	= 30000
Зв'язуючий блок Наявність кормів у господарстві											
97. Дерть озимого ячменю	ц.									...	<= 1200
98. Комбікорм	ц.									...	<= 1000
99. Кукурудза молота	ц.									...	<= 1400

5.7. Реалізація та аналіз прикладних оптимізаційних моделей у середовищі EXCEL

В економіці оптимізаційні задачі виникають у зв'язку з багаточисельністю можливих варіантів функціонування конкретних економічних систем, коли постає ситуація вибору альтернативи, найкращої за деяким правилом, критерієм, вимогою.

Лінійні оптимізаційні задачі можуть бути реалізовані в середовищі EXCEL.

«ПОИСК РЕШЕНИЯ» – це надбудова EXCEL, що дає можливість розв'язувати лінійні оптимізаційні задачі. Якщо в меню **Сервис** відсутня команда –«ПОИСК РЕШЕНИЯ», її потрібно активізувати : **Сервис –Надстройки – Поиск решения**.

Знайомство технологією розв'язку задач лінійного програмування наведено в розділі 3.

Якщо математична модель відповідає вимогам лінійної задачі математичного програмування – її можна реалізувати, провести модельні експерименти та здійснити глибокий економічний аналіз оптимального плану в середовищі EXCEL.

Згадуємо алгоритм побудови та розв'язку задачі:

Для реалізації алгоритму задачі необхідно:

- сформулювати формулу для вводу умов задачі;
- вказати адреси клітин, в які буде надсилатися результат розв'язку задачі (*Изменяемые ячейки*);
- ввести вихідні дані;
- ввести залежність для цільової функції;
- ввести залежності для цільової функції;
- вказати призначення цільової функції (*Установить целевую ячейку*);
- ввести обмеження;
- ввести параметри для розв'язку ЗЛП.

Методику розв'язку та післяоптимізаційного аналізу плану наведемо розглядаючи класичну задачу оптимального використання ресурсів.

Постановка задачі. Нехай деякий умовний цех з переробки молока в своєму арсеналі має певну кількість ресурсів для ведення виробничої діяльності. Обмежимося трьома видами ресурсів (безумовно, для реального процесу виробництва їх необхідно значно більше): робоча сила, сировина та обладнання. Цех має 4 технологічні лінії і виробляє продукцію чотирьох видів. Інформація про наявність ресурсів, технологічні затрати та доходи виробництва наведена в таблиці.

Ресурси	Норми витрат ресурсів на одиницю виробництва продукції				Наявність ресурсу
	морозиво	сметана	кефір	Йогурт	
Праця л-год	7	2	2	6	80
Сировина	5	8	4	3	480
Обладнання	2	4	1	8	130
Ціна, грош.од.	3	4	3	1	–

У задачі необхідно знайти такий план випуску продукції, при якому максимізуватиметься загальна виручка від виробництва.

Позначимо через X_1, X_2, X_3, X_4 кількість продукції кожного виду.

Економіко-математична модель задачі матиме вигляд:

Цільова функція – це вираз, що формує виручку при заданих цінах;

$$F(x) = 3x_1 + 4x_2 + 3x_3 + x_4 \rightarrow \max$$

Обмеження по ресурсах:

$$7x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 6x_4 \leq 80$$

$$5x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 3x_4 \leq 480$$

$$2x_1 + 4x_2 + 1x_3 + 8x_4 \leq 130$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

Для наведеної задачі підготуємо форму для вводу умов (рис.5.1.).

У нашій задачі оптимальні значення вектора $X = (X_1, X_2, X_3, X_4)$ після розв'язку задачі будуть розміщені в клітинках **B3:E3**, оптимальне значення цільової функції – в клітині **F5**.

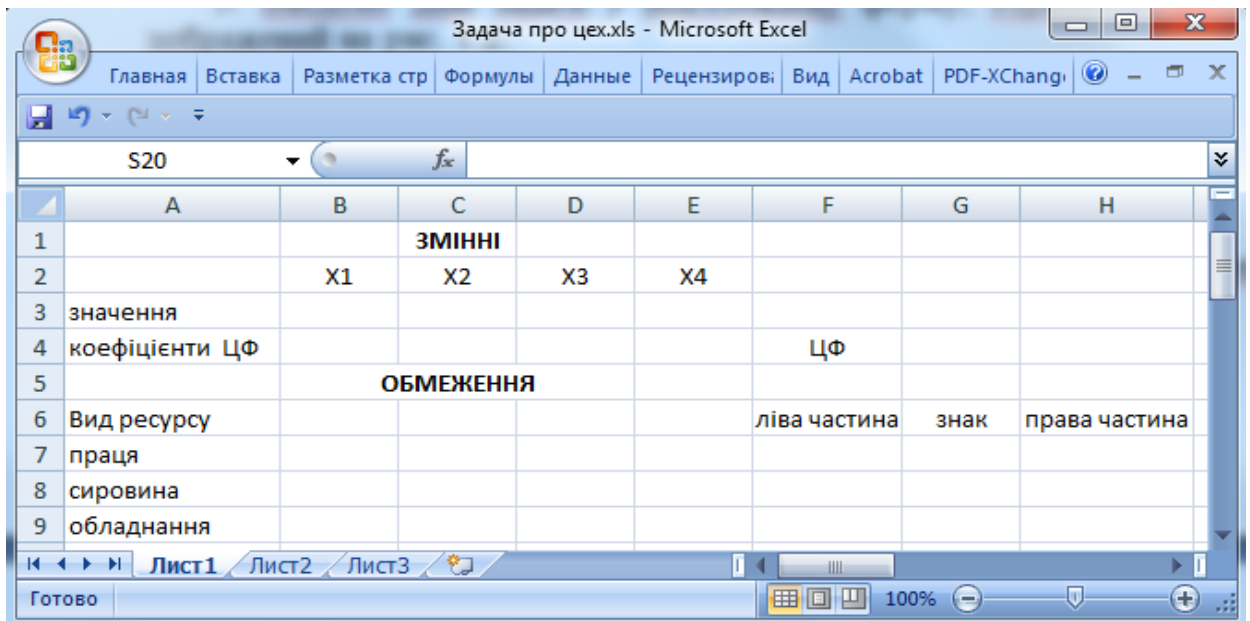


Рис. 5.1. Форма для вводу даних

Введемо дані задачі у підготовлену форму, отримаємо результат, зображений на рис. 5.2.

Введемо залежність для цільової функції:

- Робимо активною клітину **F5**.
- Курсор на **Мастер функций**.
- На екрані з'являється діалогове вікно **Мастер функций**.
- З вікна **Категория** курсором вибираємо категорію

Математические.

- У вікні **Функции** обираємо СУММПРОИЗ.
- У масив 1 ввести **B3:E3**.

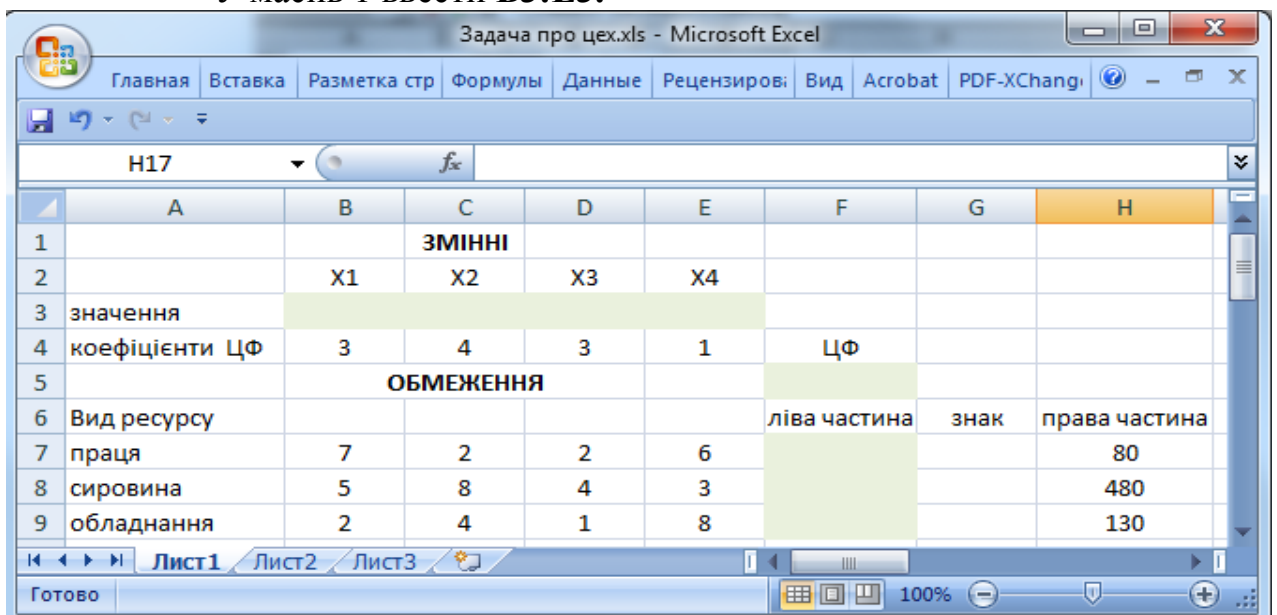


Рис. 5.2. Дані введено у форму

- У масив 2 ввести **B4:E4**.*
- Установку цільової функції завершено. На екрані в **F5** цільова функція введена, як показано на рис. 5.3.

Введемо залежності для лівих частин обмежень: або аналогічно попередньому кроці вводимо функції для лівих частин, або з клітини **F5** копіюємо формулу в **F7, F8, F9**, коригуючи адреси клітинок (рис5.4).

На цьому завершено введення залежностей.

*Адреси клітин в усі діалогові вікна зручно вводити не з клавіатури, а рухаючись мишкою по клітинах, адреси яких слід ввести.

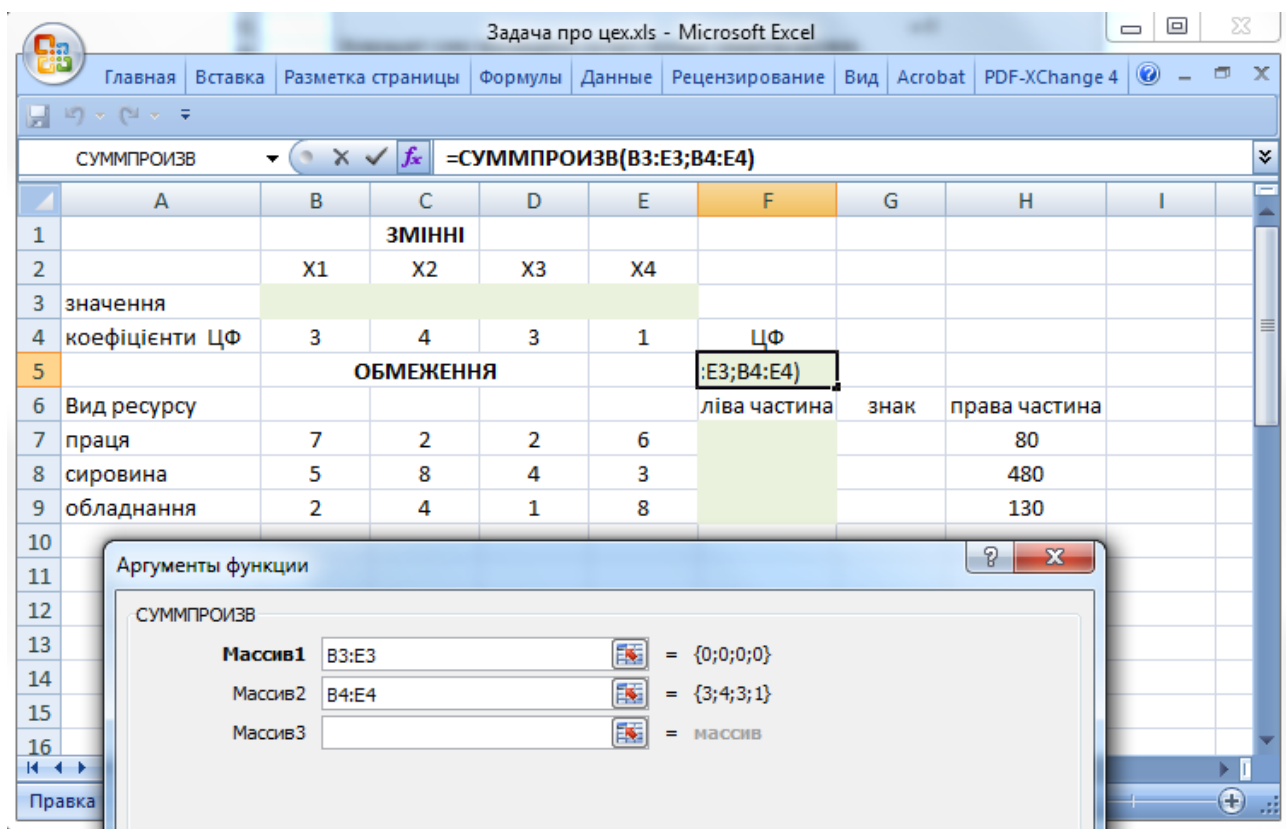


Рис.5.3.Формування цільової функції

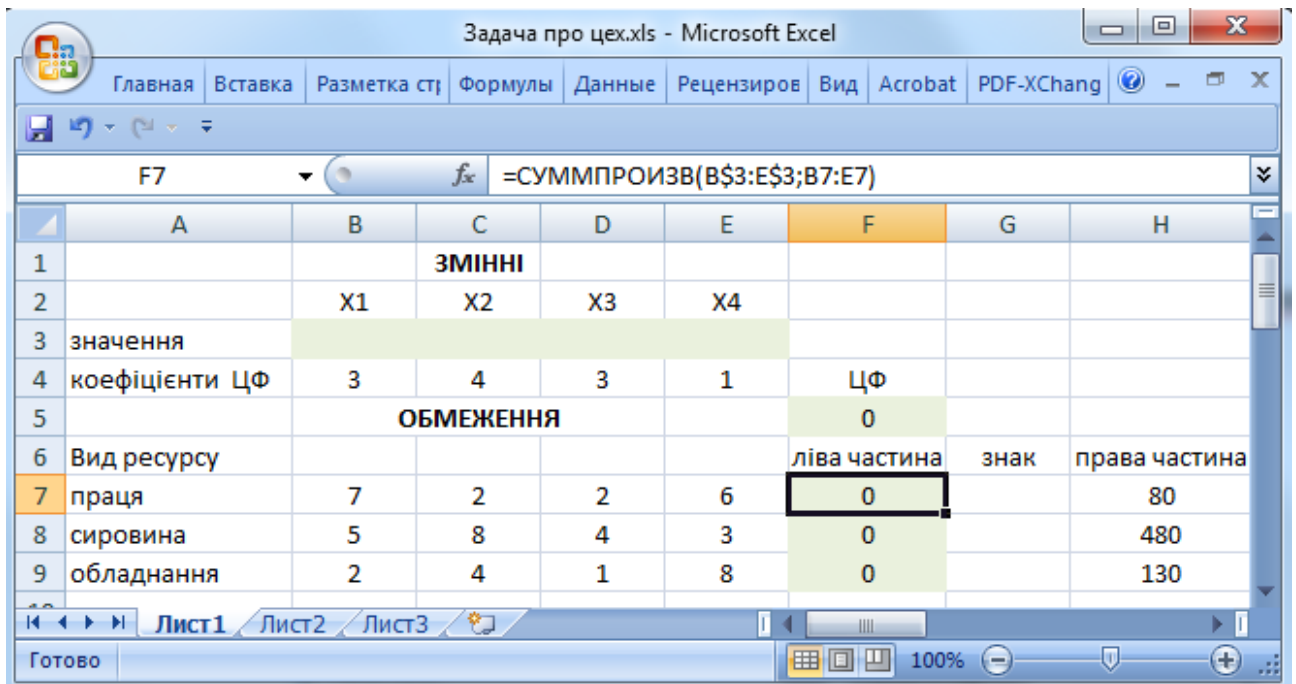


Рис.5.4.Формування обмежень задачі

Після вибору команд *Сервис =>Поиск решения* з'явиться діалогове вікно «Поиск решения».

У діалоговому вікні «Поиск решения» є три основних параметра:

- *Установить целевую функцию*
- *Изменяя ячейки*
- *Ограничения*

Насамперед необхідно заповнити поле «Установить целевую функцию».

У всіх задачах для засобу «Поиск решения» оптимізується результат в одній з клітин робочого листа. Цільова функція зв'язана з іншими клітинами цього листа за допомогою формул.

Засіб «Поиск решения» дає можливість обрати пошук найменшого чи найбільшого значення для цільової функції, або встановити конкретне значення.

Другий важливий параметр засобу *Поиск решения* – «Изменяя ячейки».

Изменяемые ячейки – це клітини, значення в яких будуть змінюватися, для того щоб оптимізувати результат у цільовій клітині.

Для розв'язку задачі можна вказати до 200 таких клітин, але до них є дві основних умови: вони мають містити формули і зміна їх значень повинна впливати на зміну значення цільової функції, тому цільова клітина залежна від *Изменяемых ячеек*.

Третій параметр, що необхідно встановити – «Ограничения».

Призначення цільової функції.

- Навести курсор у поле «Установить целевую функцию».

- Ввести адресу клітини **F5**.
- Ввести напрямок цільової функції (у нас максимального значення).

Ввести адреси змінних:

- Навести курсор у поле «**Изменяя ячейки**».
- Ввести адреси **B3:E3**.

Вводимо обмеження:

- Курсор у поле «**Добавить**», з'являється діалогове вікно «**Добавление ограничений**» (рис. 5.5.)

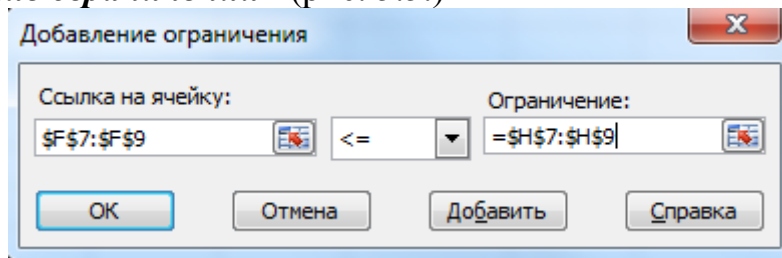


Рис. 5.5. Формування обмежень

- У полі «**Ссылка на ячейку**» ввести адресу **F7**.
- Ввести знак обмеження та обсяг обмеження.
- «**Добавить**». Аналогічно ввести решту обмежень.
- Після останнього обмеження ввести **ОК**.

На екрані з'являється діалогове вікно «**Поиск решения**» з введеними умовами (рис.5.6)

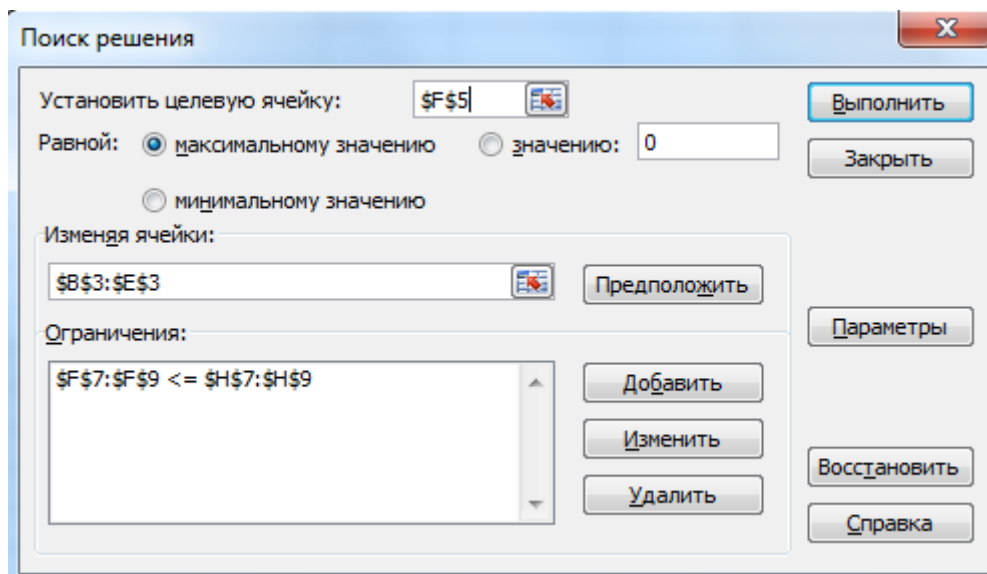


Рис. 5.6.Сформовані та введені всі умови для розв'язку задачі

Зазначення параметрів для розв'язку ЗЛП (рис.5.7)

- Відкрити вікно «**Параметры поиска решения**».

- Відмітити позначку *Линейная модель*, що забезпечує використання симплекс-методу, та позначити прапорцем *Неотрицательные значения*.
- OK.** На екрані з'явиться вікно «Поиск решения».

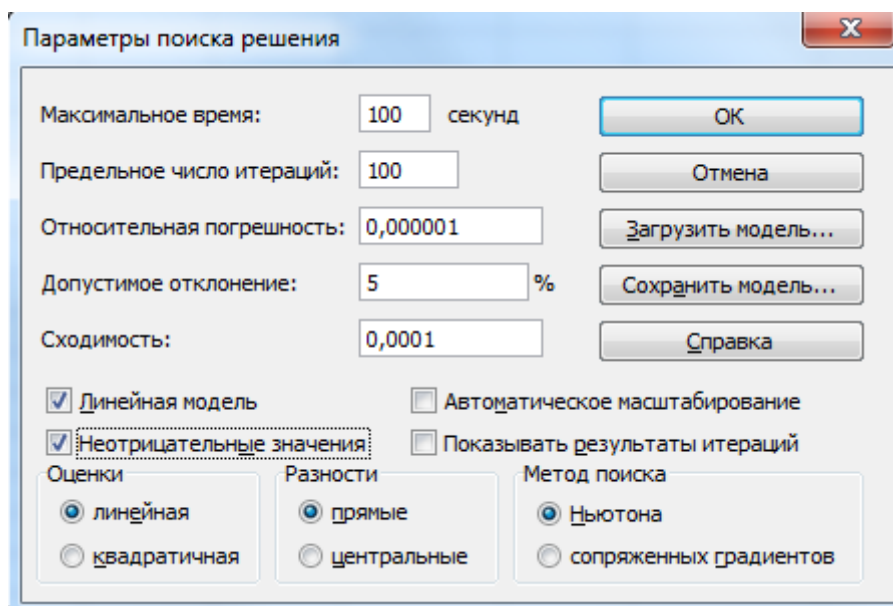


Рис. 5.7.Параметри для ЗЛП

Выполнить. На екрані з'явиться діалогове вікно «*Результаты поиска решений*» – рис. 5.8.

Отриманий оптимальний розв'язок означає, що максимальний доход 150 у.о. цех зможе отримати при випуску 30 т продукції другого виду (сметана) і 10 т – третього (кефір). При цьому ресурси праці та обладнання будуть використані повністю, а з 480 т сировини у виробничій діяльності для оптимального плану виробництва за окреслених умов буде використано 280 т.

EXCEL дає можливість представити результати розв'язку задачі у вигляді конкретного звіту (*Результаты, Устойчивость, Пределы*).

Завдання аналізу оптимального розв'язку на чутливість

На практиці багато економічних параметрів (ціни на продукцію і сировину, запаси сировини, попит на ринку, заробітна плата і т.д.) з часом змінюють свої значення. Тому оптимальне рішення лінійної моделі, отримане для конкретної економічної ситуації, після її зміни може виявитися непридатним або неоптимальним. У зв'язку з цим виникає завдання аналізу чутливості плану ЛЗ, а саме того, як можливі зміни параметрів початкової моделі вплинуть на отриманий оптимальний план під час модельних експериментів.

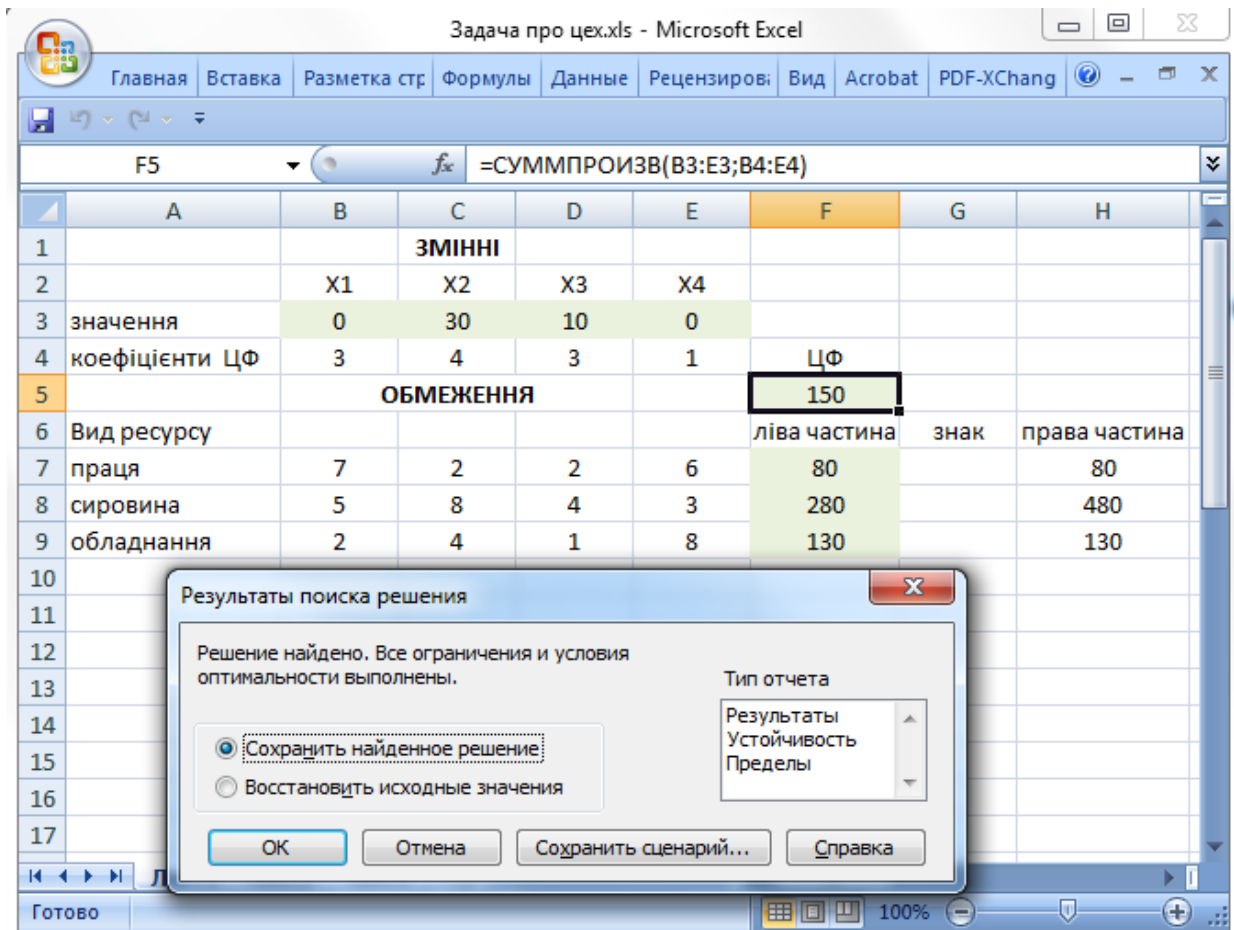


Рис. 5.8. Оптимальний розв'язок знайдено

Виділяють такі основні задачі аналізу на чутливість

1. Аналіз скорочення або збільшення ресурсів:

- на скільки можна збільшити (обмеження типу \leq) або зменшити (обмеження типу \geq) запас дефіцитного ресурсу для поліпшення оптимального значення ЦФ?

- на скільки можна зменшити (обмеження типу \leq) або збільшити (обмеження типу \geq) запас недефіцитних ресурсу при збереженні отриманого оптимального значення ЦФ?

2. Збільшення (зменшення) запасу якого з ресурсів найбільш вигідно?

3. Аналіз зміни цільових коефіцієнтів: який діапазон зміни коефіцієнтів ЦФ, при якому не змінюється оптимальне рішення?

ЗВІТ Результати (Answer) (рис.5.9).

У звіт включені початкові і кінцеві значення цільової функції та залежних клітин.

Звіт за результатами складається з трьох таблиць:

- таблиця «*Целевая ячейка*» містить інформацію про ЦФ;
- таблиця «*Изменяемые ячейки*» містить інформацію про

значення отриманих в результаті рішення задачі;

- таблиця «*Ограничения*» показує результати оптимального рішення обмежень і для граничних умов.

Якщо ресурс використовується повністю (тобто ресурс дефіцитний), то в графі «*Статус*» відповідне обмеження вказується як «пов'язане»; при неповному використанні ресурсу (тобто ресурс недефіцитних) в цій графі вказується «не пов'язаний».

У графі «*Значение*» наведені величини використаного ресурсу. Для граничних умов в графі «*Разница*» показана різниця між значенням змінної в знайденому оптимальному рішенні і заданим для неї граничною умовою.

Звіт містить відомості про чутливість рішень до малих змін формул чи клітин, що змінюються.

Задача про цех.xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка с Формулы Данные Рецензирс Вид Acrobat PDF-XChan

M16 fx

1 Microsoft Excel 12.0 Отчет по результатам

2 Рабочий лист: [Задача про цех.xls]Лист1

3 Отчет создан: 31.10.2012 13:44:56

4

5

6 Целевая ячейка (Максимум)

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
\$F\$5	ОБМЕЖЕННЯ ЦФ	150	150

11 Изменяемые ячейки

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
\$B\$3	значення X1	0	0
\$C\$3	значення X2	30	30
\$D\$3	значення X3	10	10
\$E\$3	значення X4	0	0

19 Ограничения

Ячейка	Имя	Значение	Формула	Статус	Разница
\$F\$7	праця ліва частина	80	\$F\$7<=\$H\$7	связанное	0
\$F\$8	сировина ліва частина	280	\$F\$8<=\$H\$8	не связан.	200
\$F\$9	обладнання ліва частина	130	\$F\$9<=\$H\$9	связанное	0

Отчет по результатам 1 Отчет по устойчивости

Готово 100%

Рис. 5.9. Звіт *Результаты (Answer)*

ЗВИТ Устойчивость (Sensitivity). (рис.5.10).

Звіт по стійкості складається з двох таблиць

Таблиця **«Изменяемые ячейки»** містить інформацію, що відноситься до змінних. В ній можна знайти інформацію про:

1. Результат розв'язання задачі;
2. Нормована вартість, яка показує, на скільки зміниться значення ЦФ в разі примусового включення одиниці цієї продукції в оптимальне рішення;
3. Коефіцієнти ЦФ;
4. Граничні значення приросту цільових коефіцієнтів, при яких зберігається первісне оптимальне рішення.

Примітка

При виході за вказані в звіті по стійкості межі зміни цін оптимальне рішення може змінюватися як по номенклатурі продукції, що випускається, так і за обсягами випуску (без зміни номенклатури).

Таблиця **«Ограничения»** містить інформацію, що відноситься до обмежень. В ній можна знайти інформацію про:

1. Величину використаних ресурсів у колонці *"Результат. Значение"*.
2. Граничні значення приросту ресурсів. У графі *"Допустимое Уменьшение, Увеличение"* показують, на скільки можна зменшити (усунути надлишок) або збільшити (підвищити мінімально необхідна вимога) ресурс, зберігши при цьому оптимальне рішення.
3. Цінність додаткової одиниці *i*-го ресурсу (тіньова ціна) розраховується тільки для дефіцитних ресурсів. Якщо (тіньова ціна) ресурсу рівна 0, це свідчить про не дефіцитність даного ресурсу виробництва. Величина (тіньової ціни) показує, на скільки збільшиться цільова функція при додатковому введенні кожної одиниці цього дефіцитного ресурсу в межах допустимого діапазону *"Допустимое Уменьшение, Увеличение"*.

Задача про цех.xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страни Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat PDF-XChange 4

И28

1 Microsoft Excel 12.0 Отчет по устойчивости
 2 Рабочий лист: [Задача про цех.xls]Лист1
 3 Отчет создан: 31.10.2012 13:44:56
 4
 5

6 Изменяемые ячейки

Ячейка	Имя	Результ. значение	Нормир. стоимость	Целевой Коэффициент	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
\$B\$3	значення X1	0	-7	3	7	1E+30
\$C\$3	значення X2	30	0	4	8	1
\$D\$3	значення X3	10	0	3	1	1,75
\$E\$3	значення X4	0	-9,666666667	1	9,666666667	1E+30

13

14 Ограничения

Ячейка	Имя	Результ. значение	Теневая Цена	Ограничение Правая часть	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
\$F\$7	праця ліва частина	80	1,333333333	80	150	15
\$F\$8	сировина ліва частина	280	0	480	1E+30	200
\$F\$9	обладнання ліва частина	130	0,333333333	130	30	90

15
16
17
18
19

Отчет по устойчивости 1 Отчет по пределам 1

Готово 100%

Рис. 5.10. Звіт Устойчивость (Sensitivity)

ЗВІТ Пределы (Limits). (рис.5.11)

У Звіт включена інформація про верхні та нижні границі значень, що можуть приймати змінювані клітини при виконанні умов обмежень.

Задача про цех.xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка Формуль Данные Рецензии Вид Acrobat PDF-XCh...

L16 fx

A B C D E F G H I J

1 Microsoft Excel 12.0 Отчет по пределам

2 Рабочий лист: [Задача про цех.xls]Отчет по пределам 1

3 Отчет создан: 31.10.2012 13:44:56

4

5

6 Целевое

7 Ячейка Имя Значение

8 \$F\$5 ОБМЕЖЕННЯ ЦФ 150

9

10

11 Изменяемое

12 Ячейка Имя Значение

13 \$B\$3 значения X1 0

14 \$C\$3 значения X2 30

15 \$D\$3 значения X3 10

16 \$E\$3 значения X4 0

Нижний Целевой
предел результат

Верхний Целевой
предел результат

0 150

0 30

0 120

0 150

0 150

0 150

Отчет по устойчивости 1 Отчет по пределам

Готово 100%

Рис. 5.11. Звіт *Пределы (Limits)*.

Підсумки

Для фахівця з економіки отримання оптимального плану задачі не може слугувати кінцевою метою. Важливішим є аналіз отриманого розв'язку. Оскільки зовнішні та внутрішні умови будь-якої економічної системи досить мінливі, то фахівця, який формулює задачу, як правило, цікавить також стійкість оптимального плану, що пов'язана з певними діапазонами змін коефіцієнтів, які містяться у векторах C , B та матриці A . Врахування змін обсягів ресурсів, цін на продукцію, технологічних коефіцієнтів дає змогу визначати, в яких межах зміни умов функціонування економічної системи призводитимуть до несуттєвих змін оптимального плану, а коли такий план стає навіть недопустимим.

Крім того, за результатами аналізу лінійних моделей можна визначити напрямки розвитку системи, що досліджується (виявити ті ресурси, збільшення обсягу яких приведе до покращання значення цільової функції, можливості певної зміни рівня цін на продукцію, що виготовляється тощо), в рамках яких структура оптимального плану не зміниться.

Сьогодення економіки України таке, що в ній немає другорядних проблем. Основою аграрної політики є гарантування продовольчої безпеки, утвердження пріоритетного розвитку агропромислового виробництва, забезпечення соціальної спрямованості аграрної реформи, створення на законодавчій основі реального власника, формування конкурентоспроможного виробництва з виходом на світовий продовольчий ринок, охорона навколишнього середовища та збереження і раціональне використання природних ресурсів. Тому реалізація програм стабілізації і зростання аграрної галузі, розробка концепції такої політики і методологічних основ прийняття рішень є нагальною не тільки для галузі, а й для державотворчих процесів по зміцненню політичної незалежності нашої держави.

Щодо моделювання аграрної галузі, то галузі рослинництва та тваринництва тісно пов'язані між собою. А тому розробка економіко-математичних моделей проходить як, окремо, для галузі рослинництва, тваринництва, переробної галузі, так і взаємо ув'язано між собою, тобто містять техніко-економічні коефіцієнти, які є вихідною інформацією для одних задач та вхідною для інших.

Особливості використання економіко-математичних методів в аграрній сфері впливають із особливостей функціонування аграрної галузі як такої. Так, у *п'ятому розділі* представлено економіко-математичні моделі зростання аграрної галузі такими моделями: визначення оптимального плану структури посівних площ сільськогосподарських культур при заданому обсязі виробництва продукції тваринництва, оптимального обсягу внесення добрив у господарстві, оптимальної структури стада ВРХ, оптимального

раціону годівлі сільськогосподарських тварин, оптимального плану використання заготовлених кормів.

Кожна економіко-математична модель подана у такій послідовності: постановка задачі, математична модель, структурна економіко-математична модель, вихідна інформація та етапи її підготовки, економічна матриця до задачі, яка дозволяє згідно з описаними математичними методами (розділ 3) розв'язати відповідну задачу та отримати оптимальний план, що є практичними рекомендаціями до формування „Бізнес-плану” конкретної економічної системи чи її підрозділу.

Для поглибленого вивчення даного матеріалу пропонуємо скористатися літературними джерелами: [9,11 ,17.]



ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- ✓ *Особливості моделювання задач аграрного сектору.*
- ✓ *Класифікація задач математичного програмування та їх характеристика.*
- ✓ *Основні умови і фактори , що враховують при моделювання задач АПК України.*
- ✓ *Особливості моделювання задач фінансового менеджменту.*
- ✓ *Модель, види моделей та теоретичні основи моделювання .*
- ✓ *Теоретичні основи формалізації економічних процесів та явищ.*
- ✓ *Система моделей при дослідженні економічних процесів у рослинництві.*
- ✓ *Система моделей при дослідженні економічних процесів у тваринництві.*
- ✓ *Сутність моделювання динаміки економічних процесів.*
- ✓ *Основні поняття та коло задач, що розглядає теорія ігор.*
- ✓ *Основні поняття стохастичного моделювання економічних систем.*
- ✓ *Логіка імітаційного моделювання.*
- ✓ *Основні ознаки економіко-математичних моделей.*
- ✓ *Економіко-математична модель оптимізації обороту стада худоби.*
- ✓ *Економіко-математична модель оптимізації раціонів годівлі певних видів сільськогосподарських тварин.*
- ✓ *Економіко-математична модель оптимізації структури посівних площ.*
- ✓ *Економіко-математична модель оптимізації використання фондів мінеральних добрив.*
- ✓ *Система економіко-математичних моделей при дослідженні виробничих процесів в агросфері.*
- ✓ *Економіко-математична модель оптимізації розподілу мінеральних добрив.*
- ✓ *Постановка та модель задачі оптимізації кормових раціонів годівлі.*
- ✓ *Економіко-математична модель оптимізації структури посівних площ.*
- ✓ *Специфічні особливості моделювання рільництва та технологій в тваринництві.*

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Використовуючи EXCEL («Поиск решения») сформулювати матрицю та розв'язати задачу оптимального використання ресурсів за критерієм максимізації загального прибутку.

Ресурси сировини, норми їх затрат на одиницю продукції і ціна подані у відповідній таблиці. У кожній задачі необхідно визначити:

- План випуску продукції при умові максимізації виручки від її реалізації.
- Цінність кожного ресурсу і його пріоритет при розв'язку задачі збільшення запасу ресурсів.
- Виробництво якої продукції нерентабельне?
- На скільки збільшити вартість продукції при примусовому виробництві нерентабельної продукції?
- На скільки можна знизити запас кожного ресурсу, щоб це не призвело до зменшення прибутку.
- Дослідити доцільність включення в план виробництва товару *Д* з певною ціною та рівнем витрат ресурсів на його виробництво.

Для виготовлення чотирьох видів продукції використовується три види сировини. Дані по технології виробництва наведені в таблиці:

Вид сировини	Норми витрат сировини на одиницю товару					Ресурс сировини
	А	Б	В	Г	Д	
ВАРІАНТ 1						
1	1	2	1	3	2	18
2	1	1	2	1	2	30
3	1	3	3	2	2	40
Ціна товару	12	7	18	10	10	–
ВАРІАНТ 2						
1	1	2	2	3	2	180
2	2	2	2	5	4	210
3	4	4	4	2	1	800
Ціна товару	9	6	4	17	12	–
ВАРІАНТ 3						
1	2	1	6	2	1	180
2	2	5	2	8	2	210
3	1	6	7	3	2	255
Ціна товару	19	16	14	17	12	–
ВАРІАНТ 4						
1	5	7	4	6	4	200
2	8	5	2	5	4	290
3	6	6	12	2	4	400
Ціна товару	12	12	14	17	12	–
ВАРІАНТ 5						
1	1	2	2	2	2	120
2	1	2	2	5	2	310
3	4	4	8	2	2	200

Ціна товару	19	16	14	17	12	–
ВАРІАНТ 6						
1	7	2	2	5	2	380
2	2	7	2	5	4	555
3	4	4	5	2	5	458
Ціна товару	13	16	14	17	12	–
ВАРІАНТ 7						
1	1	2	1	6	2	28
2	1	1	2	1	2	50
3	1	3	3	2	2	60
Ціна товару	12	7	18	10	10	–
ВАРІАНТ 8						
1	1	2	1	5	2	48
2	1	4	8	2	4	90
3	5	3	3	2	2	80
Ціна товару	11	7	15	9	12	–
ВАРІАНТ 9						
1	8	5	3	2	2	118
2	3	1	2	1	2	310
3	9	3	9	7	2	480
Ціна товару	22	17	25	19	15	–
ВАРІАНТ 10						
1	1	2	1	6	2	18
2	2	3	2	1	2	30
3	1	3	3	5	2	40
Ціна товару	12	7	18	10	10	–
ВАРІАНТ 11						
1	4	2	1	3	2	258
2	1	1	1	4	3	430
3	2	6	3	2	4	560
Ціна товару	19	17	15	18	19	–
ВАРІАНТ 12						
1	2	2	2	5	2	245
2	1	4	6	1	2	367
3	5	7	3	9	2	125
Ціна товару	14	17	12	17	15	–
ВАРІАНТ 13						
1	8	5	3	3	6	120
2	3	1	2	1	1	310
3	2	4	2	1	2	680
Ціна товару	22	17	25	19	19	–
ВАРІАНТ 14						
1	1	2	1	6	2	19

2	4	4	2	1	5	30
3	1	3	6	5	12	60
Ціна товару	12	7	18	10	10	–
ВАРІАНТ 15						
1	1	2	1	3	2	25
2	2	4	2	4	2	30
3	1	3	2	2	2	40
Ціна товару	12	7	18	10	10	–
ВАРІАНТ 16						
1	8	5	3	2	3	125
2	3	4	2	2	3	320
3	9	3	2	7	2	450
Ціна товару	22	17	25	19	27	–
ВАРІАНТ 17						
1	2	5	3	9	4	250
2	8	5	2	7	3	250
3	6	4	12	2	7	450
Ціна товару	12	12	14	17	19	–
ВАРІАНТ 18						
1	2	7	4	4	2	200
2	8	2	2	5	7	290
3	6	6	12	9	3	400
Ціна товару	12	12	14	17	15	–
ВАРІАНТ 19						
1	2	1	6	2	1	150
2	2	4	4	2	2	210
3	4	6	2	3	2	205
Ціна товару	19	16	14	17	15	–
ВАРІАНТ 20						
1	2	2	3	7	2	255
2	1	4	6	1	5	307
3	5	9	3	9	2	150
Ціна товару	14	17	12	17	15	–

2. Формалізувати економічні умови, побудувати економіко-математичну модель, реалізувати її в середовищі EXCEL та ОБГРУНТУВАТИ ВЛАСНІ ВИСНОВКИ Й ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Задача 1. Нехай фермер прийняв рішення вирощувати озиму пшеницю і цукровий буряк на площі 20 га, відвівши під цукровий буряк не менш як 5 га. Техніко-економічні показники вирощування цих культур наведені в таблиці:

№ п/п	Техніко-економічний показник із розрахунку на 1 га	Сільськогосподарська культура		Наявний ресурс
		Озима пшениця	Цукровий бурак	
1	Жива праця, людино-днів	5	25	270
2	Механізована праця, людино-днів	2	8	80
3	Прибуток, тис.грн.	0,7	1	

Критерієм оптимальності є максимізація прибутку.

Задача 2. Невелика птахоферма має розрахувати оптимальну кормову суміш для 1000 курчат, яких вирощують до 8-тижневого віку. Нехтуючи тим, що тижневі витрати кормів для курчат залежать від їхнього віку, вважатимемо, що в середньому за 8 тижнів витрати кормів на 1 голову становитимуть 500 г. Кормова суміш має задовольняти певні вимоги щодо поживності. Сформулюємо ці вимоги у спрощеному вигляді, ураховуючи лише дві поживні речовини: білок і клітковину, що містяться у кормах двох видів — зерні та соєвих бобах. Вміст поживних речовин у кожному кормі та їх вартість задано таблицею:

Корм	Вміст поживних речовин, %		Вартість 1 кг корму, у.о.
	Білок	Клітковина	
Зерно	10	2	0,40
Соєві боби	50	8	0,90

Готова кормова суміш має містити не менш як 20 % білка і не більш як 5 % клітковини. Визначити масу кожного з двох видів кормів, що утворюють кормову суміш мінімальної вартості, задовольняючи вимоги до загальних витрат кормової суміші та її поживності.

Задача 3. Невелике сільськогосподарське підприємство спеціалізується на вирощуванні овочів, зокрема капусти та томатів, використовуючи для цього мінеральні добрива (фосфорні та калійні). Норми внесення мінеральних добрив під кожен культуру та запас добрив у господарстві наведено в таблиці:

Мінеральні добрива	Норма внесення добрив, кг діючої речовини /га		Запас добрив, кг діючої речовини
	капуста	томати	
Фосфорні	150	200	6000
Калійні	220	130	9000

Під вирощування овочів відведено земельну ділянку площею 20 га. Очікуваний прибуток господарства від реалізації 1 ц капусти становить 10 гр. од., а 1 ц томатів — 20 гр. од. Середня врожайність капусти в господарстві становить 300 ц/га, а томатів — 200 ц/га.

Визначити такий варіант поєднання культур, який максимізує прибуток господарства за умови, що витрати мінеральних добрив не перевищують запасу.

Задача 4. Фірма виготовляє два види продукції А та В, використовуючи для цього два види сировини, добовий запас якої має не перевищувати відповідно 210 та 240 ум. од. Витрати сировини для виготовлення одиниці продукції кожного виду подано таблицею:

Сировина	Норма витрат сировини, ум. од., для виготовлення продукції	
	А	В
1	2	5
2	3	4

Відділ збуту фірми вважає, що виробництво продукції В має становити не більш як 65 % загального обсягу реалізації продукції обох видів. Ціна одиниці продукції А та В дорівнює відповідно 10 та 40 гр.од.

Визначити оптимальний план виробництва продукції, який максимізує дохід фірми.

Задача 5. Фірма виготовляє деталі до автомобілів, ринок збуту яких практично необмежений. Будь-яка деталь має пройти послідовну обробку на трьох верстатах, час використання кожного з яких становить 10 год/добу. Тривалість обробки однієї деталі на кожному верстаті наведено в таблиці:

Деталь	Тривалість обробки деталі, хв., за верстатами		
	1	2	3
А	10	6	8
В	5	20	15

Прибуток від оптової реалізації однієї деталі кожного виду становить відповідно 20 та 30 гр.од.

Визначити оптимальні добові обсяги виробництва деталей кожного виду, що максимізують прибуток фірми.

Задача 6. Підприємство виготовляє письмові столи типів А та В. Для одного столу типу А необхідно 2 м^2 деревної плити, а для столу типу В — 3 м^2 . Підприємство може отримати до 1200 м^2 деревної плити за тиждень. Для виготовлення одного столу типу А потрібно 12 хв. роботи обладнання, а для моделі В — 30 хв. Обладнання може використовуватися 160 год. на тиждень. Оцінено, що за тиждень може бути реалізовано до 550 столів.

Відомо, що прибуток від реалізації одного письмового столу типу А становить 30 гр. од., а типу В — 40 гр. од. Скільки столів кожного типу необхідно виготовляти за тиждень?

Задача 7. Підприємство електронної промисловості виготовляє дві моделі радіоприймачів, причому кожна модель складається на окремій технологічній лінії. Добовий обсяг виробництва першої лінії становить

60, а другої – 70 од. На один радіоприймач першої моделі витрачається 10 однотипних елементів електронних схем, а на радіоприймач другої моделі – 8. Максимальний добовий запас елементів, що використовуються у виробництві, становить 1000 од. Прибуток від реалізації одного радіоприймача першої та другої моделі дорівнює відповідно 35 та 25 гр. од. Визначити оптимальні обсяги виробництва радіоприймачів обох моделей.

3. Економіко-математичне моделювання в галузі тваринництва

Використовуючи Excel (*поиск решения*)

сформувати матрицю та розв'язати задачу оптимізації добового кормового раціону годівлі для сільськогосподарських тварин

Варіанти завдань та інформаційне забезпечення задачі наведено в таблицях:

1. Вибір варіанта складання раціону годівлі:

Номера кормів у таблиці 3	Жива маса корови, та добовий надій молока, кг						
	400-450				450-550		
	15	25	26	28	26	28	30
1,2,3,5,6,7,8,9,10,11	1	2	3	4	5	6	7
2,3,4,5,6,7,9,11,12	8	9	10	11	12	13	14
3,4,5,6,8,9,10,11,12	15	16	17	18	19	20	21
1,3,5,6,7,8,9,10,11,12	22	23	24	25	26	27	28
1,4,5,6,8,9,10,11,12	29	30	31	32	33	34	35

Зауваження до складання раціону:

- вартість кормів можна взяти довільно;
- солома в кожному раціоні не повинна перевищувати 30 % від маси грубих кормів;

2. Зоотехнічні оцінки раціону годівлі дійних корів

Жива маса корови, кг	Добо- вий надій молока, кг	Границі вмісту кормів, % від загальної поживності			Зоотехнічна оцінка					
		концентро- вані	Грубі	соковиті	кормові одиниці, кг	пере- травний протеїн, г	суха речо- вина, кг	фосфор, г	кальцій,г	каротин, мг
400-450	15	15-35	15-30	25-35	13,2	1400	13,5	65	85	400-500
	25	15-40	15-30	25-37	13,4	1420	13,7			420-520
	26	15-40	15-32	25-35	13,7	1450	13,8			450-530
	28	15-40	15-35	25-40	14,1	1500	13,9			450-550
450-550	26	20-40	15-30	20-45	14,3	1520	14,0	70	90	470-550
	28	22-40	20-35	25-45	14,8	1580	14,1			500-580
	30	25-40	20-40	25-45	15,0	1590	14,1			520-600

3. Поживна цінність та вартість кормів

Групи та види кормів / їх вартість, у.гр.од./	Міститься в 1 кг кормів					
	кормові одиниці, кг	перетравний протеїн, г	суха речовина, кг	фосфор, г	кальцій, г	каротин, мг
Концентровані корми:						
1.Ячмінь /3,5/	1,13	80	0,87	1,2	3,3	1
2.Овес / 4,0/	1,00	85	0,87	1,7	3,3	0
3.Горох /4,2/	1,17	195	0,87	1,7	4,2	1
4.Зерновідходи /3,6/	1,17	108	0,87	1,3	3,8	1
5.Комбікорм /12,0/	1,15	157	0,90	4,6	8,1	300
Грубі корми:						
6.Солома /0,5/	0,20	5	0,85	2,8	0,9	3
7.Сінаж /2,8/	0,35	34	0,56	7,5	1,0	40
8.Сіно багаторічних трав /2,5/	0,42	48	0,84	7,1	2,2	15
9.Трав'яне борошно /9,8/	0,76	124	0,89	12,8	2,2	200
Соковиті корми:						
10.Буряк кормовий /6,9/	0,12	10	0,16	0,4	0,4	0
11.Силос кукурудзяний /1,9/	0,20	18	0,25	1,8	0,6	22
12.Жом /3,5/	0,12	6	0,27	0,4	0,1	0

4. На основі матриці задачі отримати оптимальний план та проаналізувати його.

Матриця задачі для визначення оптимального розподілу добового запасу кормів (у розрахунку на 1 гол. в кг)

№ п.п.	Обмеження	Од. виміру	Корови			Свині		Вівці			Об'єм та види обмежень
			конц. корми	грубі	соковиті	конц. корми	соковиті	конц. корми	грубі	соковиті	
			<i>x1</i>	<i>x2</i>	<i>x3</i>	<i>x4</i>	<i>x5</i>	<i>x6</i>	<i>x7</i>	<i>x8</i>	
1	Концентровані корми	Кг	1			1		1			$\leq 5,7$
2	Грубі корми	-//-		1					1		$\leq 8,0$
3	Соковиті корми	-//-			1		1			1	$\leq 42,0$
4	Кормові одиниці	-//-	1,1	0,4	0,15						$\geq 11,0$
5	Перетравний протеїн	г	980,0	70,0	12,0						$\geq 1100,0$
6	Грубі корми	кг		1							$\geq 6,0$
7	Соковиті корми	-//-			1						$\geq 30,0$
8	Кормові одиниці	-//-				1,1	0,15				$\geq 4,0$
9	Концентровані корми	-//-				1					$\leq 3,0$
10	Соковиті корми	-//-					1				$\leq 8,0$
11	Кормові одиниці	-//-						1,1	0,4	0,15	$\geq 1,2$
12	Концентровані корми	-//-						1			$\geq 0,1$
13	Грубі корми	-//-							1		$\geq 1,5$
14	Соковиті корми	-//								1	$\geq 3,0$
15	Z- затрати на корми	ум.од.	5,0	2,1	1,0	5,0	1,0	5,0	2,1	0,1	min

5. Економіко-математичне моделювання в рослинництві:

На основі матриці задачі отримати оптимальний план та проаналізувати його.

Матриця економіко-математичної задачі оптимального розміщення виробництва в регіоні

Обмеження	1 господарство				2 господарство				3 господарство				Обсяг та види обмежень
	зернові, га	картопля, га	овочі, га	ВРХ, гол.	зернові, га	картопля, га	овочі, га	ВРХ, гол.	зернові, га	картопля, га	овочі, га	ВРХ, гол.	
	$x1$	$x2$	$x3$	$x4$	$x5$	$x6$	$x7$	$x8$	$x9$	$x10$	$x11$	$x12$	
Рілля 1-го господарства, га	1	1	1										≤ 2000
Затрати праці для 1-го господарства, л-год.	40	50	60	10 0									≤ 600000
Рілля 2-го господарства, га						1	1						≤ 3000
Затрати праці для 2-го господарства, л-год.					45	55	70	90					≤ 500000
Рілля 3-го господарства, га									1	1	1		≤ 4000
Затрати праці для 3-го господарства, л-год.									35	60	65	85	≤ 800000
Концентровані корми, ц к.од.	-5			10	-7			9	-4			8	≤ 0
Поголів'я ВРХ, гол				1				1				1	≥ 3000
Картопля, ц		150				120				100			≥ 200000
Овочі, ц			250				350				300		≥ 300000
Чистий дохід, у.од.	180	200	160	70	140	170	120	90	220	180	140	120	max

6.1. Управління якістю продукції

Незважаючи на те, що на сьогоднішній день відсутня науково обґрунтована систематизація у визначенні основних стадій розвитку питань у галузі якості, більшість фахівців виділяють чотири основних етапи форм і методів робіт з якості.

Перший етап датується початком минулого століття і пов'язаний з становленням системи управління Ф. Тейлора (1905 р.), який є засновником сучасної теорії управління якістю.

Система Тейлора базується на трьох основних принципах: нормування вимог до якості виробів у вигляді полів допуску; контроль виконання встановлених вимог; система мотивації, яка передбачає штрафи за дефект, а також звільнення.

По суті система Тейлора є системою управління якістю кожного конкретного виробу. Але виробництво - це процес, а для підвищення ефективності виробничих процесів і якості продукції необхідно керувати цими процесами.

Другий етап датується 1930 - 1950 роками і називається управлінням якістю. На даному етапі основна увага приділяється системам управління, випробуванням продукції і управління документацією з метою досягнення керованості процесами і усунення невідповідності вимогам.

Особливо слід відзначити використання статистичних методів контролю якості, започатковані Шухардом, який у 30-х роках запропонував контрольні карти і таблиці вибіркового контролю.

Запровадження статистичних методів управління якістю продукції привело до значного підвищення ефективності виробництва з дотриманням високої якості товарів та послуг.

Третій етап - забезпечення якості або загальне управління якістю датується 1950 - 1970 роками. Незважаючи на те, що у різних джерелах багатьма вченими він називається по-різному, але всіма авторами даний етап характеризується як початок системного і комплексного підходу до управління якістю.

На даному етапі управління якістю починає функціонувати на стадії проектування, запроваджуються контроль і оцінка надійності обладнання при експлуатації і його технічного обслуговуванні.

У другій половині восьмидесятих років на основі узагальнення міжнародного досвіду у галузі забезпечення якості і британських стандартів (BS 5750) були розроблені і прийняті міжнародні спеціальні

вимоги до системи менеджменту якості - стандарти міжнародної організації по стандартизації (ІСО) серії 9000 і 10000.

Недоліком цього етапу було те, що мало уваги приділялось тим сферам діяльності підприємств, які не були безпосередньо пов'язані з продукцією на стадіях розробки.

Четвертий етап називається загальним менеджментом якості і починається з 1980 років. На цьому етапі розвитку були подолані всі недоліки завдяки концепції загального менеджменту якості. Підприємство, яке орієнтується на загальну якість процесів, має чітке уявлення про першочерговість значення вимог споживачів і необхідність їх задоволення для покращення стану підприємства на ринку, про те, що якість повинна охоплювати всі сфери діяльності і не обмежуватись якістю виробленої продукції. Загальний менеджмент якості повинен охоплювати такі сфери, як навколишнє середовище, безпека і охорона здоров'я.

Відокремлення якості екології в окремий етап пов'язаний з посиленням впливу суспільства на діяльність організацій з метою екологічного контролю процесів виробництва, тобто запобігання нанесення шкоди навколишньому середовищу. Посилюється вплив гуманістичної складової якості. Суттєво зростає увага керівників підприємств до задоволення потреб персоналу, тобто якість стає глобальним і всеохоплюючим розумінням і основою розвитку сучасного бізнесу.

Підвищення якості продукції відіграє основну роль для підприємства, споживача і економіки в цілому. Від результатів у галузі якості зараз залежить те, чи зможуть підприємства України і економіки в цілому інтегруватись у світове господарство, як буде оцінена країна світовим співтовариством у ролі повноправного партнера чи сировинного придатку.

Управління якістю - напрями діяльності функції загального управління, які визначають політику в галузі якості, мету і відповідальність, а також здійснюють їх за допомогою таких засобів, як планування якості, керування якістю, забезпечення якості та поліпшення якості в межах системи якості. Таке розуміння управління якістю містить у собі такі три елементи: суб'єкт управління (хто впливає), об'єкт управління (на що направлений вплив) і сам механізм впливу.

Управління якістю, як і будь-який процес управління, здійснюється шляхом реалізації управлінських функцій. У різних джерелах наводиться такий склад функцій: планування, мотивація, організація, контроль, оцінка, інформація, розробка заходів, прийняття рішень і впровадження заходів.

Цей процес повинен охоплювати всі етапи виробництва і може бути представлений у вигляді „петлі якості”. „Петля якості” включає: вивчення ринку (вивчення попиту і перспектив його розвитку); науково-

дослідну роботу і проектування; придбання матеріалів і комплектуючих; планування і розробку технологічних процесів; виробництво; контроль; випробовування і аналіз; пакування і зберігання; збут і сферу обслуговування; монтаж і наладку; технічну допомогу і обслуговування; утилізацію.

На якість продукції впливає значна кількість факторів, які діють як самостійно, так і у взаємозв'язку між собою. Всі ці фактори об'єднані в чотири групи: технічні, організаційні, економічні і суб'єктивні.

До технічних факторів належать: конструкція, схема послідовного зв'язку елементів, система резервування, схемні вирішення, технологія виготовлення, засоби технічного обслуговування і ремонту, технічний рівень бази проектування, виготовлення, експлуатація.

До організаційних факторів належать: розподіл праці і спеціалізація, форми організації виробничих процесів, ритмічність виробництва, форми і методи контролю, форми і способи транспортування, зберігання, технічного обслуговування, ремонту тощо.

До економічних факторів належать: ціна, собівартість, форми і рівень заробітної плати, рівень затрат на технічне обслуговування і ремонт, ступінь підвищення продуктивності суспільної праці тощо.

До суб'єктивних факторів відносяться такі, як професійна підготовка, фізіологічні і емоційні особливості персоналу. У міжнародному стандарті з термінології (ISO 8402) вказані два аспекти управління якістю на рівні підприємства: „загальне ” керівництво якістю і оперативне керівництво якістю. „Загальне ” керівництво якістю включає: політику і планування якості, організацію робіт з якості, навчання і мотивацію персоналу, прийняття стратегічних рішень взаємодію із зовнішнім середовищем.

Оперативне управління якістю включає: контроль якості, інформацію про якість, розробку заходів, прийняття оперативних рішень, реалізацію заходів. Управління якістю - це не ізольований вид діяльності відділу технічного контролю. Для ефективного функціонування цей процес повинен охоплювати маркетинг, проектно-конструкторські розробки, технологію, виробництво, транспортування тощо.

Постійне підвищення вимог до якості сприяло розвитку управління якістю і впровадження на кращих підприємствах розвинутих країн „тотального ” управління якістю, коли воно стає основою для організації всіх напрямів діяльності підприємства.

Проблема якості постійно знаходиться у фокусі економічних інтересів держави, суспільства і пересічних громадян. Сьогодні більшість покупців розглядають якість як головний чинник вибору товару порівняно з її ціною та іншими критеріями. Світова економіка у новому тисячолітті опинилась в абсолютно новому бізнесовому

середовищі, яке характеризується глобалізацією і технологічним прогресом.

Управління якістю продукції розвивалося в такій історичній послідовності: контроль якості продукції; оцінка якості продукції; управління якістю продукції; взаємозв'язок безпосереднього управління якістю продукції з факторами, що його забезпечують (державна система стандартизації, гармонізація з міжнародними стандартами тощо).

Технічний контроль якості є основою будь-якого способу управління якістю, як у межах країни, так і в світовому масштабі, і відповідає за відповідність об'єкта контролю встановленим технічним вимогам.

Організація контролю якості - це система технічних і адміністративних заходів, спрямованих на забезпечення виробництва продукції, яка б відповідала вимогам нормативних документів.

Контроль якості проводить перевірку відповідності кількісних або якісних характеристик продукції або процесу, від якого залежить якість продукції, встановленим технічним вимогам. Основним завданням контролю є отримання інформації про стан об'єкта контролю і зіставлення отриманих результатів з встановленими вимогами, які зафіксовані у стандартах, технічних умовах, угодах та інших документах.

Види технічного контролю класифікуються таким чином:

1. Залежно від об'єкта контролю (контроль якості продукції, товарної і супроводжувальної документації, технологічного процесу, засобів технічного оснащення, технологічної дисципліни, кваліфікації виконавців, дотримання умов експлуатації).

2. За повнотою контролю (повний, вибірковий, безперервний, періодичний).

3. За етапом процесу виробництва (вхідний, оперативний, приймальний).

4. Залежно від рівня використання технічних засобів (ручний, механізований, автоматизовані системи, автоматичні системи, активний контроль).

5. За структурою організації (самоконтроль, одноступеневий (контроль виконавця та приймання відділу технічного контролю), багатоступеневий (контроль виконавця, оперативний контроль, спеціальний і приймальний)).

6. За впливом на можливість наступного використання продукції (руйнуючий, неруйнуючий).

Контроль якості продукції на підприємстві здійснюють виробники продукції і майстри виробництва; працівники відділу технічного контролю; працівники, переведені на самоконтроль, представники замовника продукції на підприємстві, якщо це обговорено в угоді на постачання.

Великі підприємства мають можливість мати у своєму складі підрозділи, які займаються випробуваннями на надійність, контролем матеріалу, стендовим відпрацюванням і перевіркою макетів дослідних зразків продукції.

Важливим є також контроль виробів, що закупаються для технологічного циклу, оперативний і контроль готової продукції. Малі та середні підприємства користуються послугами спеціалізованих консультаційних організацій.

Для успішного вирішення проблеми якості необхідно готувати програми і організовувати навчання та підвищення кваліфікації кадрів, забезпечити мотивацію і стимулювання персоналу. Функціонування контролю якості неможливе без метрологічного забезпечення виробництва. У зв'язку з цим метрологічна діяльність традиційно розглядається як одна з складових частин в управлінні якістю. При цьому, метрологічна служба повинна забезпечити виробництво необхідним обладнанням для вимірювань та проводити їх періодичну перевірку і калібровку для забезпечення потрібної точності вимірювань.

Науковою основою сучасного технічного контролю стали математико-статистичні методи. За даними В. І. Гіссіна функція контролю здійснюється математико-статистичними методами і економіко-математичними, на основі яких здійснюється контроль продукції, її вибракування, налагодження обладнання.

Статистичне регулювання процесів забезпечує системний підхід до оптимізації процесів і дозволяє: мінімізувати витрати; позбутися суб'єктивності прийняття рішень; знизити мінливість процесів; визначити час досягнення досконалості. Водночас регулювання процесів з використанням статистичних методів не може замінити: інженерного проектування і наукових розробок; прийняття рішень; методів проектування, аналізу і управління. Для забезпечення ефективності контролю, окрім застосування конкретних методів, необхідно також мати на увазі два загальних правила. По-перше, контроль повинен охоплювати всі етапи роботи: від дослідження і проектування до проведення випробувань готових виробів і нагляд за їх експлуатацією. По-друге, основний обсяг контролю повинен здійснюватись у вигляді самоконтролю, коли виконавці робіт зацікавлені контролювати себе самі і самі ж можуть усунути встановлені дефекти. При цьому повинен діяти незалежний контроль для проведення інспектування, випробувань і перевірки готової продукції. Скорочення відділу технічного контролю може здійснюватись тільки при ефективному функціонуванні самоконтролю.

Якість з точки зору споживачів і виробників поняття взаємопов'язані і проявляються в процесі використання. Потреба в оцінці якості продукції обумовлена появою масового виробництва. Цей процес можна розділити на три стадії. Перша - якість продукції

залежала від майстерності працівника, його фізичної досконалості. Виготовлення і споживання продукції не було розділено, тому в цей час не було потреби в оцінці якості. Друга - стадія машинного виробництва, посилення розподілу праці, розвиток товарних відносин, виробництво продукції для невідомого споживача і у масовій кількості. На цій стадії виникає необхідність в отриманні об'єктивної оцінки якості продукції. Третя - це стадія автоматизованого виробництва. Продукція стає дедалі складнішою, збільшується асортимент зі схожим призначенням, скорочується період зміни моделей і удосконалення продукції, підвищується ризик неточної оцінки і важливість правильного оцінювання якості продукції.

На стадіях розвитку існувало багато видів оцінок для визначення якості продукції: відповідність якості продукції діючій нормативній документації; оцінка на передвиробничій стадії при прийнятті рішення про впровадження у виробництво; атестація продукції за категоріями якості; сортування; сертифікація продукції; оцінка за результатами випробувань дослідних зразків; оцінка економічності продукції з точки зору витрат ресурсів за собівартістю, цінами, сумарними витратами на виготовлення і експлуатацію; оцінка якості продукції торговельними структурами для експорту і внутрішніх потреб; оцінка державними органами контролю.

Наявність великої кількості видів оцінок свідчить про таке: по-перше, оцінка якості є складним завданням; по-друге, було визнано, що раніше були відсутні достатньо об'єктивні методи за кількісною оцінкою якості, які б були враховані всіма споживачами. Такий стан привів до розширення наукових досліджень з проблеми оцінки якості продукції і виникнення наукового спрямування, пов'язаного з кількісною оцінкою, такого як кваліметрія.

Кваліметрія - наука про способи вимірювання і кількісної оцінки якості продукції і послуг. Кваліметрія дозволяє давати кількісні оцінки якісним характеристикам товару, і виходить з того, що якість залежить від багатьох властивостей продукту, що розглядається. Для того щоб оцінити якість продукту, недостатньо даних про властивості, потрібно враховувати і умови, в яких продукт буде використовуватись.

Метою вимірювання якості у кваліметрії полягає у наступному: для кожного виду продукту враховуються свої специфічні якості, зафіксовані у стандартах і діючих технічних умовах. Якість характеризується певним техніко-економічним параметром; вибирається еталон якості; досягнута якість порівнюється з еталоном. Таким чином, якість може відповідати еталону, бути вищою або нижчою у порівнянні з еталоном.

Також важливими властивостями для оцінки якості є: технічний рівень, який відображає матеріалізацію в продукції науково-технічних досягнень; естетичний рівень; експлуатаційний рівень, пов'язаний з

технічною стороною використання продукції; технічна якість, яка передбачає гармонійне поєднання очікуваних і фактичних споживчих властивостей в експлуатації виробів.

Переважає більшість сучасного світового виробництва представлена виробництвом товарів. Тому той чи інший вид продукту містить у собі, як споживчу вартість, так і вартість. На межі менеджменту, маркетингу та логістики формується система управління підприємством, яка отримала назву бенчмаркінгу. Бенчмаркінг є одним з перспективних засобів прийняття рішень при керуванні підприємствами, що систематично зіставляє елементи власної діяльності з кращими аналогами, з метою взаємного удосконалення.

Бенчмаркінг, або еталонне тестування, є вивченням і використанням кращих методів керування, а також є потужним інструментом для постійного удосконалення і покращення результатів діяльності підприємства. Для оцінки рівня якості продукції може бути запропонована така схема (рис. 6.1).

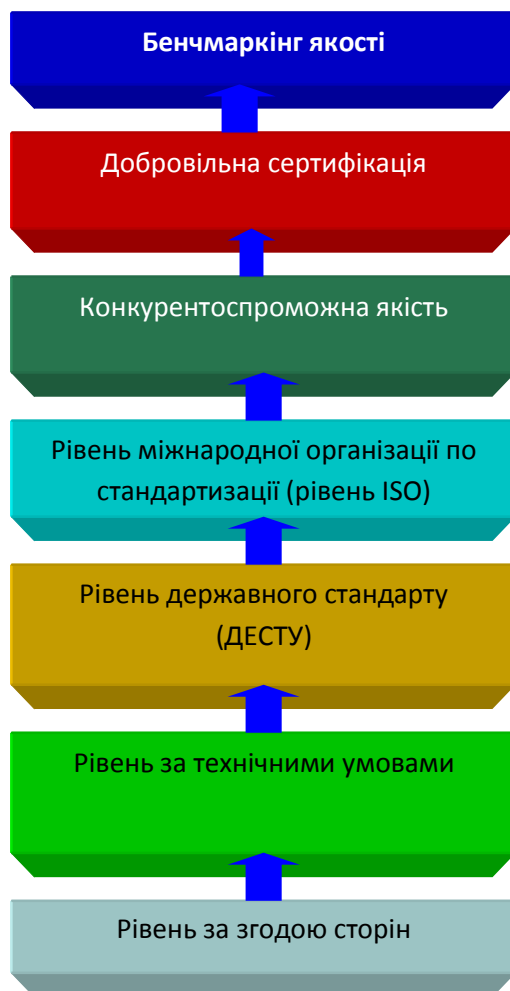


Рис. 6. 1. Схема рівнів якості.

Еталонне тестування характеризується тим, що: вивчає апробовані прийоми, які поліпшили параметри процесу на підприємстві - партнері з

еталонного тестування; досліджує принципи роботи знайдених методів; адаптує та застосовує на практиці результати еталонного тестування. Переваги нових методів керування над традиційними підтверджуються якістю, меншими витратами, конкурентоспроможністю, готовністю до швидкого реагування на зміну у поточній ситуації і до впровадження новітніх технологій.

Згідно з наведеною схемою, найвищий рівень якості - бенчмаркінг, тобто ідеальна модель даного носія. Добровільна сертифікація фіксує додаткову якість, виражає прагнення підприємства до еталонного тестування. Конкурентоспроможна якість є балансом попиту на якість з пропозицією, тобто реалізацією попиту на практиці.

Для деяких видів продукції, сировини і матеріалів рівень якості може бути нижчим за той, що вказаний в технічних умовах і державному стандарті у зв'язку з особливостями матеріалоспоживання, що має бути зафіксовано в угоді з обох сторін.

Ця система передбачає формування ідеальної моделі даного підприємства у формі встановлення найкращих значень для всіх параметрів його функціонування, у тому числі і для продукції, яку виробляють і реалізують. Важливим є і те, що бенчмаркінг передбачає не абсолютну якість, тобто якість „за будь яку ціну”, а конкурентоспроможну якість.

Відповідно до стандарту ISO 9000:2000 визначені такі основні терміни. Якість - це ступінь, з яким сукупність власних характеристик продукції, процесу або системи виконує вимоги. Для більш повного розуміння терміну „якість” необхідно докладніше роздивитися поняття, які в нього входять і визначені цим же стандартом. Продукція - це результат процесу. Існують 4-и визнані основні категорії продукції: 1. технічні засоби; 2. матеріали, що переробляються; 3. програмні засоби; 4. послуги.

Під технічними засобами і матеріалами, що переробляються, звичайно розуміють матеріальну продукцію, у той час як програмні засоби і послуги звичайно є нематеріальною продукцією. Категорії ці прийнято розуміти ширше, чим може показатися з їхньої назви. Так, під технічними засобами розуміється окрема матеріальна продукція визначеної форми, наприклад спорудження, верстати, оснастка. Матеріали, що переробляються - це матеріальна продукція, отримана шляхом переробки сировини з наданням їй потрібного стану.

Під програмними засобами розуміється інтелектуальна продукція, що складається з інформації на носіях даних (алгоритм, процедури, програми для персональних комп'ютерів та ін.). Послугами називають нематеріальну продукцію, що є результатом діяльності в площині взаємодії постачальника зі споживачем. Постачальник або споживач при взаємодії можуть бути представлені персоналом і устаткуванням. Наприклад, якщо організація здійснює обстеження виробництва на

підприємстві замовника з метою підвищення ефективності його діяльності, то в даному випадку взаємодію між постачальником (організацією, що здійснює обстеження) і споживачем (організацією, у якій проводиться обстеження) здійснює персонал постачальника. Прикладом, коли взаємодія між постачальником і споживачем може бути представлена устаткуванням, є лізинг.

Крім того, постачання або використання матеріальних видів продукції може бути частиною надання послуги. Вимоги - це потреби які встановлені, зазвичай передбачаються або є обов'язковими. Встановленою вимогою є така вимога, яка визначена, наприклад, яким-небудь документом. Вимоги можуть висуватися різними зацікавленими сторонами (споживачами, владними структурами, громадськими організаціями тощо).

Політика в галузі якості - загальні наміри і напрямки діяльності організації, офіційно сформульовані вищим керівництвом. Як правило, політика в галузі якості узгоджується з загальною політикою організації і забезпечує основу для постановки цілей в галузі якості. Цілі базуються на політиці організації в галузі якості. Вони можуть встановлюватися, як для організації, так і для її визначених рівнів і функцій. Цілі повинні переглядатися при досягненні поставлених раніше.

Керівництво з якості - документ, що визначає систему менеджменту якості організації. Керівництва з якості в різних організаціях можуть відрізнятися за формою і детальністю викладення, відповідно до розміру і складності організації.

План якості - це документ, що визначає, які процедури і відповідні ресурси ким і коли повинні застосовуватися до конкретного проекту, продукції, процесу або контракту. План якості є результатом планування якості. Він часто містить посилання на розділи керівництва з якості або документовані процедури, що звичайно мають посилання на процеси менеджменту якості і процеси виробництва продукції. Ефективне управління організацією здійснюється за допомогою системи менеджменту.

Для досягнення задоволеності споживачів якістю необхідно управляти, здійснюючи менеджмент якості. Реалізація менеджменту якості здійснюється за допомогою системи менеджменту якості. Система менеджменту - це система для розробки політики і цілей, а також досягнення цих цілей. Система менеджменту організації може включати різні системи, такі як система менеджменту якості, система менеджменту персоналу, система менеджменту фінансової діяльності тощо.

Менеджмент якості - скоординована діяльність з керівництва і управління організацією стосовно до якості. Керівництво і управління стосовно до якості звичайно включає розробку політики і цілей

планування якості, а також управління якістю, забезпечення якості і поліпшення якості.

Поліпшення якості - це частина менеджменту якості спрямована на збільшення спроможності виконати вимоги до якості. При цьому необхідно пам'ятати, що обов'язки з менеджменту якості лежать на всіх рівнях керівництва, але очолювати його повинно вище керівництво. Сучасні тенденції розвитку науки про якість такі: передбачається, що до управління якістю повинні бути залучені всі члени організації. Ця вимога стає особливо важливою на сучасному етапі при виробництві складної продукції.

У сучасній ринковій економіці на перше місце висуваються проблеми якості продукції, яку виробляють і реалізують. Якість, котра відповідає вимогам споживачів і досягненням науково-технічного прогресу, визначає конкурентоспроможність підприємства. Конкуренція змушує всіх суб'єктів економіки постійно удосконалювати якісні показники товарів і послуг, напрацьовувати оперативну і стратегічну політику у сфері якості.

Якість продукції - це технічна, товарознавча та економічна категорія. Як економічна категорія вона тісно пов'язана з споживчою вартістю. Якщо споживча вартість - це корисність товару взагалі, то якість продукції - це ступінь прояву споживчої вартості в конкретних умовах її використання.

Якість продукції, як економічна категорія тісно пов'язана і у значній мірі формує такі економічні показники роботи підприємства, як собівартість, ціна, прибуток, рентабельність тощо. Ефективність виробництва може підвищуватися навіть при скороченні обсягів реалізації, але це можливо тільки в тому випадку, якщо якість продукції зростає швидше, ніж темпи зниження обсягів виробництва і реалізації продукції. Значення підвищення якості продукції потрібно розглядати як на макро-, так і на мікрорівні.

Підвищення якості продукції на макрорівні дозволяє: підвищити експорт товарів і послуг; покращити структуру експорту; прискорити НТП; підвищити ефективність суспільного виробництва, оскільки покращення якості продукції у кінцевому результаті веде до покращення використання засобів і предметів праці, робочої сили і фінансових ресурсів; підвищити життєвий рівень населення, оскільки з покращенням якості продукції збільшується реальна заробітна плата; підняття престижу держави.

Підвищення якості продукції на мікрорівні, тобто на рівні підприємства будь-якої форми власності, є основним з показників діяльності підприємства і дає можливість сформувати імідж установи і дозволить: збільшити обсяг реалізації, а відповідно і прибутку, забезпечити конкурентоспроможність продукції, знизити ризик банкрутства і забезпечити стійкий фінансовий стан підприємства.

Позитивний імідж - це популярність, позитивне ставлення споживачів до підприємства, його товарів, послуг, товарного знаку, засобів реклами тощо. У ринкових умовах, якщо підприємство має товар високої якості, що користується постійним попитом, воно є успішним і конкурентоспроможним на ринку товарів і послуг.

Таким чином, вирішення проблеми якості продукції на підприємстві - це високий рівень іміджу серед споживачів, що дає можливість виходу не тільки на внутрішній, але й на зовнішній ринки, це основа для отримання максимального прибутку і стійкого фінансового стану.

Для визначення економічної ефективності від покращення якості продукції необхідно враховувати таке:

- для покращення якості продукції на підприємстві потрібні додаткові поточні і одноразові витрати;
- економічний ефект від покращення якості продукції отримує споживач. У даному випадку продукція реалізується і виробник збільшує прибутки. Такі обставини є вигідними і для споживачів, і для виробників, зростає загальний економічний ефект, прискорюється НТП за рахунок удосконалення якості продукції і розвитку виробництва;
- необхідно врахувати економію від зниження браку;
- підприємство при покращенні якості продукції отримує економічну вигоду від збільшення випуску і реалізації продукції, зростання ціни реалізації, збільшення експорту, зменшення браку.

Необхідна якість продукції може бути забезпечена, якщо вона має визначені властивості що можуть бути виражені відповідними характеристиками. Ці властивості можуть бути охарактеризовані показниками якості продукції.

Характеристика одного або декількох властивостей продукції; що складають її якість, розглянута стосовно до визначених умов її створення і експлуатації або споживання, називається показником якості продукції. Показники якості продукції є сукупністю параметрів якості, ознак якості і умовних характеристик. Параметри якості - це кількісні характеристики продукції, що вимірюються у фізичних одиницях (потужність, маса, вантажопідйомність). Ознаки якості визначають параметри, які не підлягають виміру (запах, колір, силует та ін.). Умовні характеристики виражають якість продукції в балах або відсотках. Умовні характеристики продукції оцінюють спеціально навчені експерти, які володіють специфічними здібностями, наприклад, дегустатори вин.

Найчастіше використовуються одиничні показники, які відображають окремі характеристики продукції (вантажопідйомність автомобіля (т), потужність двигуна (кВт), продуктивність верстата (шт./год) та ін.). Комплексним називається показник якості продукції, який відображає декілька її характеристик, наприклад, коефіцієнт

готовності технологічного устаткування, що характеризує його показники безвідмовності і ремонтпридатності.

Найбільш загальним комплексним показником є інтегральний показник якості продукції. Він визначається як відношення сумарного корисного ефекту від експлуатації або споживання продукції (ε) до сумарних витрат на її створення ($B_{ств}$) і експлуатацію або використання (B_e), тобто:

$$I_{ня} = \frac{\varepsilon}{B_{ств} + B_e} \quad (6.1.)$$

Сумарний корисний ефект від експлуатації або споживання продукції може бути виражений як у натуральній формі, наприклад, пробіг вантажного автомобіля в тонно-кілометрах, так і в грошовому вираженні - зниження собівартості продукції в результаті впровадження рекомендацій щодо реорганізації апарата управління підприємством.

Сумарні витрати на створення продукції включають витрати на розробку, виготовлення, іспити та ін., а сумарні витрати на експлуатацію складаються з витрат на технічне обслуговування, ремонт, електроенергію, горюче мастильні матеріали та ін.

При визначенні рівня якості різної продукції використовується поняття базового показника, тобто значення показника якості продукції, прийняте за основу при порівняльній оцінці. У якості базових застосовуються показники якості кращих зразків продукції, що є на ринку.

Показники якості продукції об'єднують у такі групи. Показники призначення характеризують основні функції, для виконання яких призначена продукція, а також визначають область її використання. Ці показники можна розділити на такі підгрупи:

класифікаційні показники - характеризують належність продукції до визначеного класифікаційного угруповання. До них відносять, наприклад, потужність електродвигуна, ємність ковша екскаватора, характер послуги, що надається, і т.д.; функціональні - характеризують корисний ефект від експлуатації споживання продукції (продуктивність верстата, калорійність продуктів); конструктивні - характеризують основні проектно-конструкторські рішення, зручність монтажу, взаємозамінність (габаритні розміри, наявність додаткових пристроїв); показники складу і структури - характеризують склад структурних груп у продукції (концентрація домішок у розчині, частка сірки у вугіллі і коксі).

Показники надійності - характеризують властивості об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, які характеризують спроможність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах використання, , технічного обслуговування,

збереження і транспортування. Показники надійності цікаві тим, що вони єдині з усіх показників якості продукції описують зберігання показників якості в часі. Надійність сама по собі є складною властивістю продукції і характеризується значною кількістю одиничних і комплексних показників. Показники надійності об'єднують у групи, які характеризують продукцію з точки зору: безвідмовності - тобто властивості об'єкта безупинно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або деякого наробітку (інтенсивність відмов, середній наробіток та ін.); довговічності - тобто властивості об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонтів (термін служби, ресурс); ремонтоздатності - тобто властивості об'єкта, що полягає в пристосуванні до попередження і виявлення причин виникнення відмов і відновлення працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів (середній час ремонту та ін.); збереженості - тобто властивості об'єкта зберігати значення показників безвідмовності, довговічності і ремонтоздатності протягом і після збереження і транспортування (середній термін збереження).

Збереженість об'єкту характеризує його спроможність протистояти негативному впливу умов і тривалості збереження і транспортування на його безвідмовність, довговічність і ремонтоздатність.

Надійність - загальна властивість. Воно характеризує промислову продукцію, соціальні й економічні системи, банківську справу, управлінські структури, інформаційні системи, системи транспорту і комунікацій.

Показники ощадливого використання сировини, матеріалів, палива й енергії характеризують властивості продукції, що відбивають її технічну досконалість за рівнем або ступенем споживаної сировини, матеріалів, палива, енергії (питома витрата основних видів сировини, матеріалів, палива, енергії на одиницю основного показника якості; коефіцієнт корисної дії).

Ергономічні показники характеризують зручність і комфорт використання продукції в системі «людина - машина - середовище використання» (рівень шуму, освітленість, вологість). Розвиток і ускладнення продукції вимагають оптимального узгодження її конструкції і форми з характеристиками людини. Так, виникла наука ергономіка, що займається комплексним вивченням і проектуванням трудової діяльності для оптимізації продукції, умов і процесів праці. Під середовищем використання розуміють простір, у якому людина здійснює функціональну діяльність, наприклад, приміщення офісу, цеху, кабіна тепловозу.

Розрізняють такі ергономічні показники: гігієнічні, які характеризують відповідність продукції і середовища використання вимогам санітарії і гігієни: рівень освітленості або шуму, вологість,

температура; антропометричні, які характеризують відповідність продукції і її елементів формі і розмірам людського тіла і його частин. Вони враховують раціональну і зручну робочу позу, правильну поставу, відповідність розташування і розмірів органів управління розмірам рук споживача; фізіологічні, які характеризують відповідність продукції силовим, руховим та іншим фізіологічним можливостям споживача (наприклад, зусилля на важелях і педалях, маса переносних елементів продукції та ін.); психофізіологічні, які характеризують відповідність продукції особливостям органів почуттів споживача, тобто колір і яскравість світлових сигналів, сила і колір звукових сигналів.

Естетичні показники характеризують зовнішній вигляд продукції і відношення споживача до нього, тобто дизайн, силует, раціональність форм. Оцінка естетичних показників якості конкретних зразків продукції проводиться експертною комісією. У якості критерію естетичної оцінки приймається ранжируваний (еталонний) ряд продукції аналогічного класу і призначення, що складається експертами на основі базових зразків. Показники технологічності характеризують пристосованість продукції до досягнення оптимальних витрат при її створенні, експлуатації і ремонті. До показників технологічності відносяться; питома трудомісткість виготовлення продукції; питома енергоємність продукції, питома матеріалоємність продукції; витрати часу на обслуговування і ремонт.

Показники стандартизації та уніфікації характеризують насиченість продукції стандартними, уніфікованими й оригінальними складовими частинами, а також рівень уніфікації з іншими видами продукції. Патентно-правові показники характеризують новизну технічних рішень в продукції, підтверджену наявністю відповідних патентів, або патентну чистоту, тобто відсутність технічних рішень, запозичених із патентів інших юридичних і фізичних осіб без купівлі ліцензії на їхнє використання.

Екологічні показники характеризують рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище, які виникають при експлуатації або споживанні продукції. Показники безпеки характеризують захищеність споживача при експлуатації, збереженні, ремонті і транспортуванні продукції від шкідливих впливів на організм. Показники безпеки повинні враховувати вимоги, виконання яких забезпечує захист людини, що знаходиться в зоні можливої небезпеки, від шкідливих для його здоров'я впливів.

Економічні показники - це особливий вид показників оцінки рівня якості продукції, тому що вони взаємозв'язані з усіма групами показників (призначення, надійності, технологічності та ін.). Врахування і правильна оцінка цієї групи показників дозволяє правильно будувати цінову політику, домагатися одержання

максимального прибутку і конкурентоздатності продукції, що випускається.

Якщо пригадати зміст концептуальної моделі життєвого циклу продукції (так звана „петля якості”), у яку входять такі етапи: маркетинг, пошук, вивчення ринку; проектування і розробка технічних вимог, розробка продукції; матеріальне забезпечення; розробка і підготовка виробничих процесів; виробництво; контроль і проведення іспитів; упакування і збереження; реалізація; монтаж і експлуатація; технічне обслуговування; утилізація після використання, а також управління показниками якості продукції. Буквально на кожному з етапів життєвого циклу продукції їх встановлення, наприклад на основі маркетингових досліджень, забезпечення (на етапі виробництва), контроль (на етапі контролю й іспитів), пропозиція (на етапі реалізації) є тим стержнем, який дозволяє об'єднати різні процеси, задіяні у виробництві з метою досягнення задоволенні потреб споживачів.

Крім того, показники якості продукції є основою для оцінки рівня її якості. Для того щоб оцінити, який із видів продукції має більш високий рівень якості, тобто буде більш повно задовольняти вимогам споживачів, необхідно зробити порівняння показників якості. Враховуючи, що будь-який вид продукції характеризується великою кількістю показників якості, для оцінки рівня якості необхідно вибирати мінімальну, але достатню кількість показників, які характеризують найбільш істотні властивості продукції.

Оцінка рівня якості продукції завжди провадиться за допомогою методів, заснованих на порівнянні. Порівнянню підлягають показники якості оцінюваного і базового зразків (видів) продукції. За базовий зразок звичайно приймається продукція з найбільш високим (із відомих) рівнем якості. Але іноді для цієї цілі може служити продукція, що користується найбільшим попитом на ринку якої-небудь країни або регіону і не обов'язково має найвищі показники (у залежності від рівня розвитку країни і платоспроможності споживачів). При цьому необхідно враховувати, що за час розробки, проектування і постановки продукції на виробництво, конкурентами може бути запропонована продукція з більш високим, ніж у базового зразка, рівнем якості.

Оцінка рівня якості продукції може здійснюватися й у тих випадках, коли перед організацією (підприємством), що використовує будь-яку продукцію, стоїть питання про її заміну. У цьому випадку продукція, що використовується, може бути обрана базовою, а передбачена до використання - оцінюваною.

Інформація про значення показників якості базового зразка може бути отримана на основі вивчення й аналізу: стандартів (міжнародних, національних, підприємств) країни припустимого експорту; вимог, що регламентують імпорт продукції в будь-яку країну: фірмових і національних статистичних збірників; періодичних; галузевих і

спеціальних журналів, оглядів, каталогів підприємств, рекламних матеріалів; результатів відвідування спеціалістами виставок, ярмарків. Рівень якості продукції може бути оцінений за допомогою диференційного, узагальнюючого, комплексного і змішаного методів. Диференційний метод заснований на порівнянні показників якості оцінюваної і базової продукції. Дуже часто диференційний метод використовується, як основа для застосування інших методів.

Узагальнюючий метод заснований на визначенні узагальнюючого показника якості. Рівень якості оцінюваної продукції вище або дорівнює рівню базової продукції, якщо значення узагальнюючого показника більше або дорівнює одиниці. Використання цього методу може призводити до не зовсім вірних результатів у тих випадках, коли, наприклад, один із видів продукції істотно поступається за головним показником, але незначно перевершує другий за значною кількістю другорядних показників. Щоб уникнути помилки, необхідно або вводити коефіцієнти, що враховують вагомість (важливість) показників якості, або використовувати інші методи.

Комплексний метод полягає в порівнянні комплексних показників (групових, інтегральних). Рівень якості за цим методом визначається відношенням комплексного (інтегрального) показника оцінюваної продукції до відповідного показника базової продукції.

В принципі використання цього методу може дати однозначну оцінку рівню якості оцінюваної продукції. Складність методу полягає в правильному визначенні комплексних показників. Крім того, такий здавалось би інформативний комплексний показник, яким є інтегральний показник якості, як правило, не враховує показники якості, які відносяться до таких важливих груп, як показники безпеки або екологічні.

Змішаний метод поєднує диференційний і комплексний методи. При змішаному методі оцінки частину одиничних показників об'єднують у комплексні (або інтегральні), а окремі важливі показники не об'єднують, а використовують їх в подальшому аналізі як одиничні. На основі отриманої сукупності показників оцінюють рівень якості продукції, використовуючи диференційний метод. Часто на практиці для отримання однозначної відповіді доводиться використовувати декілька, а то і всі методи одночасно, так званий змішаний підхід..

Якість продукції на підприємстві залежить від багатьох факторів: рівня кваліфікації кадрів, технічного рівня виробництва, якості сировини, досконалості організації робочого процесу тощо. Тому для вирішення проблеми підвищення якості продукції на підприємстві потрібен комплексний підхід, тобто підхід, який враховує всі фактори, що впливають на якість продукції на всіх стадіях «життєвого циклу». Такий підхід забезпечують комплексні системи управління якістю

продукції на підприємстві, тому їх розробка, впровадження і функціонування є основою для випуску продукції підприємства.

Причиною випуску продукції низької якості на підприємствах є відсутність умов для конкуренції, відсутність національної програми з досягнення рівня якості, не адаптованість багатьох керівників підприємств до ринкових умов, зниження ролі держави її законодавчих і виконавчих органів у створенні умов вирішення цієї проблеми.

Аудит якості - це незалежна перевірка, яка дозволяє визначити відповідність діяльності і її результатів у сфері якості спланованим заходам, а також ефективність реалізації заходів і їх придатність для досягнення поставленої мети.

Аудит є частиною системи менеджменту якості і призначений для дослідження об'єктів і отримання неупередженої інформації про діяльність у сфері якості і її результатів для того, щоб визначити і зафіксувати ступінь їх відповідності встановленим вимогам. Головною метою аудиту якості є перевірка ефективності програм управління здійснюваних керівництвом підприємства та з'ясування такого: продукція відповідає своєму призначенню; відповідні письмові процедури існують і використовуються; нормативні і законодавчі вимоги дотримуються; недоліки в продукції або системах управління виявляються; технічні умови виконуються; дії по корегуванню дають позитивні результати; інформація для ідентифікації і зниження ризиків збирається; ефективне і неефективне використання ресурсів підприємства відслідковується; стандартизовані організаційні прийоми і методи оптимізації існують.

Аудит якості є спеціальним видом перевірки якості, який відрізняється від таких видів перевірок якості, як контроль якості, нагляд за якістю, інспекція якості і сертифікація системи якості. Діяльність аудиту якості, як уже зазначалось, спрямована на підтвердження відповідності функціонування системи якості відповідно до встановлених вимог та усунення виявлених невідповідностей, і має на меті забезпечення впевненості керівництва у тому, що функціонуюча система якості задовольняє вимоги відповідних міжнародних стандартів і здатна забезпечити довіру споживачів і суспільства до системи якості.

Контроль якості спрямований на запобігання погіршення якості об'єкта унаслідок невідповідності його характеристик встановленим вимогам і має на меті забезпечення керівників підрозділів підприємства оперативною інформацією про ступінь відповідності характеристик об'єкта встановленим вимогам.

Нагляд за якістю здійснюється у межах певного завдання і спрямований на попередження погіршення якості об'єкта в часі і призначений для забезпечення впевненості керівництва підприємства у тому, що підтверджені при сертифікації вимоги до якості об'єкта виконуються.

Сертифікація системи якості продукції, послуг спрямована на компетентне підтвердження того, що система якості відповідає встановленим вимогам і має на меті забезпечення довіри споживачів до системи якості продукції чи послуг підприємства.

Сучасний підхід до проведення аудиту якості полягає в тому, що аудити якості формалізовані, систематизовані і незалежні. Їх результати базуються на фактах. Нова філософія аудиту базується на таких основних засадах: аудити не повинні проводитись таємно і знаходити факти, а не просто фіксувати помилки.

Залежно від мети, масштабу перевірки і її замовника розрізняють такі види аудитів:

аудит системи - призначений для оцінки ефективності системи менеджменту якості (QM), оцінки рівня кваліфікації персоналу і перевірки на дотримання окремих елементів системи якості (QS). Даний вид аудиту проводить перевірку роботи підрозділів і окремих виконавців та доводить доцільність заходів щодо забезпечення якості. Аудит системи дає такі результати: оцінку ефективності заходів з якості в межах всієї системи; оцінку повноти і достовірності документації; напрацювання «імпульсів» з покращення функціонування системи.

Аудит процесів - призначений для перевірки ефективності процесів за елементами системи якості (QS), підтвердження здатності забезпечити якість, доцільність методів і заходів з покращення. Суть аудиту процесу полягає у перевірці здатності процесу забезпечити якість та обґрунтуванні доцільності спеціальних процесів контролю. Унаслідок здійснення цієї перевірки якості результатом є оцінка керованості процесів, оцінка надійності процесів та оцінка достовірності результатів випробовувань готової продукції.

Аудит продукту - призначений для дослідження певної кількості готової продукції, підтвердження якості і з'ясування можливостей для його покращення. Даний вид аудиту призначений для доведення відповідності вимогам на стадіях виробництва, перевірки документації, яка використовується в цехах, та для перевірки достовірності процесів виготовлення, контролю та вимірювання якості. Результатом проведення аудиту продукту є оцінка рівня якості продукту, ступінь відповідності нормам, нормативам, а також виявлення систематичних помилок та план корегуючих та попереджувальних заходів з покращення якості.

Завданням аудиту якості є: планомірний контроль встановлених методів і інструкцій в певні проміжки часу; оцінка документації і звітів з якості; проведення систематичної перевірки системи менеджменту якості (QM), встановлення кваліфікації і здібностей персоналу, який перевіряє якість. Необхідність у проведенні аудиту якості може бути пов'язана також з новою стратегією підприємства, вимогами замовника,

зміною плану дій, плануванням затрат на якість, економією витрат тощо.

Аудит якості проводиться у чітко встановлений термін або з особливих причин: підвищення затрат на якість, проблеми сервісного обслуговування, захист якості нової продукції. Мотивація проведення аудиту якості буває різною: з метою перевірки всієї системи якості; дослідження окремих секторів діяльності; встановлення рівня якості продукту або послуги; оцінки окремих методів.

Існує три типи аудиторської перевірки якості. Це залежить від замовника аудиту і організації, яка проводить даний тип аудиту. Аудит першої сторони є внутрішнім аудитом продуктів (послуг), або системи якості, який проводиться на власному підприємстві попередньо відібраними і підготовленими співробітниками підприємства, або запрошеними із зовні аудиторами, які виконують у даному випадку роль аудиторів першої сторони. Аудит другої сторони - це зовнішній аудит підприємства, який проводиться споживачем продукції підприємства з метою з'ясування відповідності процесу і продукту постачальника контрактним умовам, попередньо встановленим споживачем, що розглядався попередньо як аспект роботи з постачальником. Аудит третьої сторони - незалежний зовнішній аудит, який проводиться агентством, сертифікованим на право проведення аудиту якості. У загальному вигляді різні види і типи аудиту можуть бути подані у вигляді схеми (рис. 6.2).

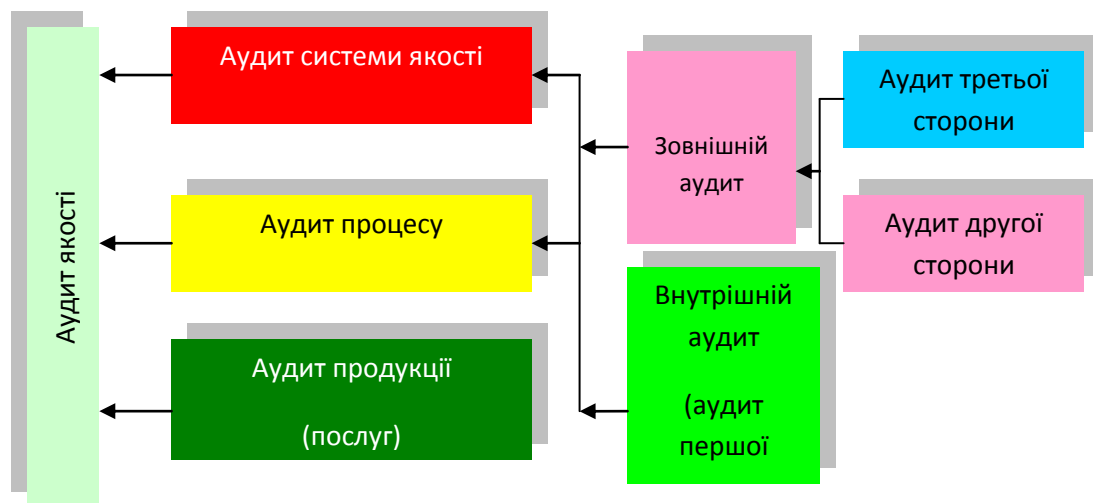


Рис. 6.2. Види і типи аудиту.

У даний час найбільш розповсюджений зовнішній аудит, який проводиться третьою стороною. Якщо третя сторона, яка проводить аудит, зареєстрована у встановленому порядку в якості спеціального органу по сертифікації, то у даному випадку зовнішній аудит може вважатись сертифікаційним, тобто спрямованим на підтвердження

відповідності системи (продукту, послуги) встановленим вимогам, за результатами яких видається сертифікат відповідності системи якості підприємства вимогам стандартів ISO серії 9000.

Не менш важливим для організацій, які запроваджують і сертифікують системи якості, а також зацікавлених в удосконаленні робіт підприємства з покращення якості продукції, є внутрішній аудит якості як аналітична, за своїм характером, діяльність, що здійснюється у системі якості відповідно з положеннями міжнародних стандартів ISO 10011.1 - ISO 10011.3.

З переходом до ринкових відносин такі поняття, як якість, надійність, конкурентоздатність починають вживатися все ширше не тільки спеціалістами, але і у суспільстві. Це свідчить про зміну відношення суспільства до продукції. Загальний інтерес до якості викликаний тим, що всі ми є споживачами і готові споживати продукцію в тому випадку, якщо вона відповідає нашим запитам (потребам).

В умовах конкурентних відносин на ринку, як правило, присутня аналогічна продукція різних виробників, які змушені боротися за споживача. Отже, кожен із виробників дуже стурбований конкурентоздатністю своєї продукції. Основою конкурентоздатності є якість. Хоча крім якості конкурентоздатність включає в себе ціну, гарантії, терміни постачань, фірмове обслуговування та інші складові, саме якості віддають перевагу споживачі при виборі продукції.

Відповідно до міжнародного стандарту ISO 9000:2000 „Системи управління якістю ” під якістю розуміється ступінь, із яким сукупність власних характеристик продукції, процесу або системи, виконує вимоги (тобто потреби або очікування).

Виходячи з визначення, якість - це складна властивість продукції, процесу або системи. Складність якості полягає в тому, що її природа містить у собі як технічні так і економічні аспекти. Технічні аспекти бачимо у визначенні в ключових словах „сукупність характеристик», а економічні - в ключових словах „виконувати вимоги (потреби або очікування)”.

Наявність економічного і технічного аспектів визначає необхідність управління якістю. Оскільки потреби і очікування споживачів мають звичай змінюватися, то і вимоги до якості продукції змінюються. Отже, виникає необхідність змінювати характеристики продукції, причому це необхідно зробити не випадково, а цілеспрямовано, тобто управляти.

Крім того, сама сукупність характеристик формується в процесі розробки, виготовлення, на який впливає велика кількість зовнішніх чинників, у більшості своїй мають випадкову природу (зміна рівня якості сировини, матеріалів і комплектуючих елементів; різна кваліфікація персоналу і його настроїв на роботу змінюється, зміна параметрів технологічного устаткування). Існує постійна необхідність

управляти якістю продукції. Відповідно до міжнародної термінології (стандарт ISO 9000:2000) під менеджментом якості розуміють скоординовану діяльність з управління організацією стосовно до якості. Таким чином, управління якістю здійснюється шляхом реалізації управлінських функцій.

Зараз домінуючою є концепція загального (тотального) управління якістю (TQM). Загальне управління якістю - це підхід до управління організацією, націлений на якість, заснований на участі всіх її членів і направлений як на досягнення довгострокового успіху шляхом задоволення потреб споживача, так і досягнення вигоди для членів організації і суспільства.

Система управління якістю, виходячи з концепції TQM, наповнює загально управлінські функції конкретним змістом, тобто загальне управління якістю включає в себе контроль в процесі розробки нової продукції, оцінку якості дослідного зразку, планування якості продукції і виробничого процесу, контроль, оцінку, і планування якості матеріалу, що постачається; вхідний контроль матеріалів; контроль готової продукції; оцінку якості продукції; оцінку якості виробничого процесу; контроль якості продукції і виробничого процесу; аналіз спеціальних процесів (спеціальні дослідження в галузі якості); використання інформації про якість продукції; контроль апаратури, що дає інформацію про якість продукції; навчання методам забезпечення якості, підвищення кваліфікації персоналу; гарантійне обслуговування; координацію робіт в галузі якості; спільну роботу з якістю з постачальниками; управління людським чинником шляхом створення атмосфери задоволеності, зацікавленої участі, добробуту і процвітання на фірмах - постачальниках, у збутових і обслуговуючих організаціях, у акціонерів і споживачів; роботу в сфері якості за методом міжфункціонального управління; участь у національних кампаніях з якості; виробітку політики в сфері якості; участь службовців у фінансовій діяльності (у прибутку, акціонерному капіталі), виховання свідомого відношення до якості, почуття партнерства, удосконалення соціальної атмосфери і інформованість службовців; проведення заходів щодо формування культури якості; підготовку управлінських кадрів для керівництва діяльністю в області якості; покладання відповідальності за діяльність в сфері якості на вище керівництво.

Аналіз тенденцій розвитку організації робіт з управління якістю в Японії дозволяє додатково включити у вище приведений перелік поширення системи управління якістю і на постачальників сировини, матеріалів і комплектуючих виробів. Метою TQM є досягнення більш високої якості. Японська концепція передбачає чотири рівні якості: 1. рівень - відповідність стандарту; 2. рівень - відповідність використанню; 3. рівень - відповідність фактичним вимогам ринку; 4. рівень - відповідність схованим потребам.

У даний час, логічно буде ввести ще один рівень - формування потреб споживача. Пропонуються механізми управління якістю. Наприклад, так званий механізм управління по відхиленнях (рис. 6.3).

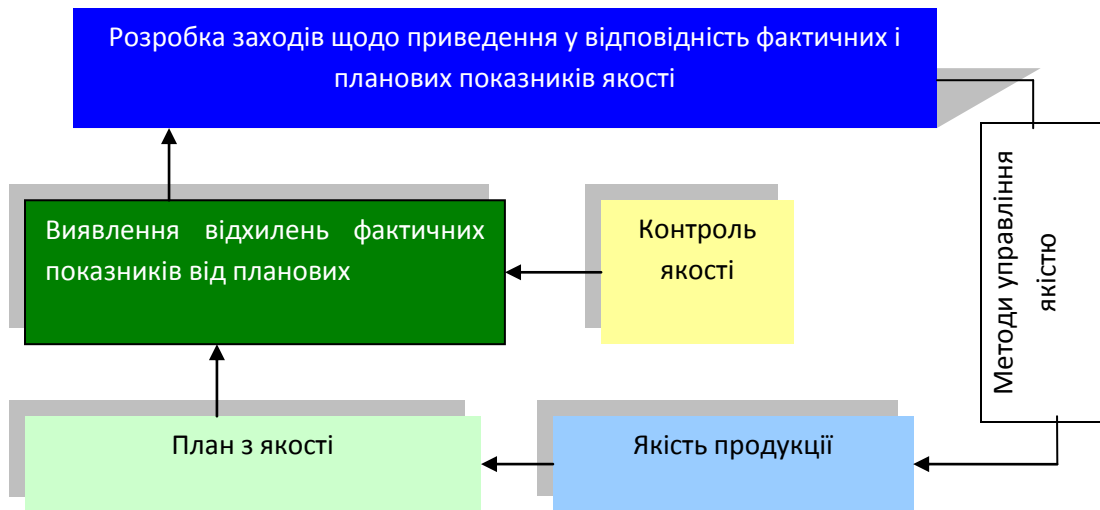


Рис. 6.3. Механізм управління якістю.

Дія механізму заснована на виявленні в процесі контролю розбіжностей між плановими і фактичними показниками якості продукції. Після виявлення розбіжностей розробляються заходи щодо їхнього усунення. Реалізація заходів здійснюється за допомогою методів управління якістю, які об'єднують у групи: а) економічні - TQM нової продукції, ціноутворення, преміювання, економічний вплив на замовників і постачальників з метою дотримання договорів з постачання; б) адміністративні - впровадження нормативної документації, забезпечення дотримання її вимог, проведення робіт із сертифікацій впровадження передового досвіду, винаходів і раціоналізаторських пропозицій; в) соціально - психологічні - створення сприятливого психологічного клімату в колективі використання різних форм заохочення за випуск високоякісної продукції урахування індивідуальних психофізіологічних особливостей членів колективу; г) ідеологічні - виховання відповідальності у робітників за високу якість продукції, економне використання сировини, матеріалів, енергії; проведення конференцій з поліпшення якості, прав споживачів.

Принцип системного підходу до вирішення проблеми якості складається в об'єднанні різних заходів і приведених методів у єдину систему постійно здійснюваних дій на всіх стадіях життєвого циклу продукції. Не зупиняючись докладно на їх недоліках, можна відзначити, що вони не передбачають вмикання в механізм постачальників і споживачів, а також не розглядають персонал безпосередньо, як первинний об'єкт управління якістю, хоча деякі методи управління, розглянуті ними, впливають на персонал.

Управління якістю, як відомо, містить у собі три елементи: суб'єкт управління, об'єкт управління і самий механізм впливу. Відповідно до

сучасних уявлень об'єктом управління є виробничий процес, в результаті якого формується якість продукції (при цьому під виробничим процесом будемо розуміти всю сукупність процесів, необхідних для виробництва продукції з визначеним рівнем якості). Кожний об'єкт характеризується його входами і виходами. Для безпосередньо процесу виробництва входами будуть вихідна сировина, матеріали і напівфабрикати, а виходом - продукція з визначеними показниками якості. Також в об'єкт управління повинний бути включений персонал, що бере участь у виробничому процесі і від якого залежить якість продукції що випускається. Ця сукупність є внутрішнім об'єктом управління. Зовнішніми об'єктами управління є постачальник і споживач.

Система управління, яка є замкнутим контуром, містить у собі функції інформаційні потоки і методи управління, що дозволяють реалізувати не тільки управління за виявленим відхиленням фактичних значень показників якості від планових, але і попереджувальність управління. Це досягається використанням активних і статистичних (наприклад, семи інструментів якості) методів контролю.

На відміну від методів управління якістю, що виділяються в групи, - економічних, адміністративних, соціально - психологічних і ідеологічних - методи доцільно розділити відповідно до об'єктів управління на клас внутрішніх, тобто діючих у межах підприємства, і клас зовнішніх, тобто діючих за його межами. При цьому перераховані вище групи методів можуть цілком або частково бути використаними як у класі внутрішніх, так і в класі зовнішніх методів. Крім цього, методи управління якістю можуть бути доповнені такими групами:

Навчальні - навчання персоналу навичкам управління якістю, статистичним методам; підвищення кваліфікації і рівня економічних знань персоналу; навчання персоналу підприємства - споживача навичкам грамотної експлуатації, технічного обслуговування і ремонту продукції що поставляється.

Інформаційні методи повинні забезпечити збір і передачу достовірної інформації від одних підрозділів, що виконують ту або іншу функцію, іншим підрозділам і керівництву підприємством. До цих методів належить розробка форм звітності, що відповідають поставленій цілі; розробка інструкцій із збору інформації і порядку її первинної обробки; обладнання робочих місць засобами обчислювальної техніки і захисними комунікаціями. Особливу увагу інформаційним методам необхідно приділяти при роботі з постачальниками і споживачами. Перших необхідно інформувати про припустимі зміни в показниках якості сировина, що поставляється ними, і структурі поставок. З споживачами і системою фірмового обслуговування необхідно мати постійно діючий канал інформації про ступінь їх задоволеності рівнем якості продукції, що поставляється, і

можливі зміни їх потреб. Формувальні методи управління якістю покликані забезпечити у споживача потреби, вигідні виготовлювачу продукції.

Використовувані в наш час такі засоби, як виставки, реклама, навряд чи можуть бути віднесені до формувальних методів, тому що покликані стимулювати попит на уже виготовлену конкретну продукцію. Формувальні ж методи, на думку авторів, повинні впливати на споживача таким чином, щоб у нього формувалися потреби спочатку, можливо, не цілком усвідомлені споживати продукцію, до розробки якої виготовлювач тільки планує приступити.

Мотиваційні методи полягають у підтримці у персоналу високого рівня зацікавленості участі в роботах з управління якістю. Дана група методів не є новою. Методи, що підвищують мотивацію персоналу, застосовувалися і раніше. Вони були віднесені до групи економічних і ідеологічних методів.

Мотивація робітників змінюється в широких межах і залежить від різних чинників. Тому питанням мотивації персоналу в процесі управління якістю повинна приділятися велика увага. У протилежному випадку, при слабкій мотивації персоналу всі зусилля, витрачені на випуск продукції, яка відповідає вимогам споживачів, можуть бути зведені на нівець. Реалізація мотиваційних методів управління якістю повинна бути об'єктом постійної уваги служби управління персоналом.

На сучасному етапі реалізація концепції TQM потребує переходу на рівень якості – „формування потреб споживача ” з поглинанням чотирьох попередніх рівнів. Первинними об'єктами управління якісно на підприємстві, яке виготовляє продукцію є персонал, а вторинним - виробничий процес, результатом якого є продукція. Методи управління якістю необхідно розділити на внутрішні і зовнішні причому відомі методи доцільно доповнити такими групами методів, як навчальні, інформативні, формувальні і виділити в окрему групу мотиваційні.

Під час планування проведення будь-яких заходів необхідно цілком чітко уявляти джерела і показники ефекту від зробленої роботи. Це повною мірою відноситься і до управління якістю, результатом якого є його підвищення. Підвищення якості економічно вигідно як для виготовлювачів продукції, так і споживачів, а також для національної економіки.

Підвищення якості продукції для виробників означає: краще використання ресурсів, скорочення втрат від браку, переробок, рекламаций; зростання доходів від реалізації продукції; прискорення реалізації продукції; збільшення фондів економічного стимулювання. Для споживачів продукції ефект буде полягати: у рості продуктивності праці; у забезпеченні попиту меншою кількістю продукції; у скороченні експлуатаційних витрат; у поліпшенні умов праці; в економії ресурсів, сировини, матеріалів.

Підвищення якості продукції у межах національної економіки дозволить забезпечити ефект: у прискоренні науково-технічного прогресу; в економії суспільної праці; у більш повному задоволенні попиту населення і виробництва; у підвищенні експортного потенціалу. Наведені показники ефекту від підвищення якості є основними. Крім них у кожному конкретному випадку можуть бути й інші показники. Знання основних показників дозволяє повною мірою обґрунтовувати і оцінювати результати роботи з управління якістю.

За даними Г.Д- Крилової, спираючись на дослідження закордонних вчених, можна стверджувати таке: якщо такі елементи якості, як відповідальність керівництва, керуючі і попереджувальні дії і внутрішній аудит, налагоджені у відповідності з вимогами ISO, то і всі інші елементи не тільки будуть працювати, але й удосконалюватись. Ефективне функціонування внутрішнього аудиту знімає необхідність зовнішнього аудиту.

Таким чином, проведення всіх видів аудиту спрямовано на те, щоб засобами виявлення факторів невідповідності усунути причини виникнення невідповідності до вимог якості, знаходити резерви для підвищення якості і удосконалення роботи підприємства в цілому.

6.2. Оперативне управління виробництвом

Оперативне управління виробництвом (ОУВ) забезпечує рівномірне виконання виробничої програми по кількості і номенклатурі з найкращими техніко - економічними показниками. Це досягається при рівномірній роботі на робочих місцях, ділянках, цехах і рівномірному випуску продукції, повному використанні устаткування і робочого часу.

Під рівномірною роботою розуміють виготовлення продукції строго за календарним планом – графіком. Рівномірний випуск продукції - це випуск готової продукції в номенклатурі, кількості й у терміни, встановлені за заздалегідь розробленими планами - графіками. Рівномірна робота і рівномірний випуск продукції можуть бути ритмічними і неритмічними. Ритмічний випуск продукції - однаковий або рівномірно збільшуваний випуск відповідної продукції в рівні проміжки часу ділянкою, підрозділом або підприємством в цілому.

Система оперативного управління виробництвом включає такі функції: планування, облік, контроль, аналіз і регулювання. Облік, контроль, аналіз і регулювання об'єднують в одну функцію - диспетчерування. Схема структури ОУВ подана на рис. 6.4.

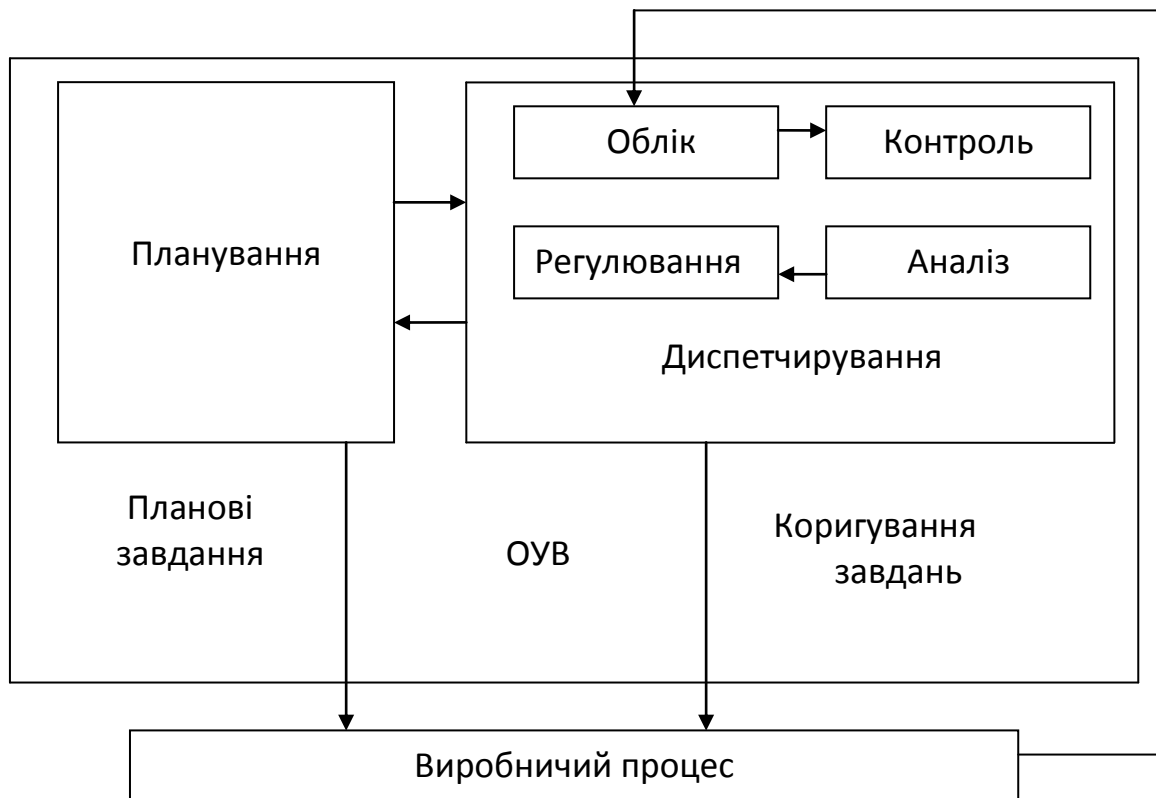


Рис. 6.4. Структура оперативного управління виробництвом.

Виконання виробничої програми можливе при: 1. строгому розподілі робіт на короткі періоди часу (декада, тиждень, доба, зміна); 2. організації збору й обробки інформації про хід виробництва; 3. повсякденному аналізі виробничої ситуації в кожній ланці підприємства; 4. своєчасному прийнятті рішень і організації роботи з попередження порушень у ході виробництва або для швидкого його відновлення.

Оперативне планування передбачає детальну розробку планів підприємства і його підрозділів. Завдання оперативного планування полягають у розподілі виконуваних робіт за підрозділами і плановим періодом з урахуванням завантаження устаткування і площ.

Система оперативного планування передбачає: вибір і обґрунтування планово - облікових одиниць; розробку календарно - планових нормативів; розробку цехових і внутрішньо цехових виробничих програм; формування міжцехових і внутрішньо цехових виробничих графіків; формування оперативних завдань (змінно - добових). Вибір планово - облікових одиниць полягає в укрупненні або деталізації номенклатури виробничої програми стосовно до кожного рівня оперативного планування і управління від більш значних одиниць (замовлення, машинокомплект) на рівні підприємства до більш дрібних (деталь, операція) на рівні цеху, ділянки.

Обов'язковою умовою ефективного функціонування системи оперативного планування виробництва є наявність обґрунтованої нормативної бази, куди входять:

1. Календарно - планові нормативи - тривалість виробничого циклу, розмір партії і величина випередження, періодичність запуску продукції у виробництво, розмір заділів та ін.
2. Норми матеріалоємності - витрата сировини і напівфабрикатів, матеріалів на одиницю продукції.
3. Норми використання виробничих потужностей - продуктивність устаткування, коефіцієнт змінності.
4. Норми матеріальної забезпеченості виробництва - норми технологічних, внутрішньоцехових і міжцехових заділів, норми запасів сировини, напівфабрикатів.

Оперативне планування поділяється на міжцехове і внутрішньоцехове. Міжцехове оперативне планування - встановлення цехам взаємозв'язаних виробничих завдань, що впливають із виробничої програми підприємства і координація їхньої роботи з виконання цієї програми.

Внутрішньоцехове - організація виконання виробничих завдань, встановлених цеху, доведення їх до виробничих ділянок і робочих місць; розробка календарних планів-графіків і оперативних завдань на короткі відрізки часу, а також поточна робота з оперативного підготування і регулювання ходу виробництва.

Основою міжцехового і внутрішньоцехового оперативного планування є розробка виробничих програм методами, вибір яких залежить насамперед від виробничої структури підприємства. Так, при предметній будові цеху номенклатурний перелік його програми і кількість виробів з кожного найменування продукції встановлюються відповідно до профілю цеху на базі загальної заводської програми випуску продукції.

При технологічній будові цехів міжцехове оперативне планування здійснюється ланцюговим методом - виробничі програми цехів розробляються в порядку, зворотному ходу технологічного процесу. Першою складається виробнича програма останнього (випускаючого), наприклад, складально - оброблювального цеху. Далі, виходячи з програмного завдання щодо випуску складально - оброблювального цеху, будують програму випуску обробного, наприклад, механічного цеху, який підготує продукцію для випускаючого цеху а по ній - програму запуску для заготівельного цеху, наприклад, ковальського і, нарешті, на основі останнього - програмне завдання з запуску для ливарного цеху. Таким чином, одна за одною складаються програми основних цехів, які впливають одна із одної.

Календарний план запуску - випуску деталей, вузлів і інших комплектів повинний забезпечувати погоджену в часі ритмічну роботу

всіх суміжних за технологічним процесом цехів. Досягається це випередженнями в роботі

Календарне випередження - це розмір календарного часу від запланованої дати випуску серії виробів до запуску деталей або вузлів на визначеній стадії виробництва. По випередженню можна визначити, за скільки днів до випуску готового виробу повинна бути запущена в обробку партія даних деталей на кожній технологічній стадії виробництва. Величина випереджень за технологічними стадіями розраховується додаванням тривалості виробничих циклів (днів) від запланованого випуску виробів до кожної технологічної стадії в напрямку, зворотному ходу технологічного процесу. Випередження розраховуються по окремих цехах і деталях виробу.

Випередження випуску менше випередження запуску на величину тривалості виробничого циклу обробки партії деталей (виробів) у цеху, для якого визначається випередження. Випередження необхідні для визначення і дотримання термінів запуску і випуску партій деталей по цехах, у яких вони оброблюються.

Вибір системи визначається наступними чинниками: 1. типом виробництва; 2. обсягом і повторювальністю продукції, що випускається; 3. складністю; 4. ступенем уніфікації деталей і вузлів; 5. виробничою структурою підприємства; 6. формою внутрішньозаводської спеціалізації.

Під системою оперативного планування розуміється методика і техніка планової роботи, яка визначається ступенем її централізації, обраною планово - обліковою одиницею, складом і точністю календарно - планових нормативів, а також переліком, порядком оформлення і руху планової та облікової документації. Відповідно до різновидів планово - облікових одиниць розрізняють два види систем оперативного планування: 1. комплектні і 2. подетальні. При цьому перевага може бути віддана тій системі, застосування якої дозволяє досягти максимальної гармонізації виробничого процесу, тобто підвищити його безперервність, скоротити цикл, поліпшити використання виробничих потужностей, трудових і матеріальних ресурсів і в кінцевому рахунку домогтися ритмічної ходи і максимальної ефективності виробництва.

Комплектні системи. Сутність їх полягає в тому, що в якості планово - облікових одиниць приймаються комплекти деталей, об'єднані за визначеними ознаками. До комплектних відносяться позаказна, комплектно - вузлова, комплектно - групова, машино - комплектна, умовно - комплектна системи. Позаказне планування припускає своєчасну підготовку запуску виробів у виробництво на основі циклового графіку виконання замовлення за умов встановленого терміну випуску виробів. У якості планово - облікової одиниці приймається цілком замовлення, тобто всі деталі і складальні одиниці

виробу одного найменування, передбачені до випуску в плановому періоді.

Особливість позаказного планування полягає в тому, що воно охоплює весь процес виконання замовлення: від моменту прийняття його до виконання, включаючи технічну підготовку, і закінчуючи випуском готового виробу. Позаказне планування застосовується в одиничному і дрібносерійному виробництві. Комплектно - вузлова система оперативного планування полягає в тому, що деталі, які входять до складу виробу, що випускається, запускаються у виробництво не відразу, а групами, в залежності від термінів складання. При цьому методі передбачається визначений страховий проміжок часу (звичайно два тижні). Планово - обліковою одиницею є технологічний вузол. Застосовують цю систему в одиничному і дрібносерійному виробництві з тривалим циклом складання. Недоліком системи є те, що у випадку затримки випуску однієї деталі може бути зупинений весь складальний процес, порушений ритм складання, зірване виконання виробничої програми. Комплектно - групова система оперативного планування полягає у встановленні диференційованих випереджень запуску деталей в обробку шляхом угруповання їх у порядку черговості подачі на складання за однакою технологічним міжцеховим маршрутом та однакою тривалістю циклу виготовлення. Планово - обліковою одиницею при даній системі є група деталей, підібрана за подібними ознаками (однаковою тривалістю виробничого циклу, одночасністю подачі їх на складання, періодичністю запуску, однакою технологічним маршрутом). Застосовується ця система в дрібносерійному і серійному виробництві. Машино - комплектне планування полягає у встановленні і постійному дотриманні комплектних календарних випереджень у роботі цехів протягом суміжних планових періодів. Розміри міжцехових випереджень рівні визначеній кількості виробів, що відповідають обсягу місячного випуску або частини його.

Планово - обліковою одиницею при цій системі є повний комплект деталей на машину (виріб), що виготовляється. Головна перевага цієї системи - простота розробки трудових, ціннісних, матеріальних і інших нормативів і порівняно нескладне ув'язування планів підприємства. Однак при цій системі спостерігається занадто великий обсяг незавершеного виробництва. Комплект надійде в наступні цехи лише після того, як усі деталі будуть оброблені в попередньому цеху. Це призводить до уповільнення оборотності оборотних коштів. Зазначена система застосовується в серійному і крупносерійному виробництві.

Умовно - комплектне (безупинне) планування полягає в створенні єдиного плану-графіку для всіх цехів, у визначенні мінімально необхідного заділу для забезпечення ритмічної роботи та умовного зняття його з оперативного обліку.

Планово-обліковою одиницею служить умовний комплект деталей, заготівель, вузлів, що забезпечує випуск кінцевої продукції заводу в заданому обсязі. Застосовується умовно-комплектна система в умовах серійного і крупносерійного виробництва. При подетальних системах у якості планово - облікової одиниці приймається деталь кожного найменування. Найбільш поширеними подетальними системами є: „1. складська”, „2. за нормами запасів”, „3. за термінами міжцехових подач”, „4. за стандартними термінами” і „5. за тактом потоку”.

Складська система планування полягає в організації виготовлення уніфікованих і нормалізованих деталей партіями в порядку створення і поповнення складського запасу для забезпечення рівномірного постачання складання змінної номенклатури виробів, що випускаються у різній кількості в різні проміжки часу. Планово - обліковою одиницею є розмір партії деталей. При цій системі відправним моментом для встановлення плану є фактичні залишки деталей на початок планового періоду і звітні дані про витрати за звітний період.

При системі планування „на склад” визначаються три рівні величини складського запасу: мінімальний, або страховий, максимальний і запас, що відповідає „обсягу” замовлення. „Складську” систему доцільно застосовувати в одиничному і дрібносерійному виробництві при плануванні виробництва уніфікованих і нормалізованих деталей для виробів.

Сутність системи планування „за нормами запасів” полягає в тому, що вона передбачає створення постійної насиченості всіх стадій виробничого процесу заділами напівфабрикатів, деталей і вузлів різного ступеня готовності і суворе дотримання встановленого розрахункового рівня незнижуваної частини заділів по кожній деталі (заготівлі) стосовно кожного цеху. Система планування „за нормами заділів” застосовується в умовах серійного і крупносерійного виробництва.

Система планування „за термінами міжцехових подач” доповнює планування „за нормами запасів”. Ця система передбачає визначення термінів запуску і випуску партій деталей з урахуванням зміни розмірів запасів на складі, що досягається упорядкуванням календарного розкладу міжцехових подач деталей за планований місяць. Її застосування доцільне в умовах серійного і крупносерійного виробництва при значних циклах складання партій виробів.

Сутність системи за „стандартними термінами” полягає у встановленні і постійному дотриманні визначеної періодичності виготовлення деталей за стандартними календарними розкладами стосовно до вимог потокового складання і випуску продукції. Застосовується ця система в умовах масового виробництва.

Система планування „за тактом потоку” полягає у вирівнюванні продуктивності усіх виробничих ланок стосовно до єдиного такту випуску готових виробів. Виробничі умови при даній системі

планування характеризуються перевагою потокових методів роботи у всіх ланках виробництва. Основною планово-обліковою одиницею є агрегат або готова машина і деталь. Застосовується ця система в умовах масового виробництва.

У серійному виробництві номенклатура виготовлення виробів більш менш постійна і регулярно повторюється. Тому важливим завданням є встановлення і забезпечення періодичності виготовлення виробів у відповідності з планом, визначення розміру партії випуску виробів і періодичності запуску їх в обробку. У серійному виробництві до календарно - планових нормативів відносяться: розміри і ритми партій деталей, тривалість виробничих циклів виготовлення партії деталей і виробів; випередження запуску і випуску партії деталей складальних одиниць. На основі нормативів складаються календарні плани - графіки роботи виробничих ділянок і розраховуються запаси. Розмір партії деталей є основним нормативом, який істотно впливає на продуктивність праці робітника, собівартість обробки деталей, тривалість виробничого циклу й обсяг незавершеного виробництва.

Розрахункові розміри партій коригуються. Розмір партії повинний бути: більший або менший місячного випуску деталей у ціле число раз, необхідно прагнути до максимуму скорочення розмаїтості розмірів партій деталей; у ціле число разів більше або менше тієї кількості деталей, яка визначається стійкістю технологічного оснащення; таким, щоб виробничі і складські площі були достатніми для збереження деталей; кратним або рівним розмірам партій у суміжних цехах, у яких обробляються деталі даного найменування.

Тривалість виробничих циклів обробки партій деталей і складання вузлів або виробів у серійному виробництві необхідна для визначення незавершеного виробництва, випереджень і термінів запуску (випуску) партій деталей. Об'єктом оперативно - виробничого планування в серійному виробництві по підприємству служить виріб, для міжцехового планування - комплект деталей, а в цехах - партія деталей. На підприємствах із серійним типом виробництва більш повно відповідає вимогам комплектна система оперативного планування і її різновиди: машино - комплектна, комплектно - вузлова, умовно - комплектна.

Масове виробництво характеризується обмеженою номенклатурою і великими масштабами випуску партії. Для підприємств з масовим виробництвом характерний високий рівень спеціалізації робочих місць, постійне закріплення за робочими місцями визначених операцій, деталей, вузлів, що дозволяє планувати запуск і випуск по кожному найменуванню деталей відповідно до їхньої потреби для безперебійного забезпечення процесу складання виробів. Основна форма руху предметів праці - це потік.

Склад календарно - планових нормативів залежить від виду поточкових ліній. Загальними календарно - плановими нормативами для усіх видів потоку є такт і ритм роботи лінії і нормативи запасів. Найбільш прості розрахунки при плануванні роботи автоматичних поточкових ліній. Оскільки синхронізація робочих місць, такт роботи лінії і її продуктивність розраховуються при проектуванні, основним розрахунковим показником оперативно - виробничого планування є число годин роботи лінії з урахуванням вимог виконання програми.

Технологічні, транспортні і страхові запаси визначаються самою конструкцією лінії і її транспортних засобів. Страхові запаси створюються лише між автоматичними лініями. Розмір цих запасів визначається ємністю спеціальних устроїв - нагромаджувачів, які передбачаються при проектуванні.

На безперервно - поточкових неавтоматичних лініях робочі такти на окремих операціях повинні бути рівними такту лінії. Якщо такти строго регламентовані, то забезпечується жорсткий зв'язок роботи окремих робочих місць на лінії. Основна оперативно - планова робота при цьому полягає в поточковому обслуговуванні ліній і оперативній підготовці виробництва. На безперервно - поточкових лініях з вільним ритмом (коли немає примушення в дотриманні заданого такту) знижується синхронність виконання операцій і створюється небезпека виникнення перебоїв у роботі окремих робочих місць на лінії, що у свою чергу ускладнює планування й облік заділів на лінії.

Ці особливості ліній з регламентованим і вільним ритмом враховуються при розрахунку планового середнього такту лінії і числа робочих місць. При розрахунку середнього такту лінії з вільним ритмом не враховуються регламентовані перерви. Ретельно обґрунтовується розрахунок усіх видів запасів. Регламентовані запаси на всіх стадіях виробничого процесу забезпечують безперебійну у заданому такті роботу поточкових ліній.

Запаси в поточковому виробництві - внутрішньо лінійні: на робочих місцях (технологічні), транспортні, резервні (страхові); міжлінійні (складські): оборотні, транспортні, резервні. Внутрішньо лінійні запаси: запас на робочих місцях (технологічний):

Транспортні запаси - предмети, що знаходяться в кожний даний момент на стрічці конвеєру. Наявність транспортного запасу на безперервно поточкових лініях необов'язкова, тому що предмети з одного робочого місця передаються безпосередньо на друге. Резервні (страхові) запаси: резервний (страховий) запас створюється для компенсації відхилень від такту в роботі поточкових ліній.

Причинами відхилень від такту в роботі поточкових ліній є: виробничо-технічні неполадки (несвоєчасна подача заготівель, поломки інструменту, вихід із ладу устаткування); допоміжні операції, які

переривають основний процес (переналагодження, зміна інструменту); коливання в продуктивності праці робітників.

Міжлінійні (складські) запаси: Оборотні запаси, обумовлені різною продуктивністю ліній, що подають і споживають.

Транспортні запаси: Резервні запаси створюються для забезпечення роботи наступної операції при виникненні перебоїв з будь-яких випадкових причин, щоб не допустити простою всієї лінії. Величина резервного заділу не більше величини п'ятиденного випуску деталей (виробів).

Злагоджений хід роботи при масово - потоковому виробництві досягається вирівнюванням продуктивності всіх ланок стосовно до єдиного розрахованого такту випуску готової продукції. Планово - обліковою одиницею є деталь, найбільш прийнятна система планування подетальна „за тактом потоку”, „за стандартними термінами”.

На підприємствах з масовим типом виробництва місячна програма складається у вигляді плану - графіку з визначенням кількості випуску деталей по днях місяця, тобто розробляються добові і годинні графіки здачі готової продукції. На ділянках з переливно - поточним виробництвом (однопредметних перериваних і багатопредметних поточкових ліній) оперативне планування здійснюється у формі стандарт - плану, в якому встановлюються послідовність виготовлення різних деталей на ділянці, величина заділів кожної деталі і час, що витрачається на переналагодження устаткування.

Об'єктом планування в одиничному виробництві є індивідуальне замовлення. Оперативне планування в одиничному виробництві ведеться в розрізі окремих замовлень. До особливостей відносяться: необхідність тісної ув'язки плану виготовлення і випуску виробів з планом підготовки виробництва щодо кожного замовлення; складність розподілу всіх процесів у часі і просторі, який забезпечує виконання кожного замовлення у встановлений термін при найбільш повному завантаженні усіх робочих місць; відсутність у момент складання оперативних планів необхідних норм (нормо-часу, витрати матеріалу та ін.) або затримка їхньої розробки.

Одною з основних вимог до оперативного планування в одиничному виробництві є раціональна організація руху предметів праці в процесі виготовлення виробу. Для одиничного виробництва характерне застосування позаказної, комплектно - вузлової і комплектно - групової системи планування. Планово - обліковою одиницею є замовлення на виготовлення одного або декількох виробів, або вузловий комплект деталей, тобто „технологічний вузол”, який включає всі деталі, необхідні для складання вузлів на визначеному етапі технологічного процесу.

Календарно - планові нормативи в одиничному виробництві: 1. тривалість виробничого циклу виготовлення виробу і циклові графіки

по окремих виробках; 2. випередження запуску і випуску виробу; 3. зведений календарний графік виконання замовлення.

Маючи дані про тривалість циклу складання виробу, обробки деталей, виготовлення заготівель, можна визначити тривалість циклу виготовлення виробу і скласти цикловий графік виконання замовлення, який є важливим документом для міжцехового планування. Відповідно до циклових графіків встановлюються календарні терміни випередження за окремими етапами виробничого процесу.

Потім здійснюється побудова зведеного графіка запуску - випуску всіх виробів, передбачених виробничою програмою на черговий плановий період. В одиничному виробництві велике значення має розробка змінно-добових завдань як для ділянок і змін в цілому, так і для окремих робочих місць. Це завдання, які уточнені щодо номенклатури, кількості, термінів і робочих місць.

При складанні зведеного графіка повинні виконуватися розрахунки завантаження виробничих площ і устаткування роботами з виконання різних замовлень, які проходять у той самий календарний період (паралельно) через відповідні стадії виробництва.

Постійний оперативний облік, контроль і безперервне поточне регулювання ходу виробництва з метою забезпечення своєчасного і повного виконання плану випуску продукції (рівномірного) у відповідності з розробленим календарним графіком представляє диспетчерування.

Основними завданнями диспетчерування є: керівництво своєчасним забезпеченням робочих місць всіма елементами підготовки виробництва (кресленнями, матеріалами, інструментами, пристосуваннями і т. ін.); оперативний облік і поточна інформація про фактичний хід робіт з виконання встановленого графіка виробництва і змінно - добових завдань; виявлення та аналіз причин відхилень від встановлених планових завдань і календарних графіків виробництва; прийняття оперативних заходів для попередження і усунення відхилень від плану і перебоїв у ході виробництва; координація поточної роботи взаємозалежних ланок виробництва з метою забезпечення ритмічної роботи з встановленого графіка; оперативне організаційне керівництво роботою виробничих підрозділів і функціональних служб.

Оперативний облік на підприємстві ведеться у відповідності з використовуваними формами оперативного планування, які визначаються типом, характером виробництва і системами планування. Контроль виробництва здійснюється на основі обліку виконання номенклатурного плану. Оперативне регулювання спрямоване на ліквідацію, неполадок і відхилень від графіка. Основою для контролю і регулювання є своєчасна і точна оперативна інформація: про фактичне виконання змінних завдань і планів-графіків виготовлення і випуску продукції; рух заділів на складах; неполадки в поточній роботі.

Вся інформація, одержувана від підрозділів, ділиться на три групи: Інформація, спрямована на ліквідацію неполадок на тих ділянках виробництва, які затримують або зривають добовий план випуску продукції. Інформація, яка використовується для ліквідації неполадок, що порушують запланований хід виробництва, однак не зривають добового плану випуску продукції. Систематична інформація про хід виробництва, яка використовується для контролю за процесом виробництва.

Оперативний контроль за ходом виробництва передбачає: контроль виконання номенклатурного плану і плану реалізації продукції; контроль заділів на міжцехових складах, а також міжцехових передач заготовель, деталей і вузлів; контроль оперативної підготовки виробництва; спостереження за роботою відстаючих ділянок, цехів. У залежності від типу виробництва змінюється склад об'єктів спостережень і диспетчерського контролю.

В одиничному виробництві об'єктом контролю є терміни виконання робіт за замовленнями. Диспетчерський контроль здійснюється стосовно до циклових графіків виконання замовлення, забезпечуючи перевірку: своєчасності запуску і випуску заготовель, деталей, вузлів по окремих етапах їх виготовлення; своєчасного комплектування деталей і вузлів для остаточного монтажу і випуску готового виробу у встановлені терміни,

У серійному виробництві об'єктами контролю є: встановлені терміни запуску і випуску партій заготовель і деталей на всіх ділянках виробництва; стан складських запасів і ступінь комплексної забезпеченості складальних робіт відповідно до графіка (стандартного або плану - графіку). У масовому виробництві використовується контроль дотримання: встановленого такту роботи поточкових ліній; норм запасів на всіх стадіях виробничого процесу. Контроль здійснюється на основі змінно - добових завдань. Існують і такі об'єкти диспетчерського спостереження, які не залежать від типу виробництва: контроль за наявністю необхідних матеріалів; безперебійна робота устаткування; виконання позапланових термінових замовлень.

Система оперативного управління виробництвом виконує роль головного приймача і джерела інформації для всіх основних служб підприємства. Схема потоків інформації джерелом і споживачем якої є система оперативного управління виробництвом, подана на рис. 6.5.

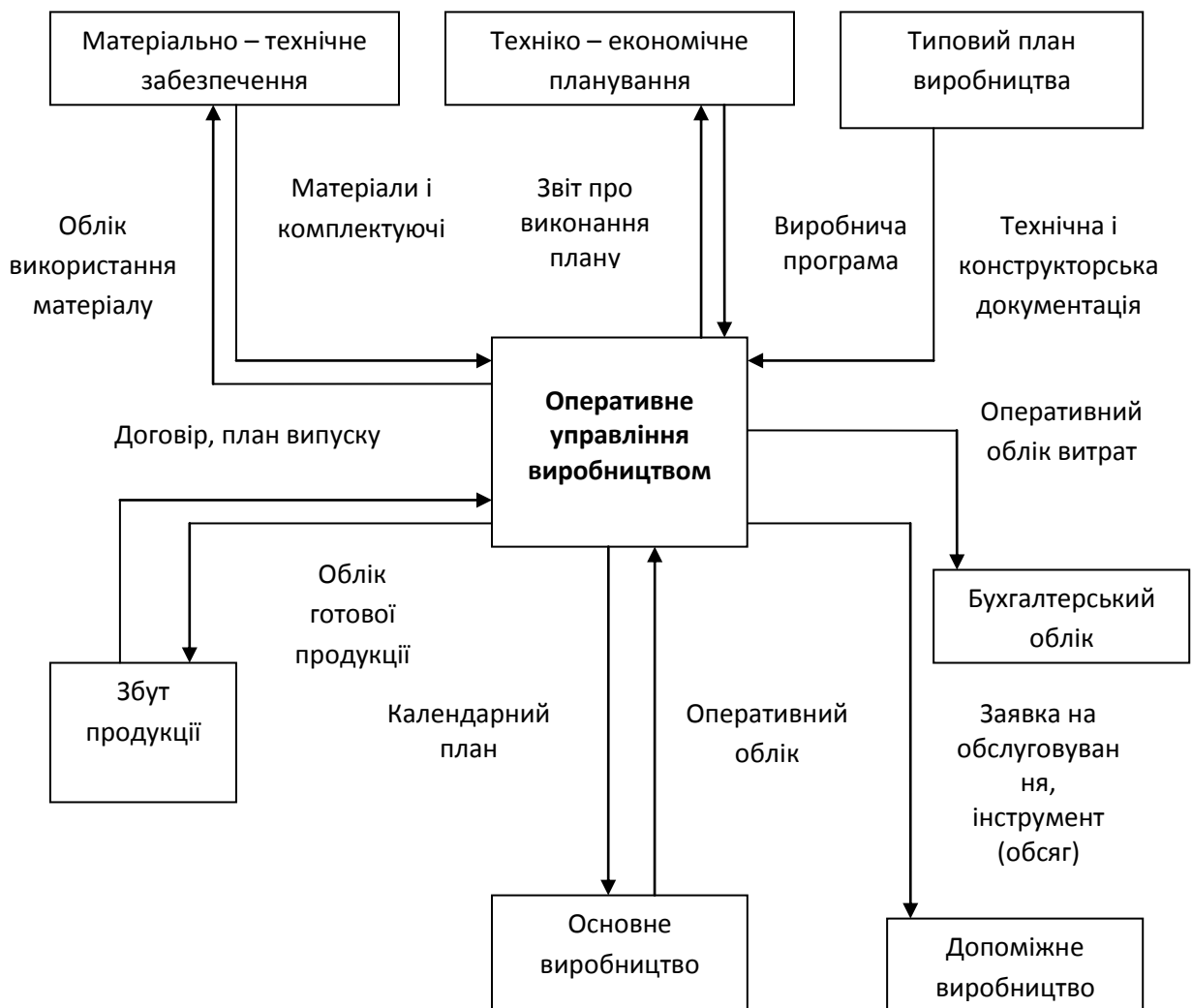


Рис. 6.5. Схема потоків інформації оперативного управління виробництвом.

Комплекс робіт з оперативного контролю і регулювання поділяється на міжцехове диспетчерування виробництва в загальнозаводському масштабі і внутрішньо цехове диспетчерування виробництва. Істотне значення в роботі загальнозаводської диспетчерської служби мають контроль і регулювання міжцехових запасів заготівель, деталей і вузлів, зосереджених на проміжних складах. Підпорядковані виробничо - диспетчерському відділу міжцехові виробничі склади дають можливість: контролювати міжцехову кооперацію; забезпечити точний облік випуску продукції кожним цехом; регулювати подачу заготівель і деталей на подальші стадії обробки.

Система контролю і регулювання повинна носити попереджувальний характер, що виражається в прогнозуванні можливості появи відхилень від плану в умовах зміни постачань і якості сировини, виходу з ладу устаткування, появи браку.

Всю поточну роботу з диспетчерського керівництва виробництвом на підприємстві виконує диспетчерська служба, організаційна побудова якої залежить від типу, характеру і масштабу виробництва, виробничої структури підприємств

6.3. Управління за результатами виробничої діяльності

У загальному вигляді ефективність виробництва означає результативність, тобто відносини між результатами, досягнутими в процесі виробництва, і витратами праці.

Як критерій оцінки ефективності виробництва виступає економія суспільної праці та ріст її продуктивності.

Частка приросту продукції в результаті підвищення продуктивності праці D_n визначається за формулою:

$$D_n = \left(1 - \frac{r}{b}\right) \times 100, \quad (6.2.)$$

де r , b - темпи приросту чисельності робітників і виробництва продукції.

До показників загальної ефективності промислового виробництва варто віднести трудомісткість T_e , фондоємність Φ_e , капіталоємність K_e .

Трудомісткість характеризує величину витрат живої праці на одиницю продукції і визначається, як відношення величини трудових витрат B_T до обсягу виробленої продукції V :

$$T_e = \frac{B_T}{V}, \quad (6.3.)$$

де B_T - величина трудових витрат;

V - обсяг виробленої продукції.

Обернене співвідношення цих величин дає показник продуктивності праці Π_T :

$$\Pi_T = \frac{V}{B_T}. \quad (6.4.)$$

Фондоємність Φ_e розкриває величину застосованих виробничих фондів (основних і оборотних) у розрахунку на одиницю продукції і визначається як відношення середньорічної вартості виробничих фондів $\bar{\Phi}_{cp}$ до загального обсягу виробленої продукції;

$$\Phi_e = \bar{\Phi}_{cp} / V. \quad (6.5.)$$

Обернене співвідношення цих величин дає показник фондовіддачі.

$$\Phi_o = V / \bar{\Phi}_{cp} \quad (6.6.)$$

Капіталомісткість продукції – це відношення величини капітальних вкладень K до приросту випуску продукції ΔV досягнутого за рахунок цих капітальних вкладень:

$$K_e = \frac{K}{\Delta V}. \quad (6.7.)$$

Згідно формули капіталомісткість визначає розмір капітальних вкладень на одиницю приросту продукції (питомі капітальні вкладення). Показник, обернений капіталоемності, називається капіталовіддачею K_o .

$$K_o = \frac{\Delta V}{K}. \quad (6.8.)$$

Комплексний показник, який характеризує результат виробничо-господарської діяльності, є прибутком підприємства.

Найбільш узагальнений стан діяльності підприємства виражено в економічній категорії „результативність роботи”, що характеризується наступними категоріями.

1. Дієвість - це ступінь досягнення підприємством поставлених перед ним цілей, ступінь завершення потрібної для споживачів роботи. Для оцінки ступеня дієвості використовують три показники:

- якість продукції: чи робить підприємство потрібні продукти відповідно до заздалегідь визначених вимог ринку?
- кількість: чи робить воно всі потрібні товари і послуги?
- своєчасність: чи робить підприємство потрібні товари і послуги вчасно?

2. Економічність виражається відношенням $\frac{Q_n}{Q_\phi}$, (6.9.)

де Q_n - ресурси, заплановані до споживання;

Q_ϕ ресурси, фактично спожиті.

Якщо співвідношення буде більше 1, то це свідчить про економічність. Якщо ж, навпаки, співвідношення менше 1, то це говорить про неекономне використання ресурсів.

З цього випливає, що економічність характеризує показник результативність із позиції здійснюваних витрат.

3. Якість: показує, наскільки підприємство випускає продукцію, що відповідає вимогам ринку.

4. Прибутковість - це співвідношення між валовими прибутками і сумарними витратами (фактичні витрати). Прибутковість вимірюється по-різному. Конкретними показниками прибутковості є:

- прибуток, віднесений до обсягу продажів $D_{\text{ч}} / Q_{\text{пр}}$,

де $D_{\text{ч}}$ - чистий прибуток;

$Q_{\text{п}}$ - обсяг продаж.

- прибуток, віднесений до сукупних активів $D_{\text{ч}} / A_{\text{с}}$,

де $A_{\text{с}}$ - сукупні активи.

- прибуток, віднесений до власного капіталу $D_{\text{ч}} / B_{\text{к}}$,

де $B_{\text{к}}$ - власний капітал.

5. Продуктивність - це співвідношення між кількістю зробленої продукції і кількістю витрат на її випуск
$$\frac{Q_i^n}{Q_i^L} \quad (6.10.)$$

де Q_i^n - кількість продуктів;

Q_i^L - фактично спожиті ресурси.

6. Якість трудового життя - це те, яким чином особи, причетні до підприємства, реагують на соціально-технічні проблеми підприємства. Наскільки вони зацікавлені в розвитку підприємства.

7. Впровадження нововведень - процес, за допомогою якого підприємство одержує нові, більш досконалі товари і послуги.

Категорії відображають різноманітні сторони роботи підприємства. З тим, щоб можна було оперувати показниками результативності, необхідно визначити значимість і відносність ваги кожної критерії. Виникає питання, яка повинна бути оптимальна комбінація критеріїв із погляду управління результативністю організаційної системи.

Професор, директор по вивченню проблем ефективності виробництва (США) Д.Скотт Синк пропонує логічну схему оцінки результативності.

Якщо організаційна система 1. діюча і 2. економічна і її процеси задовольняють вимогам 3. якості, то вона буде 4. продуктивна. Організаційна система повинна буде підтримувати 6. якість трудового життя і 7. нововведення, щоб вижити в довгостроковому аспекті, тоді система буде 5. прибуткова і це визначить її високу результативність.

Результативність організаційної системи багатомірна, і досягнення високих критеріїв по одному і навіть шести критеріям ще не забезпечує підприємству успіх і виживання. Звідси, завдання керівника - найбільш повно і ефективно використовувати систему контролю, щоб забезпечити бажане поліпшення критеріїв.

Поліпшення умов виробництва з метою підвищення його ефективності здійснюється в двох напрямках:

1. Радикальна зміна умов протікання виробництва за рахунок впровадження нової техніки і технології.

2. Зміна умов виробництва за рахунок проведення організаційно-технічних заходів. Відношення кількості продукції, виробленої

економічною системою, до кількості ресурсів, спожитих для виробництва цієї продукції за той самий період часу, є ступінь ефективності виробництва.

Операційна діяльність - це основний вид діяльності підприємства, з метою здійснення якої воно створено.

Операційна діяльність підприємства характеризується наступними особливостями, які визначають характер формування прибутку:

1. Операційна діяльність є головним компонентом господарської діяльності підприємства. Прибуток від операційної діяльності підприємства складає найбільшу питому вагу в загальному обсязі прибутку підприємства.

2. Операційна діяльність має пріоритетний характер стосовно інших видів діяльності, розвиток яких повинний підтримувати її.

3. Інтенсивність розвитку операційної діяльності є основним параметром оцінки окремих стадій життєвого циклу підприємства.

4. Операції, що формують діяльність підприємства, носять регулярний характер, що і визначає регулярність формування прибутку.

5. Операційна діяльність орієнтована на товарний ринок. Відповідно й умови формування прибутку в значній мірі пов'язані зі станом кон'юнктури відповідних видів і сегментів товарного ринку.

6. Здійснення операційної діяльності, пов'язане з капіталом, вже інвестованим в неї. Інвестований в операційну діяльність капітал приймає форму операційних активів підприємства.

7. У процесі операційної діяльності споживається значний обсяг живої праці. Використання живої праці значною мірою визначає специфіку витрат, пов'язаних зі стимулюванням персоналу, забезпеченням належних умов праці, формуванням особливих видів податкових платежів підприємства і т.п., що відображається на умовах формування операційного прибутку.

На промисловому підприємстві є три блоки, тобто три послідовно здійснюваних етапи, характер яких визначається галузевими особливостями. Принципова схема здійснення операційної діяльності приведена на рис. 6.5.

Два етапи здійснення операційної діяльності пов'язані винятково з формуванням витрат, у той час як третій етап - переважно з формуванням доходів і частково з формуванням витрат. Це визначає і формування конкретних типів центрів відповідальності в процесі здійсненні операційної діяльності: на базі структурних підрозділів, що здійснюють перші два етапи операційної діяльності, повинні формуватися центри витрат; на базі структурних підрозділів, що здійснюють заключний етап операційної діяльності, повинні формуватися центри доходу; на базі структурних підрозділів, що здійснюють усі три етапи операційної діяльності, повинні формуватися центри прибутку.

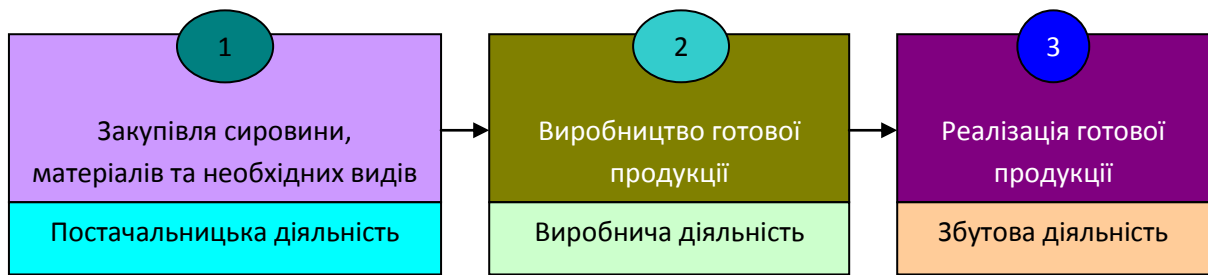


Рис. 6.5. Послідовність етапів здійснення операційної діяльності на підприємствах промисловості.

У процесі всіх трьох етапів операційної діяльності підприємство витрачає різні види ресурсів (матеріальні, нематеріальні, трудові, фінансові). З урахуванням послідовності здійснення операційної діяльності, її циклічності, особливостей формування доходів і витрат процес формування різних видів операційного прибутку представлений на рис. 6.6.

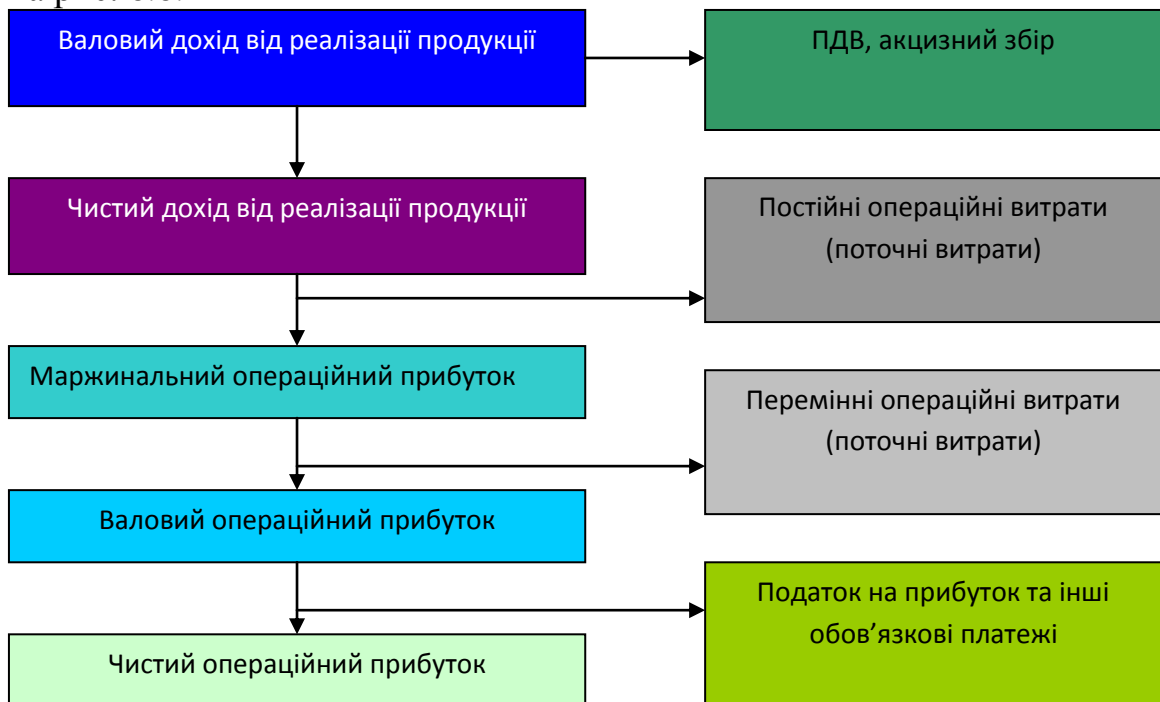


Рис 6.6. Схема формування різних видів операційного прибутку підприємства.

З приведеної схеми видно, що у процесі здійснення операційної діяльності формується три види операційного прибутку: 1. маржинальний; 2. валовий; 3. чистий. З урахуванням розглянутих питань поняття прибутку в найбільш узагальненому виді може бути сформульоване: „Прибуток це виражений у грошовій формі чистий дохід підприємства на вкладений капітал, який характеризує

винагороду за ризик здійснення підприємницької діяльності і є різницею між сукупним доходом і сукупними витратами в процесі здійснення цієї діяльності”.

Розглянемо роль прибутку підприємства в умовах ринкової економіки. Прибуток підприємства: 1. є головною метою підприємницької діяльності; 2. створює базу економічного розвитку держави в цілому; 3. є критерієм ефективності конкретної виробничої (операційної) діяльності; 4. основне внутрішнє джерело формування фінансових ресурсів підприємства, що забезпечує його розвиток; 5. головне джерело зростання ринкової вартості підприємства; 6. найважливіше джерело задоволення соціальних потреб суспільства; 7. основний захисний механізм, який запобігає погрозу і банкрутства на підприємстві.

Витрати підприємства відбивають сукупність його фактичних витрат на здійснення діяльності протягом розрахункового періоду. Від обсягу витрат залежить основний показник діяльності підприємства - прибуток. Всі витрати класифікуються і групуються за рядом ознак.

Класифікація витрат - засіб для вирішення завдань управління. Управління витратами включає: знання того, де, коли і у яких обсягах витрачаються ресурси підприємства; прогноз того, де, для чого і у яких обсягах необхідні додаткові фінансові ресурси; уміння забезпечити максимально високий рівень віддачі від використання матеріальних ресурсів. Класифікацію витрат розглянуто в табл. 6.1.

Таблиця 6.1.

Категорії витрат		
Група	Визначення	Приклад
1	2	3
По динаміці щодо обсягу випуску		
Постійні	Витрати, що залишаються незмінними поза залежністю від зміни обсягу випуску	Загальногосподарські витрати
Перемінні	Витрати, що змінюються прямо пропорційно зміні обсягу випуску	Витрати на основні матеріали
Змішані	Витрати, що змінюються при зміні обсягу виробництва, але на відміну від перемінних витрат не в прямій пропорції (тобто містять у собі постійну і перемінну складові)	Витрати на електроенергію

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3
По можливості віднесення на конкретний об'єкт калькуляції		
Прямі	Витрати, відношення яких до конкретного об'єкту калькуляції (виду продукції, підрозділу) просліджуються безпосередньо (прямі витрати не збігаються з перемінними: наприклад, витрати на утримання і експлуатацію устаткування цеху є прямими, але постійними)	Витрати на основні матеріали, зарплату робітникам і цеховому персоналу, утримання виробничого устаткування.
Непрямі	Витрати, що неможливо безпосередньо ототожнити з тим чи іншим об'єктом калькуляції	Витрати на утримання заводоуправління
За ступенем регулювання		
Цілком регульовані	Витрати, що відбивають чіткий (функціональний) взаємозв'язок між „входом ” і „виходом ” процесу виробництва	Основні матеріали
Частково регульовані (довільні)	Витрати, що виникають у результаті рішень, які приймаються керівником періодично. Твердий причинно-слідчий зв'язок між „входом ” і „виходом ” відсутній (можлива кореляційна залежність)	Витрати на маркетинг і рекламу
Слабко регульовані (задані)	Витрати, на величину яких неможливо впливати в короткостроковому періоді	Витрати на будівництво виробничого корпусу

Таким чином, управління витратами - це вміння заощаджувати ресурси і максимізувати віддачу від них. Це забезпечує на підприємстві: виробництво конкурентоздатної продукції за рахунок більш низьких витрат і, отже, цін; наявність якісної і реальної інформації про собівартість окремих видів продукції і їх позицію на ринку; можливість оцінити діяльність кожного підрозділу підприємства з фінансової точки зору; прийняття обґрунтованих і ефективних управлінських рішень в області виробництва, реалізації і фінансів.

Ціль класифікації витрат - виділити з загальної маси релевантну частину (частину, на яку можна вплинути в даний момент). Тому спосіб

класифікації буде залежати від конкретної задачі, що стоїть перед керівником (табл. 6.2).

Таким чином, необхідно розглядати витрати одночасно в декількох аспектах за: 1. стадіями технологічного процесу; 2. статтями витрат; 3. видами продукції; 4. центрами відповідальності (принципи розподілу на центри відповідальності будуть розглянуті далі); 5. динамікою витрат стосовно обсягу випуску; 6. ступенем регулювання витрат.

Щоб прийняти правильне рішення, керівнику важливо знати, які витрати і вигоди воно за собою потягне. Релевантними (істотними, значимими) можна вважати тільки такі майбутні витрати, що змінюються в результаті прийнятого рішення.

Таблиця 6.2.

Класифікація витрат щодо поставлених завдань

Питання, що стоять перед керівником підприємства	Класифікація витрат стосовно до даних
Як зміниться прибуток при оцінці зміни цін, витрат і обсягу виробництва? Які наслідки будуть мати зміни структури випуску? Яка оптимальна (найкраща) структура випуску?	За динамікою витрат відносно обсягу випуску: перемінні; постійні; змішані
Які витрати на виробництво в цілому? Які витрати на виробництво даного виду продукції чи групи видів продукції? Які витрати даного підрозділу?	За можливістю віднесення на конкретний об'єкт калькуляції (продукцію):
Наскільки великі відхилення "план-факт" і чим вони викликані? Хто відповідає за відхилення? Чи є можливість фінансового маневру? У чому конкретні резерви економіки?	За ступенем регулювання: ; цілком регульовані; довільні (частково регульовані); слабо регульовані

При визначенні релевантних витрат потрібно врахувати безповоротні і встановлені витрати. Безповоротні витрати, тобто витрати минулих періодів, не є істотними для прийняття управлінських рішень. Встановлені витрати (альтернативні витрати, упущена вигода) релевантні для прийняття рішення.

Розподіл витрат у залежності від зміни обсягів виробництва дозволяє:

- проводити аналіз беззбитковості й асортименту продукції; аналізувати зміну рентабельності при зміні умов виробництва;
- оптимізувати обсяг виробництва, прибуток і витрати з урахуванням попиту на продукцію підприємства.

Від формування поточних витрат залежить величина прибутку підприємства. Поточні витрати - витрати на виробництво і реалізацію

продукції, що відшкодовуються після завершення кругообігу засобів за рахунок виручки від реалізації продукції.

Таблиця 6.3.

Розходження між фінансовим і управлінським обліком

Області порівняння	Фінансовий облік	Управлінський облік
Основні споживачі інформації	Зовнішні користувачі інформації (банки, податкова інспекція)	Внутрішні користувачі інформації (керівник підприємства, керівники підрозділів, співробітники)
Мета обліку	Інформування зовнішніх користувачів (банків, ділових партнерів) про фінансовий стан підприємства, розрахунок податкових платежів	Забезпечення інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень
Обов'язковість	Необхідний за законодавством	Застосовується за рішенням керівництва підприємства
Воля вибору систем бухгалтерського обліку	Система подвійного запису. Обов'язкова відповідність нормативним актам	Обмежень щодо вибору систем обліку не існує
Теоретична база	Нормативні акти	Економічна теорія, теорія прийняття рішень
Використовувані вимірники	Грошові одиниці	Грошові чи натуральні одиниці
Основний об'єкт аналізу	Підприємство в цілому	Центри відповідальності усередині підприємства, види продукції, проекти
Частота складання звітності	Періодично відповідності вимогами законодавства	В міру необхідності і відповідно до потреб керівництва підприємства
Ступінь надійності	Вимагає об'єктивності. Орієнтований на контроль минулого	Залежить від цілей планування. Орієнтований на прогноз майбутнього
Головні вимоги до інформації	Точність	Адекватність

Менеджер виробництва, здійснюючи оперативне фінансове управління, може впливати на величину одержуваного прибутку через

механізм формування внеску на покриття для одиниці продукції. Внесок на покриття постійних витрат і формування прибутку є різницею між виручкою від реалізації продукції і перемінними витратами на виробництво цієї продукції (маржинальний доход). Внесок на покриття для одиниці продукції - це чисті грошові надходження від продажу додаткової одиниці продукції. Не вільні кошти, тому що частина їх повинна піти на покриття постійних витрат. Після того, як коштів буде досить для покриття всієї суми постійних витрат, підприємство буде одержувати прибуток. Тому необхідно прагнути до максимального збільшення внеску на покриття.

Ефективне управління поточними витратами неможливе без визначення порога рентабельності (точки беззбитковості). За допомогою порога рентабельності визначається період окупності витрат. Визначення „точки беззбитковості” передбачає роздільний облік перемінних і постійних витрат, що є особливістю системи „директ – костінг”. Сутність системи „директ-костінг”: - це включення до складу собівартості лише прямих витрат. Головна увага в цій системі приділяється вивченню поведінки витрат у залежності від обсягу виробництва, що дозволяє гнучко й оперативно приймати рішення щодо нормалізування фінансового стану підприємства. Найбільш важливі можливості системи - це оптимізація прибутку й асортименту продукції, що випускається та визначення ціни на продукцію.

Система „директ-костінг” базується на поділі загальних витрат підприємства на постійні і змінні; згідно цієї системи можливо тільки другу групу включати в собівартість продукції.

Багато підприємств дотепер включають у собівартість усі витрати і пов'язані і не пов'язані безпосередньо з процесом виробництва. У довгостроковому плані потрібно орієнтуватися на покриття усіх витрат. Але якщо залежаний товар, або потрібно вийти на даний ринок, або зберегти своїх клієнтів, то існують варіанти конкретних рішень у встановленні реальної ціни на виріб („верхній”, коли покриваються виручкою усі витрати, „нижній” - дорівнює сумі прямих витрат). У цьому випадку менеджер повинний мати інформацію, нижче якої межі в який момент він не може опустити ціну.

Важливим є облік витрат. У сучасних умовах управлінський облік сильно інтегрований з бухгалтерським, тому що в стандартному плані рахунків передбачені рахунки для обліку виробничих витрат і результатів діяльності. Корінна відмінність управлінського обліку від фінансового полягає в тому, що фінансовий облік орієнтується на зовнішніх користувачів інформації, а управлінський - на внутрішніх користувачів (на керівників підприємства і його підрозділів).

Цим обумовлені всі інші відмінності, що перераховані в табл. 6.3. Основне завдання управлінського обліку - бути інформаційною основою для прийняття управлінських рішень. Для цього в управлінському

обліку застосовуються особливі методи обліку витрат. З метою планування і контролю витрати можна розділити на 3 групи за ступенем регулювання: цілком, частково, слабо регульовані. Ознаки різних груп витрат перераховані в табл. 6.4.

Таблиця 6.4.

Класифікація витрат за ступенем регулювання

Група	Опис	Приклад	Часовий горизонт
Повністю регульовані	Відбивають функціональний взаємозв'язок між входом і виходом	Основні матеріали	Короткотерміновий період
Частково регульовані (довільні)	Відсутній жорсткий причинно-наслідкових зв'язок між входом і виходом; виникають в результаті періодично прийнятих рішень	Реклама	Більш довгостроковий період
Слабо регульовані (задані)	Виникають як результат володіння довгостроковими активами (наприклад, основні засоби)	Будівництво нового цеху	Самий довгостроковий період

Ступінь регулювання витрат корелює з функціональними областями, де виникають витрати (рис. 6.7).

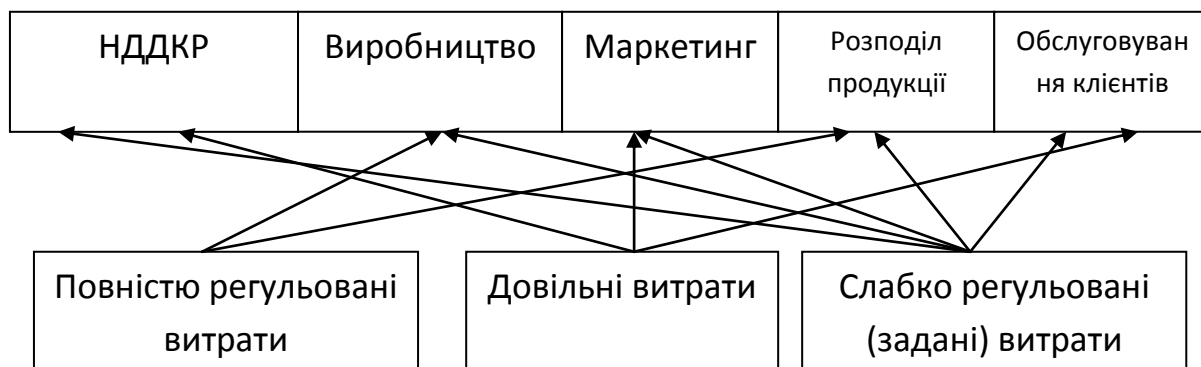


Рис. 6.7. Функціональні області виникнення витрат різних груп регулювання.

Повністю регульовані витрати виникають насамперед у сферах виробництва і розподілу продукції. Довільні витрати мають місце головним чином в НДДКР (науково-дослідних і дослідно-конструкторських роботах), маркетингу і обслуговуванні клієнтів. Слабо регульовані (задані) витрати виникають у всіх функціональних областях. Порівняльна характеристика цілком регульованих і довільних витрат представлена в табл. 6.5.

Необхідність у класифікації витрат за ступенем регулювання очевидна: адже будь-яка інша класифікація (перемінні чи постійні,

прямі чи непрямі) у кінцевому рахунку призначена саме для виявлення релевантних витрат, а даний підхід дозволяє зробити це відразу, без опосередковуючих ланок. Однак єдиної методики класифікації витрат за ступенем регулювання, яка підходила б для будь-якого підприємства, розробити неможливо: існує лише загальний підхід. Ступінь регулювання витрат (по визначенню) залежить від специфіки конкретного підприємства і працюючих на ньому людей (корпоративної культури), а тому завжди носить трохи суб'єктивний характер.

Класифікація витрат за ступенем регулювання дозволяє зрозуміти, хто і наскільки сильно може впливати на витрати, але вона нічого не говорить про те, яким образом можна це зробити. Тому класифікація витрат за ступенем регулювання застосовується в сполученні з іншими способами класифікації витрат, зокрема, відносно обсягу випуску.

Очевидно, що ступінь регулювання витрат буде різною в залежності від умов: тривалість періоду часу (у довгостроковому періоді з'являється можливість впливати на ті витрати, що у короткостроковому періоді вважаються заданими); повноважень особи, яка приймає рішення (витрати, що є заданими на рівні начальника цеху, можуть виявитися регульованими на рівні директора підприємства).

Таблиця 6.5.

Порівняння цілком регульованих і довільних витрат.

Параметри порівняння	Цілком регульовані витрати	Довільні витрати !
Ресурси	Матеріальні і трудові ресурси	Трудові ресурси
Технологія	Стандартний, добре вивчений процес Висока повторюваність операцій .	„Чорний ящик ” (неповна інформація про процес) Нестандартний, неповторюваний процес
Основний результат	Продукція чи кількісно вимірні послуги Легко вимірити величину Легко перевірити якість	Інформація Важко виміряти величину Важко перевірити якість
Рівень невизначеності	Середній чи невеликий	Високий

Тому класифікація витрат за ступенем регулювання на підприємствах застосовується в сполученні з розподілом на центри відповідальності. На будь-якому промисловому підприємстві є три блоки: постачання, виробництво і збут. Резерви зниження собівартості

розподіляються за блоками приблизно так: у постачанні - 50, у виробництві - 10, у збуті - 40%. Резерви зниження собівартості у блоках постачання і збуту є обґрунтована цінова політика.

У виробничому блоці - це нормативна частина і обґрунтованість виробничих витрат. Отже, потрібні нормативи на усі види матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів. Наявність нормативів дає можливість керівнику мати на початок місяця в базових цінах і базових нормах повну калькуляцію прямих витрат. Але протягом місяця середньозважена вартість ресурсу міняється, у результаті чого коливається вартісне вираження витрати.

Відповідно менеджер проводить факторний аналіз відхилень: скажемо, через перевитрату матеріалу, недовантаження, неефективне використання устаткування. Друга складова відхилення - обсяг прямих витрат. Він аналізується по продуктах чи по центрах витрат, наприклад, по цехах. Усі проміжні оперативні дані з бух обліку регулярно попадають у систему динамічного перекалькулювання. Тому керівник завжди має картину стану собівартості на сьогоднішній день.

Якщо непідтвердження зовнішніх замовлень знижує обсяг замовлення виробництву з боку відділу збуту, перераховується обсяг випуску. В результаті керівник може управляти всіма показниками собівартості: вони залежать від обсягу випуску і зовнішніх умовних факторів. Відповідно, динамічно перераховується прогноз маржинального доходу.

Включаючи в собівартість тільки прямі витрати, маємо об'єкт аналізу незалежний від загально цехових і загальнозаводських витрат, що бувають значними і поїдають створюваний маржинальний дохід. Тому необхідно побудувати модель нормативного планування і оперативного обліку собівартості, що дозволить забезпечити повний контроль над мікроекономікою підприємства.

На сучасному етапі розвитку економіки умовою успішної діяльності підприємства стає добре продумана стратегія управління ним - формування загальних напрямків розвитку, що конкретизуються потім у вигляді проблем, завдань, які у питаннях майбутнього розвитку підприємства стають основними. Стратегічне управління дозволяє порівнювати цілі розвитку з наявним потенціалом потужностей і надавати рівноваги зовнішнім умовам і внутрішнім можливостям їх здійснення.

Найважливішим завданням стратегічного планування в сучасних умовах господарювання є забезпечення підприємством можливості досягнення необхідної переваги перед іншими конкурентами шляхом використання найефективніших засобів. Щоб промислове підприємство могло встановити власний довгостроковий конкурентний цикл розвитку, воно повинне зростати швидше, ніж підвищується потенціал його основних конкурентів.

Потенціал промислового підприємства найбільш впливає не тільки на кінцеві результати його діяльності, але і на межі економічного росту і структурного розвитку всієї організації. Під потенціалом підприємства розуміється сукупність показників і чинників, що характеризують його силу, джерела, можливості, засоби, запаси, спроможності, ресурси, які можуть бути використані в економічній діяльності. Вибір напрямку або стратегії розвитку потенціалу підприємства залежить в основному від складу, структури і якості наявних економічних ресурсів, рівня конкурентоздатності виконуваних робіт і послуг, існуючого положення на ринку і майбутніх цілей.

У загальному виді планування розвитку потенціалу промислового підприємства включає наступні етапи: 1. Оцінка структури, динаміки й ефективності використання виробничих ресурсів і можливостей підприємства, його частки або положення на ринку. 2. Визначення рівня конкурентоздатності основних видів продукції, самого підприємства в цілому і його сукупного потенціалу. 3. Аналіз наявних виробничих резервів і втрат економічних ресурсів на підприємстві. 4. Вибір основної стратегії і тактики розвитку потенціалу промислового підприємства. 5. Планування розвитку потенціалу підприємства з урахуванням обраних перспективних цілей і існуючих обмежень ресурсів. 6. Здійснення запланованих заходів, зв'язаних із забезпеченням економічного зростання і розвитку потенціалу підприємства.

Підвищення рівня розвитку потенціалу зводиться до аналізу його структури, оцінки і планування впливу великої сукупності чинників на конкурентоздатність підприємства і його місце на діючому ринку.

Сукупний потенціал промислового підприємства включає трудовий, економічний, організаційний, науково - технічний, виробничий, підприємницький і фінансовий потенціал.

Економічний потенціал промислового підприємства являє собою склад його ресурсів - трудових, матеріальних, фінансових та інших, існуючих у розпорядженні підприємства для виробництва запланованих робіт і послуг. Стан економічного потенціалу підприємства характеризують наступні чинники і показники: обсяг і якість виробничих ресурсів, чисельність промислово - виробничого персоналу, склад основних виробничих фондів, розмір оборотних коштів і матеріальних запасів, наявність фінансових ресурсів і нематеріальних активів, використання патентів, ліцензій, технологій, інформації; спроможність персоналу підприємства до професійної діяльності у всіх сферах виробництва і на всіх рівнях управління; фінансовий стан підприємства, рівень поточної платоспроможності і ліквідності, зовнішня і внутрішня заборгованість, ступінь кредитоспроможності; стан наукової, творчої, раціоналізаторської та інноваційної діяльності, спроможність до відновлення виробництва і зміни діючої технології; інформаційне забезпечення маркетингової, проектної, виробничої і

фінансової діяльності, якість використовуваної інформації, ступінь її обґрунтованості і достовірності.

Трудові та економічні показники містять комплексну характеристику найважливіших соціально - економічних, науково - технічних, фінансово - інвестиційних і багатьох інших чинників або індикаторів, які дозволяють оцінити загальний і сукупний потенціал промислового підприємства.

Технічний потенціал підприємства (рис. 6.8) розвивається за наступними основними напрямками: розробка конкурентоздатної продукції; впровадження прогресивної технології; удосконалення організації виробництва; автоматизація виробничих процесів; реструктуризація діючого виробництва; зниження витрати виробничих ресурсів; зростання виробничої потужності підприємства; підвищення професіоналізму персоналу; стандартизація і уніфікація продукції.

Технічний розвиток виробництва відображає процес формування і удосконалення техніко - технологічної бази підприємства і як об'єкт організаційно - економічного управління охоплює різні форми, які можуть відображати визначені стадії процесу розвитку виробничого потенціалу.

Із сукупності форм технічного розвитку доцільно виділити ті, котрі характеризують підтримку техніко-технологічної бази підприємства її безпосередній розвиток через удосконалення і нарощування виробництва.

Ступінь або рівень розвитку потенціалу підприємства можна представити співвідношенням різних порівняльних характеристик його сьогоденного стану з відповідними еталонними (нормативними) показниками або стандартами. У якості бази порівняння можуть бути використані світові або вітчизняні стандарти, галузеві або регіональні еталони, а також корпоративні або внутрішньогосподарські нормативи. Система подібних стандартів може стати основою планування і управління розвитком потенціалу промислових підприємств.



Рис. 6.8. Форми технічного розвитку підприємства [74].

Комплекс стратегічних рішень і найбільш ефективних засобів досягнення поставлених кінцевих цілей підприємства представляє комплексну програму його розвитку.

Принципами формування комплексної програми розвитку підприємства (КПП) є:

1. Ринкова орієнтація, тобто потреба ринку у визначених видах продукції, а це значить: відновлення номенклатури продукції, що випускається, включаючи перехід на випуск нових її видів із використанням досягнень НТП; розвиток структури виробничих потужностей за рахунок технічного переозброєння і модернізації виробництва на базі впровадження високоефективних технологій; удосконалення системи управління, включаючи організаційний розвиток підприємства; перетворення соціальної структури промислового підприємства, у тому числі системи підготовки кадрів.

2. Програмно-цільова спрямованість, що обумовлена: спроможністю сучасної економіки до швидких змін; непевністю в економічній ситуації (імовірнісний характер довгострокових цілей, непевність ресурсного потенціалу).

3. Комплексність, охоплення всіх сторін діяльності підприємства: виробничої, економічної, соціальної, природоохоронної. Програмно - цільовий підхід є одним з інструментів реалізації принципу комплексності.

4. Варіантність, що припускає проробку варіантів реалізації обраної стратегії і вибір найбільш ефективного (за заданим критерієм).

5. Гнучкість, Зростання інерційності промислових підприємств припускає необхідність заздалегідь формувати резервний економічний потенціал і науково - технічний заділ для здійснення перебудови при появі нових можливостей розвитку.

6. Економічна обґрунтованість. Доцільність здійснення конкретного варіанта програми повинна бути обґрунтована. Головна роль приділяється якісному аналізу, визначенню й оцінці наслідків прийняття рішення.

7. Етапність. Розробка і реалізація комплексних програм розвитку повинна мати визначені етапи. При цьому строго дотримується загальна цільова спрямованість програми і орієнтація на максимальну ефективність.

Основою формування КППП є обстеження підприємства для визначення основних стратегічних напрямків розвитку і формування довідково-інформаційного банку стратегічних даних. Досліджується положення підприємства в ринковому середовищі, проводиться аналіз його діяльності, виявляються сильні і слабкі сторони.

Підприємство доб'ється успіху тоді, коли йому вдасться використати свої сильні сторони в повній відповідальності з тими шансами, які надаються навколишнім оточенням.

Сильні і слабкі сторони підприємства, як правило, представлені його ресурсами і спроможністю, які в сукупності створюють потенціал для використання ринкових планів, що надаються. Із сполучення виробничого потенціалу з ринковим складається стратегічний потенціал успіху.

Обираючи методи управління стратегічним потенціалом, підприємство повинно усвідомлювати обмеженість свого впливу на ринковий потенціал. Головне завдання стратегічного управління полягає в організації власного потенціалу з чіткою орієнтацією на ринкову ситуацію. Це загальне завдання можна розглядати як два окремих. У короткостроковому періоді на перше місце висувається проблема поточної ефективності, тобто перетворення існуючих ресурсів і спроможностей у ринкові конкурентні переваги, тоді як у довгостроковій перспективі проблема полягає в розвитку нових ресурсів і спроможностей, що дозволили б використовувати ринкові шанси.

Стратегічні програми підприємств складаються на базі припущень про достовірність розвитку майбутніх подій, зв'язків, взаємодій. Внаслідок складності, непевності, динамічності, непередбачуваності зовнішнього середовища вирішення завдання проблематичне. Тому необхідний стратегічний контроль, ціль якого полягає в безупинному спостереженні за достовірністю передумов, що лежать в основі плану.

Головна проблема полягає в управлінні реалізацією планів і програм, тому що невдача в їх здійсненні має прямі наслідки для успіху підприємства.

Складність завдань визначає необхідність збалансованого їх розподілу в рамках стратегічного управління потенціалом успіху. Варто виділити три системи для вирішення поставлених завдань - стратегічне планування, реалізація і контроль, які відповідають за розробку, здійснення і ревізію стратегії підприємства (рис. 6.9).

Система планування: розробка планів стратегічної орієнтації підприємств на базі аналізу ринку і внутрішньофірмові ресурсів. У рамках цієї системи визначається стратегічний потенціал успіху, який необхідно задіяти в майбутньому. З урахуванням довгострокових цілей підприємство повинно вирішити, чи треба шукати новий потенціал або слідувати раніше наміченим курсом, тобто використовувати уже виявлений.



Рис. 6.9. Управління стратегічним потенціалом підприємства.

В області створення потенціалу успіху, звичайно виділяються чотири принципово важливих шляхи.

1. Орієнтація на існуючий внутрішньофірмовий виробничий потенціал на освоєних ринках. При цьому основну увагу підприємство концентрує на своїх сильних сторонах. Очевидно, що подібна орієнтація чревата ослабленням конкурентних позицій, особливо на динамічних ринках.

2. Створення нового виробничого потенціалу на вже освоєних ринках. Цей головний напрямок у розвитку підприємства у випадку, коли оброблені ринки мають достатній потенціал росту і коли у підприємства немає засобів для експансії на інших ринках. З вмиканням у роботу нового потенціалу підприємство прагне поліпшити або зберегти свої конкурентні позиції.

3. Освоєння нових ринків за допомогою існуючого виробничого потенціалу. Підприємство на базі своїх ресурсів і компетенції шукає нові можливості або ринки, де вони могли б прибутково використовуватися. Головною проблемою при такій орієнтації часто є

відсутність ринкового "ноу-хау", що утрудняє профілювання товарів і послуг споживачів і формування ефективної збутової мережі.

4. Створення нового виробничого потенціалу для освоєння нових ринків найбільш важкий шлях, тому що підприємство не знайоме зі специфікою нового ринку і до того ж змушене розвивати компетенції, що повинні забезпечити йому довгострокові переваги перед конкурентами. Через великі ризики подібна ситуація виправдана в тих випадках, коли ринок обіцяє дуже високий прибуток. Це, як правило, типово для ринків, що зароджуються, на яких новий постачальник товарів і послуг не зазначає звичайного тиску з боку конкурентів, які тут влаштувалися. Подібна орієнтація не виправдана, коли ринок не має високого потенціалу зростання, чреватий великими ризиками, а наявні ресурси підприємства не гарантують експансії.

Система реалізації: у рамках системи реалізації повинні конкретизуватися або підготовлятися до здійснення всі завдання і заходи, намічені в системі планування. Тут же перевіряється їх ефективність. Завдання системи реалізації полягає в забезпеченні створення стратегічного потенціалу успіху, з одного боку, і перетворення його в стратегічні чинники успіху - з іншого.

Система контролю, стратегічна система контролю забезпечує критичну оцінку діючої стратегії підприємства. Щоб завчасно розпізнати ринкові небезпеки і зв'язані з ними зміни, необхідна постійна перевірка придатності стратегічних планів. Важливо правильно оцінити, наскільки прийняті в минулому рішення ще придатні на фоні поточного й очікуваного розвитку ринкової ситуації.

У цьому зв'язку особливе значення набуває стратегічний контроль. Недогляди і помилки в області стратегії виявляються через значний час, тому стратегічний контроль націлений не стільки на виявлення зроблених у минулому помилок, скільки на ідентифікацію необхідних поправок курсу у майбутньому. В області стратегічного контролю звичайно виділяють три елементи - контроль передумов, контроль реалізації і стратегічний нагляд.

Контроль передумов. Рішення щодо створення потенціалу успіху орієнтовані на майбутнє і тому базуються на прогнозах розвитку релевантних чинників. Подібні прогнози включаються в плани в якості передумов. Можна сказати, що любий стратегічний план фактично базується на сукупності передумов, які повинні постійно перевірятися на придатність у випадку можливих змін.

Контроль реалізації. Цей вид контролю може бути орієнтований як на перевірку ефективності задіяного виробничого потенціалу, так і на результати робіт із створення нових ресурсів і компетенції підприємства. У рамках даної функції необхідно відповісти на наступні питання: чи дотримуються плани по створенню нового виробничого потенціалу; чи досягається за допомогою діючого потенціалу адекватна

конкурентна позиція на ринку; чи забезпечує завойована позиція задовільний рівень прибутку.

Планування і управління розвитком потенціалу підприємства буде сприяти безупинному його економічному зростанню за рахунок найбільш раціонального і використання усіх виробничих ресурсів.

6.4. Підготовка виробництва до випуску нової продукції

Більшість товарів, які здатні задовольнити існуючі потреби багатьох покупців, є втіленням єдиного правильного рішення, що вибране з множини варіантів. Змінюваний рівень потреб у будь-яких виробках зумовлює зміни обсягів продажу й отримання прибутку у часі. З погляду попиту товари та послуги мають свій природний життєвий цикл, який складається зі стадій (фаз): упровадження, зростання, зрілості, насичення, спаду. Концепція життєвого циклу товару розглядає динаміку конкурентоспроможної присутності його на ринку. Стосовно виробництва цикл життя виробу охоплює період від зародження, початку його промислового освоєння, нарощування випуску, стабілізації, спаду випуску до повного припинення виготовлення. Таким чином, життєвий цикл виробу - це сукупність взаємопов'язаних процесів створення і послідовної зміни його стану від формування вихідних ринкових вимог до закінчення експлуатації або споживання.

Зростаюча конкуренція змушує підприємства проводити активну товарну політику, що враховує тенденції ринкового середовища і технологічного прогресу. Концепція життєвого циклу товарів наочно показує, що незалежно від успіху на ринку будь-який виріб через певний час неминуче йде з ринку. Підприємства у зв'язку з цим змушені постійно здійснювати інноваційну діяльність, вести комплекс робіт з підготовки та випуску нових виробів чи надання нових видів послуг. Конкуренція змушує самостійні фірми бути зацікавленими в оновленні продукції, що зумовлює необхідність ринкового відбору конкуруючих нововведень. Відомо, що в основу економічного життя покладені інноваційні процеси, їх утілення в нових продуктах та новій техніці. Інноваційний процес являє собою підготовку та здійснення конструктивних змін і складається з взаємопов'язаних фаз, що створюють єдине, комплексне ціле. Результатом такого процесу є зміна - інновація, яка реалізована і використана.

З нарощуванням глобалізації ринків товарів значно підвищилися вимоги до продукції, що виробляється в різних країнах, з боку споживачів та посередників, які б хотіли бути впевненими в її якості. Ймовірність того, що створена продукція відповідатиме вимогам споживача, підвищується, якщо на підприємстві діє ефективна система

забезпечення якості продукції або послуг. Ці обставини зумовили включення до комерційних контрактів на постачання продукції поряд з традиційними показниками вимог до систем якості та їх перевірки в постачальника. Такий підхід змушує розглядати життєвий цикл виробу з позиції забезпечення його конкурентоспроможності на 12 етапах, починаючи з етапу маркетингу і закінчуючи утилізацією.

Життєвий цикл виробу охоплює такі етапи:

- 1) маркетинг, пошуки і вивчення ринку (необхідно встановити, яка продукція потрібна споживачу, якої якості та за якою ціною - МПР);
- 2) проектування і (або) розробка технічних вимог, розробка виробу (конструкторська підготовка виробництва - КПВ, конструктор встановлює можливість виготовлення продукції, матеріали та орієнтовну ціну);
- 3) матеріально-технічне забезпечення (МТЗ);
- 4) підготовка та розробка виробничих процесів (технологічна підготовка виробництва - ТПВ);
- 5) виробництво (ВР);
- 6) контроль, проведення випробувань та обстеження (КВО);
- 7) упакування і збереження (УЗ);
- 8) реалізація та розподіл продукції (РРП);
- 9) монтаж і експлуатація (МІЕ);
- 10) технічна допомога в обслуговуванні (ТДО);
- 11) сервіс після продажу (СП);
- 12) утилізація після використання (УТ).

Новий товар може бути нововведенням чи модифікацією існуючого, що споживач вважає значущим. Переваги нового товару визначаються унікальними властивостями, що виділяють його серед аналогічних за призначенням виробів. Унікальність властивостей товару характеризується ступенем утілення в ньому бажаних для споживача функціональних параметрів і якістю виконання. Для комерційного успіху нового товару важливо, щоб споживачі вчасно мали інформацію про його характеристики. Для виробника має не менше значення визначити терміни початку модернізації або проектування та освоєння нових виробів. Відповідь на ці питання залежить від рівня організації комплексу взаємопов'язаних робіт, які охоплюють весь цикл створення та освоєння продукції. Послідовність стадій створення й освоєння нових виробів у виробництві та взаємозв'язок обсягів, термінів і витрат на їх здійснення, можливості скорочення циклу виконання комплексу робіт показано на рис. 6.10.

Розробити і впровадити у виробництво новий виріб означає реалізувати знання, нову ідею в матеріальному продукті, який задовольняє певні потреби споживачів. Матеріалізація знань, ідей потребує значних затрат часу та витрат фінансових ресурсів. Ринкова конкуренція ініціює збільшення рівня новизни продукції та частоти зміни її моделей, що, у свою чергу, збільшує потребу в інвестиціях у проектування та виробництво. Наприклад, тільки витрати на виготовлення нового виробу в перший рік його випуску перевищують удвічі і більше витрати п'ятого року випуску.

Тому важливо забезпечити такий вибір оптимального періоду зміни моделей виробів, щоб сумарні витрати на розроблення і впровадження у виробництво, а також утрати від морального зносу були мінімальні, а рівень їх економічної ефективності був максимальним. З позиції чинника часу, життєвий цикл продукції охоплює період від початку розробки нової продукції, далшим її освоєнням, виготовленням та зняттям з виробництва.

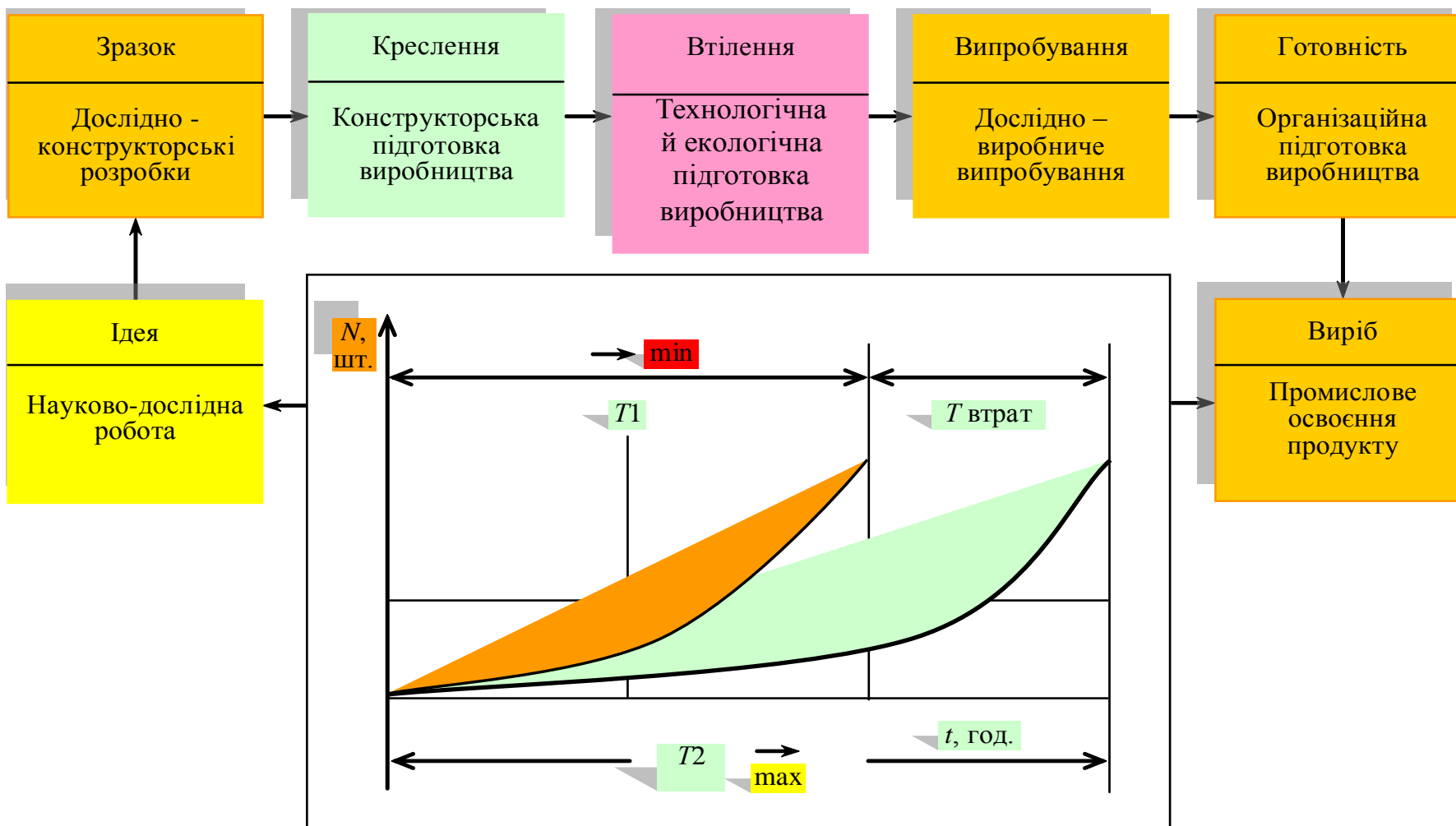


Рис. 6.10. Система створення та освоєння виробництва нового виробу (CONB) [52].

Комплексна підготовки виробництва машинобудівних підприємств. На машинобудівних підприємствах процеси створення та освоєння виробництвом нової продукції утворюють систему комплексної підготовки виробництва, як невід'ємної частини процесу виробництва.

Комплексна підготовка виробництва являє собою сукупність взаємопов'язаних маркетингових і наукових досліджень, технічних, технологічних і організаційних рішень, спрямованих на пошук шляхом досліджень нових можливостей задовольнити потреби споживачів у конкретних видах продукції чи наданні існуючим необхідних функціональних властивостей; створення нових, модернізацію діючих конструкцій техніки, споживчих властивостей товарів, технологічних процесів, методів організації й управління виробництвом, включаючи стадії експлуатації та утилізації цих виробів; забезпечення конкурентоспроможності нової продукції.

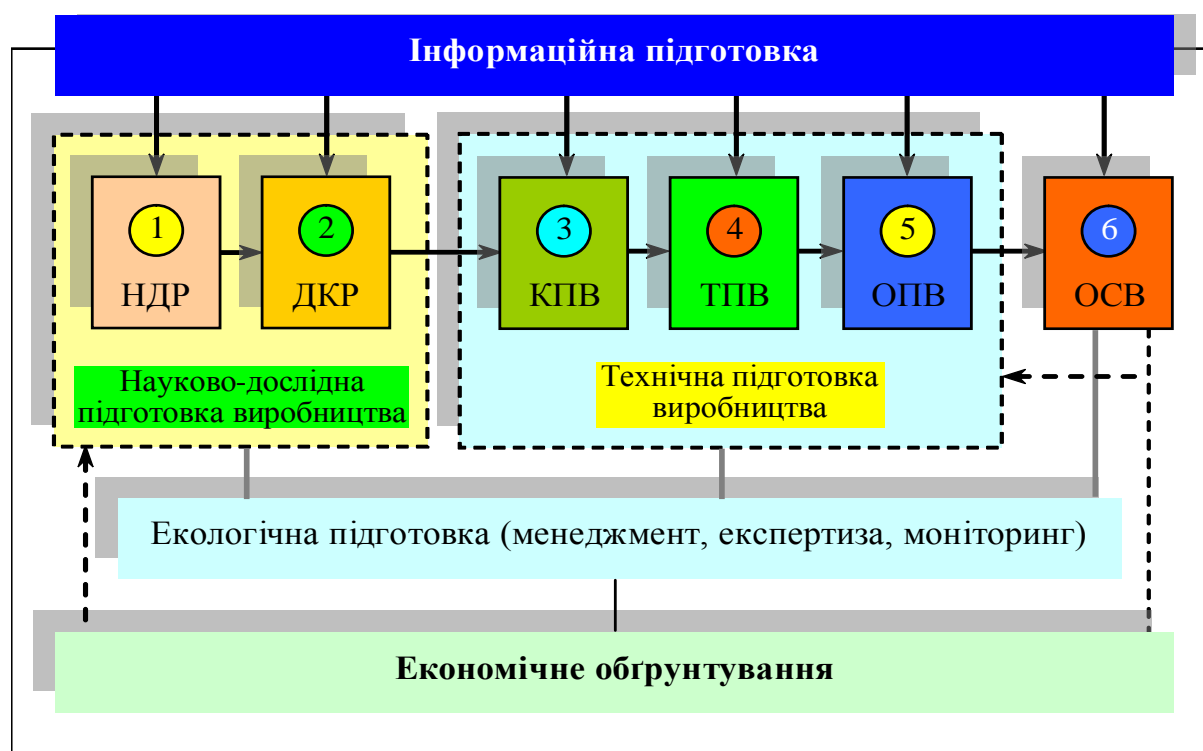


Рис. 6.11. Система комплексної підготовки виробництва як сукупність стадій життєвого циклу нового виробу.

Комплексну підготовку виробництва слід розглядати з позиції системного підходу. Системний підхід завдяки взаємодії частин або елементів, які входять до комплексу, забезпечує посилення його функції, спрямованої на досягнення поставленої цілі й отримання ефекту. Система комплексної підготовки виробництва охоплює певні взаємопов'язані стадії життєвого циклу нового виробу: 1) науково-дослідні роботи (НДР); 2) дослідно-конструкторські роботи (ДКР); 3) конструкторська підготовка виробництва (КПВ); 4) технологічна

підготовка виробництва (ТПВ); 5) організаційна підготовка виробництва (ОПВ); 6) освоєння нового виробу в промисловому виробництві (ОСВ).

Перші дві стадії НДР та ДКР утворюють підсистему науково-дослідної підготовки виробництва. КПВ, ТПВ та ОПВ, у свою чергу, складають підсистему технічної підготовки виробництва.

У практичній діяльності комплексну підготовку іноді називають науково-технічною підготовкою виробництва. Підсистема науково - дослідної підготовки охоплює роботи з комплексного дослідження ринку, покупців і конкурентів; вивчення зарубіжної патентної інформації; пошуку ідеї (задуму) нового товару; комерційного аналізу, оцінки і відбору ідей; розроблення концепції товару ринкової новизни і визначення його конкурентоспроможності; створення передових, досконалих, спрощених конструкцій виробів; завоювання частки ринку. Організація виконання цієї фази підготовки виробництва на підприємстві покладається на службу маркетингу. Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи відносно конкретної продукції можуть виконуватися відповідними науково-дослідними підрозділами підприємства або спеціалізованими науково-технічними організаціями.

Підсистема технічної підготовки виробництва охоплює сукупність процесів проектно-технічного, технологічного та організаційного характеру, спрямованих на розроблення конструкторської документації та освоєння виробництвом нових видів конкурентоспроможної продукції. До основних завдань технічної підготовки виробництва (ТПВ) належать: створення комплексу креслень нової продукції з використанням результатів прикладних НДР та ДКР, забезпечення функціональності та заданого рівня якості об'єкта проектування; використання прогресивних технологічних процесів для виготовлення нових виробів; скорочення тривалості виробничого циклу „проектування – виготовлення ”; економія трудових, матеріальних і фінансових ресурсів; оперативне реагування на зміну потреб споживачів; підготовка всіх організаційно-технічних заходів для ритмічного та високопродуктивного функціонування виробництва.

Усі стадії комплексної підготовки виробництва потребують всебічної інформаційної підготовки, екологічної підготовки, а також економічного обґрунтування, завдяки чому підрозділи, що виконують роботи зі створення та освоєння випуску нового виробу, системно й ефективно взаємодіють для досягнення поставленої мети задоволення споживачів та отримання прибутку.

Стадії науково-технічної підготовки виробництва принципово нових складних видів продукції мають свою спрямованість і характерні особливості. Науково-дослідні роботи зі створення продукції - це комплекс досліджень, що проводиться з метою отримання нових знань, обґрунтованих вихідних даних, пошуку нових ідей, принципів, методів та шляхів створення нової або модернізації продукції, що випускається.

Дослідно-конструкторські роботи - сукупність взаємопов'язаних процесів зі створення нових або модернізації діючих конструкцій виробів згідно з установленими вимогами замовників, виготовлення та випробування їх дослідних або головних зразків. Конструкторська підготовка виробництва - створення комплекту креслень для виготовлення і випробування макетів, дослідних зразків (дослідної партії), настановної серії та документації для серійного і масового виготовлення нових виробів з використанням результатів прикладних НДР та ДКР.

Технологічна підготовка виробництва об'єднує роботи зі створення та вдосконалення технологічних процесів виготовлення продукції, документального їх оформлення, проектування та виготовлення необхідного технологічного оснащення, планування розташування устаткування та виробничих підрозділів, екологічного моніторингу параметрів спроектованих виробів та процесів.

Організаційна підготовка виробництва являє собою сукупність взаємопов'язаних процесів з вибору форм і методів організації виробництва нових виробів, забезпечення їх необхідними матеріалами і комплектуючими, підготовки і перепідготовки кадрів, оперативно-виробничого планування.

Освоєння виробництва передбачає перевірку і вдосконалення спроектованих конструкцій та технологічних процесів, освоєння нових форм організації виробництва та оволодіння практичними прийомами виготовлення продукції зі стабільними показниками і в заданому обсязі. Кожна стадія науково-технічної підготовки виробництва розподіляється на певні етапи, а етапи, у свою чергу, на окремі роботи. Наведений розподіл процесу створення та освоєння нової продукції за стадіями має умовний характер, особливо на сучасному етапі використання інформаційних комп'ютерних технологій. За наявності програмного забезпечення різноманітні роботи, етапи та стадії виконуються паралельно або паралельно-послідовно за певними варіантами пошуку оптимальної моделі не тільки виробу, а й самої виробничої системи.

Система розроблення й освоєння виробництва нової продукції залежить від номенклатури, технічного рівня виробів, що випускаються; періодичності та глибини зміни їх конструкції; складності технології, що застосовується; технічного рівня устаткування; матеріального забезпечення; організації праці та виробництва; кваліфікації персоналу, його мотивації та ін. Підприємства різних галузей мають певну техніко-технологічну та організаційно-економічну специфіку, тому кожне з них формує свою систему комплексної підготовки виробництва (рис. 6.12.), яка передбачає певний склад робіт та порядок їх проведення в межах життєвого циклу продукції.

Процес створення та освоєння нових виробів має низку особливостей, які необхідно враховувати під час його організації:

комплексність, зростання складності та масштабів наукових досліджень стосовно об'єктів, що розробляються; імовірний характер процесів підготовки виробництва, який зумовлений новизною, ступенем об'єктивності первісної інформації та невизначеністю кінцевих результатів; неповторюваність, динамічність науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт; людський чинник.

У науково-технічній підготовці виробництва нових виробів бере участь велика кількість підрозділів підприємства. За функціями, що виконуються, вони групуються на тематичні, функціонально-тематичні, виробничі, обслуговуючі підрозділи, а також функціональні служби управління.

До тематичних підрозділів належить: дослідні, схемо - технічні відділи та лабораторії, які є головними розробниками конкретних виробів; конструкторські, конструкторсько-технологічні та технологічні відділи і лабораторії. До функціонально-тематичних підрозділів належать відділи головного технолога, технологічного устаткування, вимірювальної техніки, випробувань, технічного контролю, які за своїм профільним напрямом виконують роботи для всіх тематичних підрозділів.

Виробничими підрозділами вважаються дослідні виробництва, цехи, дільниці, які є експериментальною базою для перевірки результатів дослідно-конструкторських робіт (макетів, дослідних партій, нових виробів).

Підрозділи, що забезпечують обслуговування всього комплексу робіт з технічної підготовки виробництва, - це відділи матеріально-технічного забезпечення, комплектації, спеціального лабораторного обладнання, науково-технічної документації.

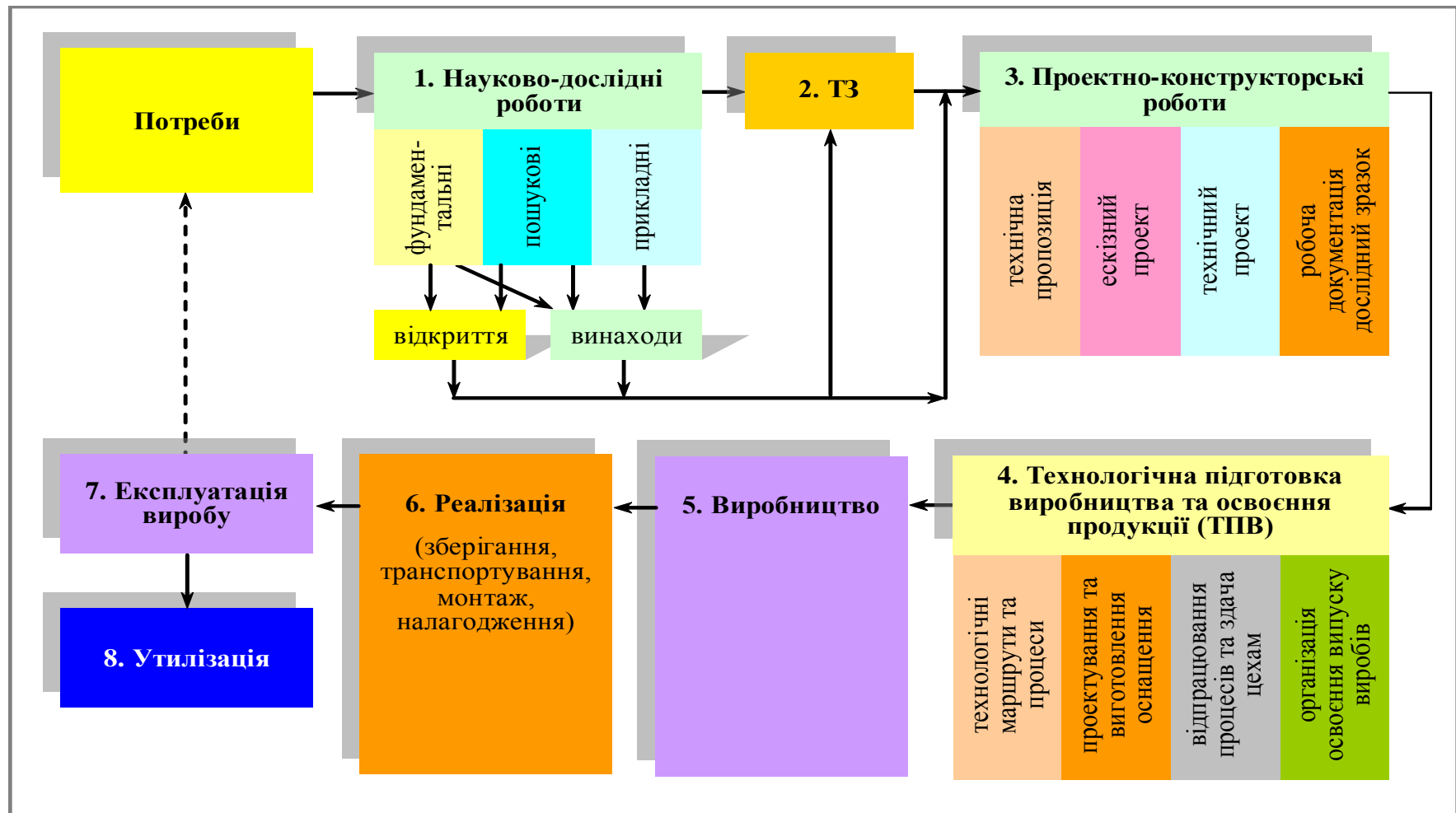


Рис. 6.12. Схема системи створення та освоєння нового виробу в межах його життєвого циклу.

Функціональні служби управління забезпечують виконання робіт за відповідними напрямками: кадрової, економічної роботи, фінансової діяльності, організації праці та заробітної плати, обліку, стандартизації. Тематичні підрозділи можуть спеціалізуватися за науковими напрямками; типами об'єктів, що створюються; функціональним призначенням.

Науково-дослідні, дослідно-конструкторські, технологічні розробки та роботи з упровадження їх результатів можуть виконуватися силами підрозділів виробничого підприємства або різноманітними спеціалізованими науково-технічними організаціями, які мають різний статус, форми власності і підпорядкування. Структура таких організацій залежить від зовнішніх (спеціалізація, рівень кооперування з іншими розробниками, підпорядкованість, кількість замовників-споживачів) та внутрішніх (обсяг замовлень чи завдань, чисельність персоналу, ступінь технічного оснащення робіт, методи організації досліджень і проектних розробок, рівень спеціалізації та інтеграції підрозділів) чинників.

У ринкових умовах значного поширення набув так званий венчурний бізнес, де переважно створюються венчурні фірми з організаційно-правовим статусом товариств з обмеженою відповідальністю, які покликані сприяти прискореному впровадженню створення науково-технічних новацій.

Бізнес у науково-технічній сфері завжди пов'язаний з ризиком в одержанні очікуваних наукових, технічних і фінансових результатів. Це впливає з природи новаторської діяльності. Ризикований характер роботи визначає конкурентна боротьба за споживача. У системі створення та освоєння нових видів товарів і виробів до сфери венчурного підприємництва належать такі фірми: дослідні, діяльність яких поширюється на стадії досліджень та розробок; впроваджувальні, що спеціалізуються на практичному освоєнні науково-технічних розробок; обслуговуючі (сервісні), що спеціалізуються на технічному обслуговуванні новин; експертні (аналітичні, консультативні), які виконують аудиторські роботи, консультують та здійснюють інші види послуг.

Основними завданнями науково - дослідної роботи є розширення, поглиблення, систематизація знань та отримання необхідних результатів для створення нових видів техніки, технологічних процесів і прогресивних методів організації та оперативного управління виробництвом. За своїм змістом та характером результатів науково-дослідні роботи розподіляються на: фундаментальні, пошукові та прикладні.

Фундаментальні (теоретичні) наукові дослідження спрямовані на встановлення невідомих раніше закономірностей, принципів, властивостей, явищ матеріального світу, що вносять корінні зміни до рівня пізнання. Вони спеціалізуються на дослідженні об'єктивних законів природи та за предметами дослідження, мета яких полягає в поясненні явищ, фактів, процесів.

Пошукові науково-дослідні роботи проводяться на основі вже відомих результатів фундаментальних досліджень та розробок. Вони спрямовані на визначення можливості використання відкритих явищ, властивостей або принципів у певній практичній сфері (наприклад, створення нових матеріалів, техніки і технології певного призначення, підвищення продуктивності та якості продукції). Результати пошукових робіт мають конкретний характер (звіти, технічна документація, макети, дослідні зразки).

Прикладні дослідження забезпечують експериментальну перевірку практичного використання результатів фундаментальних та пошукових досліджень у конкретних об'єктах нової техніки. Прикладні дослідження бувають загальними (результати яких не пов'язуються з певною сферою, продукцією, роботою), цільовими (предметними) та визначеними розробками (проектами нової продукції, процесів, методів та способів виробництва). Вони можуть бути спрямовані на створення нових виробів, матеріалів, технологічних процесів, засобів механізації та автоматизації. Пошукові роботи завершуються рекомендаціями з розробки технічних завдань на проектування нових виробів, пристроїв, приладів і механізмів.

Прикладні дослідження, під час яких здійснюються технічне й робоче проектування, виготовлення та випробування дослідних зразків, називаються дослідно-конструкторськими роботами. Результатом таких робіт є створення нової техніки конкретного експлуатаційного призначення. Вони є логічним продовженням прикладної науково-дослідної роботи, де перевіряється можливість створення певного об'єкта з заданими властивостями.

Науково-дослідні роботи є важливою стадією комплексної підготовки виробництва нових виробів. Цикли НДР складаються з можливих етапів, які є логічно обґрунтованими розділами, що мають самостійне значення і використовуються як об'єкт планування. Традиційно розрізняють такі етапи: 1) технічне завдання; 2) вибір напрямку дослідження; 3) теоретичні й експериментальні дослідження; 4) технічний звіт; 5) здавання та приймання НДР.

Технічне завдання. У ньому визначаються мета, завдання дослідження, вимоги, техніко - економічне обґрунтування (ТЕО), основне цільове призначення, очікувані результати, методи і умови проведення, що рекомендуються, зміст досліджень за етапами і строками, склад виконавців, умови закінчення робіт. Технічне завдання (ТЗ) розробляється і затверджується замовником або виконавцем під час виконання ініціативних робіт. У процесі виконання науково-дослідних робіт ТЗ підлягають уточненню та доповненню.

Вибір напрямку дослідження. Здійснюється підбір та вивчення спеціальної літератури, проводиться аналіз патентної інформації, стандартів та інших джерел за темою дослідження; техніко -

економічний аналіз можливих рішень проблеми; розроблення рекомендацій щодо методів і способів досліджень. Вибір напрямів дослідження передбачає: дослідження, формування загальної методики дослідження та результат, що очікується.

Теоретичні та експериментальні дослідження. Етап охоплює: перевірку наукових і теоретичних ідей; вивчення аналогів, документації, звітів, розроблення та уточнення методики дослідження, експериментів, обґрунтувань; пошук нових рішень створення конструкцій та технологічних процесів; розробку схем; теоретичні обґрунтування; проектування макетів, стендів, зразків; виготовлення деталей; складання, монтаж і вдосконалення макетів та дослідних стендів; стендові та польові експериментальні випробування, аналіз їх результатів; доопрацювання експериментальних зразків, коригування технічної документації за результатами випробувань.

Технічний звіт. Основні типові розділи: анотація; перелік позначень, скорочень, прийнятих термінів та визначень; введення (мета, зміст, ступінь новизни, обґрунтування для проведення, ТЕО об'єкта дослідження); техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки; програма та методика дослідження; теоретичні і розрахункові дані; дані експериментальних досліджень; висновки та рекомендації; додатки; література.

До звіту додаються: інформаційна карта на НДР, патентний формуляр, авторські запити на відкриття та винаходи, карта технічного рівня і якості виробу, протоколи випробувань. Узагальнення та оцінка результатів наукових досліджень може закінчуватися також розробленням проекту ТЗ на конструкторські роботи.

Здавання та прийомка НДР. Етап закінчується підписанням комісією замовника акта прийняття науково-технічної розробки. Після підписання акта прийняття розробник передає замовнику прийнятий комісією експериментальний зразок нового виробу; протоколи випробувань та акти прийняття дослідного зразка (макет) виробу; розрахунки економічної ефективності результатів використання розробки; необхідну конструкторську та технологічну документацію з виготовлення дослідного зразка.

Розробник бере участь у проектуванні та освоєнні нового виробу і разом із замовником несе відповідальність за досягнення гарантованих ним показників виробу.

Комплексне проведення НДР за певною цільовою програмою створює наробок для оперативного і якісного проведення дослідно-конструкторських робіт, конструкторської та технологічної підготовки виробництва, а також значно скорочує обсяги доробок та терміни створення й освоєння виробництвом нової техніки.

Подальше практичне втілення результатів науково-дослідних робіт здійснюється шляхом проведення дослідно-конструкторських робіт.

Дослідно-конструкторська робота може виконуватися без попередньої науково-дослідної роботи за окремим технічним завданням замовника.

На основі затвердженого технічного завдання ДКР здійснюється в кілька етапів. Першим етапом є техніко - економічне обґрунтування (ТЕО) доцільності створення нового виробу і передання його для серійного виробництва. Розробляються можливі варіанти конструктивних та технологічних рішень, дається перелік робіт, загальний їх обсяг, витрати і терміни виконання, указуються виконавці. У ТЕО вказуються показники надійності, уніфікації і стандартизації, технічного рівня, визначається орієнтовна вартість дослідного і серійного зразка, витрати на організацію виробництва і експлуатацію, терміни постачання замовнику, а також склад робіт технічної підготовки.

Другий етап пов'язаний з дослідженнями та уточненнями попередніх даних ТЕО, вибором варіантів побудови виробу та його частин з урахуванням вартості, ефективності та масштабів виробництва. Розробляються структурні, функціональні, принципові та інші схеми, визначаються конструкторські та технологічні рішення. Здійснюється макетування важливих функціональних частин виробу, формуються замовлення на розроблення і виготовлення нових матеріалів та комплектуючих.

Третій етап пов'язаний з проведенням теоретичної і експериментальної перевірки попередніх схемних, конструкторських та технологічних рішень, уточненням принципових схем, перевіркою нових матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих; виготовленням макетів та їх механічними і кліматичними випробуваннями. На цьому етапі оцінюються надійність виробу, його функціональних вузлів і частин, електричні і температурні режими, ремонтпридатність, зручність в експлуатації. Оцінюються відповідність застосовуваних елементів пропонованим вимогам, ступінь уніфікації, ефективність застосовуваних засобів технічного контролю за якістю. Розробляється робоча документація для виготовлення дослідного зразка.

На четвертому етапі складається перелік елементів, що підлягають вихідному контролю, і елементів, що підлягають тренуванню, макетується і компонується складна функціональна частина виробу. За технічної документацією при мінімальному технологічному оснащенні виготовляється дослідний зразок. За програмою і методикою розробника з участю представника замовника проводяться попередні заводські випробування з оформленням акта.

П'ятий етап завершує науково-технічну розробку видачею пропозицій про її використання, які мають відповідати таким вимогам: 1) новизна, перспективність та прогресивність запропонованих науково-технічних рішень; 2) економічна ефективність нового виробу або технологічного процесу; 3) патентоспроможність та конкурентоспроможність; 4) довговічність і експлуатаційна надійність

виробу, стійкість технологічних процесів; 5) відповідність вимогам техніки безпеки, технічної естетики, наукової організації праці.

Дослідно-конструкторська робота вважається завершеною після оформлення акта комісією замовника, який підписується після випробування виробу, і рекомендацій до освоєння у виробництві.

Приймальній комісії надаються: дослідний зразок виробу, що пройшов заводські випробування; матеріали випробувань; комплект технічної документації; технічний звіт про виконання ДКР з рецензіями, висновками експертів; авторські свідоцтва та патенти.

Розробник передає замовнику: дослідний зразок виробу; протоколи випробувань та акти прийняття дослідного зразка і технологічних процесів; розрахунки показників ефективності використання результатів розробки, а також конструкторську та технологічну документацію.

Створення нової техніки та технології ґрунтується на використанні творчих ідей, що раніше не використовувалися або сформувалися в процесі досліджень чи проектування. Серед методів, що забезпечують систематизоване, спрямоване мислення, виокремлюють морфологічний аналіз, методи аналогій, інверсії, фантазії, інтуїції, асоціації та ін.

Морфологічний аналіз здійснюється з використанням різних альтернативних науково-технічних рішень, принципів та концепцій проектування, схемно-конструктивних та конструкторсько-технологічних рішень, формування елементної бази, застосування матеріалів, які відповідають різноманітним техніко-економічним параметрам.

З урахуванням різноманітних можливостей вирішення проблеми, будується морфологічна карта, де відображається список усіх існуючих, можливих і майбутніх варіантів вирішення проблеми. Такі карти покладаються в основу побудови економіко-математичної моделі створення нового виробу. При морфологічному підході організація мислення систематизована, що дає змогу формувати нові комбінації ідей.

Сутність методу аналогій полягає у використанні різноманітних прикладів з природи, її явищ, рослинного та тваринного світу, художньої літератури, мистецтва та ін. Наприклад, біотехнології, біомеханіка, біофізика, біохімія, біоніка та інші галузеві напрями сформувалися за принципом аналогій.

Активне спілкування фахівців різних галузей наукових досліджень також сприяють широкому використанню досягнень за методом аналогій.

Згідно з методом інверсій устанавлюються протилежні погляди на проблему та її вирішення. Зміст методів фантазії, інтуїції, асоціації відповідає назвам цих методів. Технічні ідеї виникають, як правило, унаслідок усвідомлення необхідності вирішення проблеми чи виконання

завдання, активного, цілеспрямованого пошуку. Але процес пошуку має бути впорядкованим.

Підготовка виробництва до зміни продукту (технології) неможлива без інформаційного забезпечення всіх процесів наукових досліджень, проектування, виробництва та супроводження виробів на етапі експлуатації. Інформація є джерелом забезпечення актуальності проблем, що підлягають дослідженню та прогресивності рішень, які приймаються. Вона дає можливість усунути дублювання наукових і технічних рішень, скоротити затрати творчої праці, зменшити терміни і фінансові витрати на проведення комплексу робіт зі створення і освоєння нової продукції, полегшити уніфікацію і стандартизацію проектних рішень.

Уся інформація поділяється на внутрішню, проміжну та зовнішню. До внутрішньої належить виробнича інформація, яка впливає на ритмічність процесу розробок і виробництва. Така інформація матеріалізується в документах, які створюються на підприємстві, і циркулює в його межах. Проміжна інформація міститься в наукових звітах, кресленнях та іншій технічній документації. Зовнішня охоплює законодавчу, нормативну та науково-технічну інформацію, яка дає змогу дослідникам, проектувальникам урахувати останні досягнення вітчизняної та зарубіжної науки і техніки у своїх розробках. На стадії наукових досліджень найважливішою інформацією є публікації, доповіді, статті, патенти, авторські свідоцтва, звіти про НДДКР різних організацій, виробнича документація про виготовлення аналогічної продукції.

Сучасні інформаційні технології з застосуванням різноманітних технічних засобів та сукупність методів сприяють створенню інформаційно-пошукових систем. В основу такої системи покладено принцип розпізнання відповідності між змістом інформації, що зберігається, та запитом.

Конструкторська підготовка виробництва на підприємстві є першою стадією підсистеми технічної підготовки. Вона безпосередньо пов'язана з науково-технічною підготовкою, використовує при можливості результати прикладних НДР та ДКР, але виконує суто практичні завдання стосовно конкретного виробництва. Виходячи зі змісту робіт та результату, що отримується, конструкторську підготовку часто називають проектно-конструкторською підготовкою виробництва. Проектування розглядається як сукупність взаємопов'язаних процесів зі створення нових і удосконалювання діючих конструкцій виробів за параметрами рівня якості, термінів, обсягів випуску згідно з вимогами замовника - споживача.

Завданнями проектно-конструкторської підготовки є створення комплексу конструкторської документації (креслень), що необхідна для виготовлення та експлуатації продукції, а також забезпечення

конструкторської готовності підприємства до випуску нового або модернізованого виробу.

Обсяг проектно-конструкторських робіт на підприємстві залежить від виду виробу, його складності, життєвого циклу, обсягу ринкових потреб і термінів на їх задоволення, ступеня участі самого підприємства в процесі проектування виробу. У сучасних умовах існують різні форми інтеграції підприємств з метою проектування виробів, які залежать від обсягів конструкторських робіт, наявності творчого необхідного потенціалу, технічних та фінансових можливостей. Великі підприємства з розвиненою науково-технічною і дослідно-експериментальною базою мають потужні проектно-конструкторські служби і, як правило, створюють проекти виробів самостійно.

Проектно - конструкторську службу на підприємстві очолює головний конструктор (ВГК), у розпорядженні якого - відповідний відділ, технічна база для виробництва дослідного зразка та його випробування (експериментальний цех). Проектно-конструкторські роботи виконуються з дотриманням вимог ЄСКД -(єдиної системи конструкторської документації).

Проектування нового виробу відповідно до ЄСКД здійснюється в кілька етапів:

- 1) складання технічного завдання;
- 2) розрахунок технічної пропозиції;
- 3) розроблення ескізного проекту;
- 4) розроблення технічного проекту;
- 5) підготовка робочої конструкторської документації (дослідного зразка, дослідної партії, установлюваної серії, стійкого масового виробництва).

Технічне завдання на проектування розробляють шляхом спільної творчої праці представників замовника і підприємства або з ініціативного проекту фахівцями самого підприємства. У ньому відображаються тактико-технічні вимоги замовника, що мають містити умови і режими експлуатації товару; необхідні технічні параметри і характеристики; приєднувальні розміри; ресурс (чи термін служби); передбачуваний обсяг випуску; правила техніки безпеки і санітарно-гігієнічні норми; патентна чистота; зовнішній ринок; терміни й умови зберігання; художньо-архітектурне рішення (дизайн); транспортабельність (тара, упакування); додаткові, спеціальні та інші вимоги. Вимоги технічного завдання спрямовані на забезпечення випуску нової конкурентоспроможної продукції. Підготовлене фахівцями технічне завдання обов'язково затверджується.

Технічна пропозиція містить розрахунки технічних параметрів і економічної ефективності, що обґрунтовують можливість і доцільність розроблення нового виробу. Розраховуються кілька варіантів виготовлення виробу, аналізується і вибирається оптимальний варіант,

від якого очікується найбільший економічний ефект. Після узгодження і затвердження технічна пропозиція є підставою для виконання наступних етапів конструкторської підготовки.

Ескізний проект передбачається для конструкторського опрацювання прийнятого варіанта виробу. Він виконується з дотриманням необхідних пропорцій у розмірах виробу. Розробляється ескізний проект у кількох варіантах. Виготовляється модель (макет) виробу (дерев'яна, металева чи пластилінова), після чого обговорюється спеціальною комісією за участю дизайнера і затверджується прийнятий варіант; для нього виконуються креслення (рисунок) основних складальних одиниць і загального виду, кінематична, гідравлічна, пневматична та електрична схеми (у разі необхідності), а також інші основні конструктивні параметри. Виконаний ескізний проект має дати загальне уявлення про будову і принципи роботи нового виробу. Після остаточного узгодження і затвердження ескізний проект є підставою для розроблення технічного проекту.

Технічний проект містить остаточні технічні рішення. Він розробляється тільки в масштабі з дотриманням вимог стандартів і нормалей; у ньому виконуються різноманітні види, проекції, перетини, розрізи з нанесенням відповідних розмірів для того, щоб мати повне уявлення про будову і роботу нового виробу.

У технічному проекті уточнюються креслення загального вигляду виробу, виконуються креслення основних агрегатів і вузлів, їх специфікації, монтажні і складальні схеми з розрахунками на міцність, твердість, стійкість та інші параметри за опором матеріалів, а також обґрунтовується вибір матеріалів для найбільш відповідальних деталей; при цьому відбувається уточнення конструктивних особливостей нового виробу. На цій стадії складаються інструкції з експлуатації виробу для споживача (паспорт, формуляр, технічний опис) і пояснювальна записка в цілому для технічного проекту.

Робоча документація розробляється після затвердження технічного проекту і на його основі. Вона являє собою робочі креслення всіх деталей (крім нормалей) виробу, де вказуються необхідні розміри (у масштабі), проекції, розрізи і перетини, матеріал, чистота поверхонь, допуски і посадки, технічні умови, термообробка.

Ці дані дають можливість розробляти технологічний процес виготовлення кожної деталі в будь-яких типах виробництва. Усі робочі креслення проходять нормо-контроль (перевірку на дотримання стандартів), метрологічну і патентну експертизи. На патентну чистоту перевіряється весь виріб.

За робочими кресленнями в експериментальному цеху виготовляються всі деталі виробу з урахуванням замовлених комплектуючих деталей і вузлів, здійснюється складання дослідного зразка і його випробування. У процесі проектування нового виробу

йому надаються певні властивості, які характеризуються якісними показниками функціонального призначення та виготовлення. Але, ураховуючи деякі специфічні вимоги в процесі конструювання виробів, необхідно виділити такі показники, як: технічний рівень виробу, який являє собою сукупність експлуатаційно-технічних показників, що визначають ступінь його досконалості на рівні можливостей прогресивної технології; патентна спроможність - це здатність технічного або художньо-конструктивного рішення бути визнаним об'єктом правової охорони, що відповідає вимогам до винаходу чи промислового зразка; патентна чистота, яка полягає в перевірці та підтвердженні, що в конструкції або складі виробу не використані винаходи без ліцензії, на які в даній країні видані патенти; ергономічність, яка характеризується раціональністю конструкції виробу з точки зору вимог психології і фізіології праці людини; естетичність - дизайн, зовнішній вигляд, якість оздоблювання та ін.; конструктивна спадкоємність характеризує ступінь використання у виробі, що проектується, деталей і вузлів виробів, які були раніше освоєні виробництвом; технологічна спадкоємність характеризує максимально можливе використання устаткування, оснащення та матеріалів, що застосовуються на той час для виготовлення виробу; уніфікація, яка передбачає процес приведення продукції, засобів виробництва або їх елементів до єдиної форми, розмірів, структури, складу; стандартизація встановлює обов'язкові вимоги до виробів, методів, термінів та інших об'єктів, чим обмежує їх різноманітність.

Стандартизація є основним методом уніфікації і передбачає під час проектування виробів застосування стандартних деталей та вузлів, а також норм міжнародних і державних стандартів (стандарти параметрів, технічних, екологічних вимог, методів контролю та випробувань).

Поряд з конструкторськими вимогами (вибір раціональної схеми, відповідність конструкції умовам її експлуатації, вибір простіших форм деталей, призначення раціональних запасів міцності тощо) слід ураховувати також вимоги економічного, експлуатаційного й організаційно-виробничого характеру.

Економічні вимоги пов'язані з підвищенням продуктивності, зменшенням собівартості, підвищенням якості виробу, що проектується, порівняно з еталоном. Експлуатаційні вимоги характеризують високу корисну віддачу, надійність, ремонтоздатність, екологічність виробу. Організаційно-виробничі вимоги передбачають відповідність конструкції умовам її виготовлення, можливість типізації, механізації й автоматизації виробничих процесів, забезпечення раціональних методів контролю.

Ефективність нової продукції оцінюється за економічними та соціальними критеріями. До економічних критеріїв (ефект у виробництві та в споживача) належать такі показники: економія праці

(зниження трудомісткості; зростання продуктивності праці), економія матеріальних ресурсів; технічний рівень і якість продукції; корисний ефект на одиницю потужності; окупність і прибутковість.

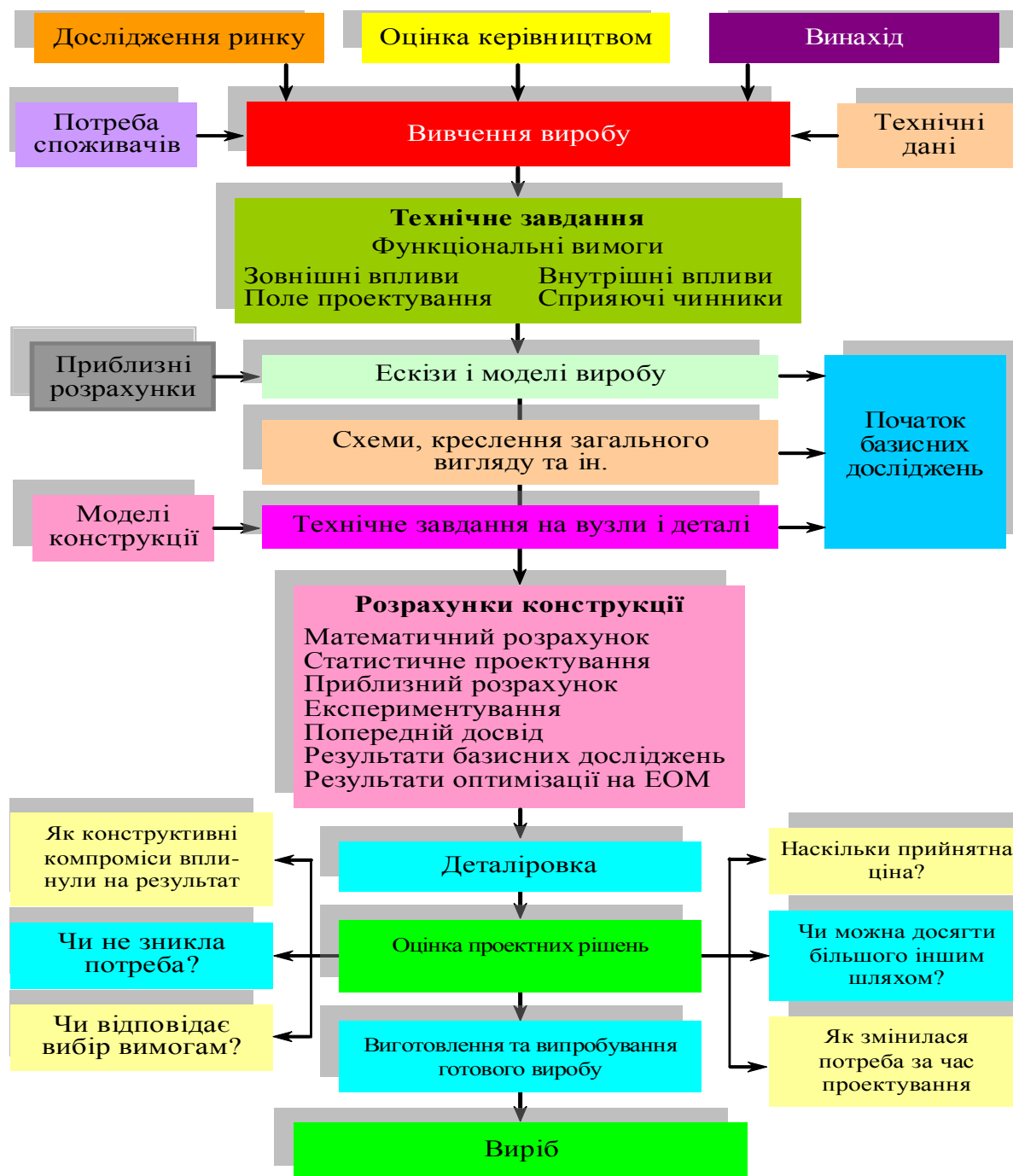


Рис. 6.13. Схема проектування нового виробу.

Соціальні критерії (вплив на характер праці, умови праці і життя) - показники, що забезпечують поліпшення умов праці, безпеку і зручність в експлуатації; охорону навколишнього середовища; створення кращих умов для життєдіяльності людей; полегшення праці; підвищення кваліфікації працюючих, рівня механізації праці у

виробництві і при експлуатації нової продукції. Узагальнена схема процесу проектування нових виробів відображена на рис. 4.13.

На всіх стадіях проектування конструкторська документація підлягає нормо - контролю, у процесі якого перевіряється виконання норм і вимог міжнародних, державних, галузевих стандартів і стандартів підприємств, досягнення в виробі, що розробляються, високого рівня стандартизації та уніфікації на основі широкого застосування конструктивних рішень виробів, які спроектовані та освоєні у виробництві раніше.

6.5. Технологічна і екологічна підготовка виробництва

Проектно-конструкторська підготовка виробництва, яка завершується робочою документацією на нову продукцію, логічно пов'язана з необхідністю підбору варіантів типових, розроблення нових технологічних процесів, оснащення, планів розміщення необхідного устаткування, організації освоєння продукції при серійному або масовому її виготовленні. У процесі проектування виробів конструктори і технологи працюють у тісній взаємодії, яка посилюється на етапі виготовлення, випробування та доопрацювання дослідного зразка. Різноманітність проектних рішень змушує узгоджувати їх з організаційно-технічними умовами конкретно існуючої виробничої системи підприємства, шляхом проведення комплексу заходів, які формують технологічну підготовку виробництва (ТПВ) нової продукції.

Технологічна підготовка виробництва являє собою сукупність взаємопов'язаних процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємства до випуску виробів заданого рівня якості при встановлених термінах, обсягах випуску та витратах. Під технологічною готовністю виробництва розуміють наявність на підприємстві повного комплексу конструкторської і технологічної документації, устаткування та його оптимальних планувань, засобів технологічного оснащення й системи організації процесів виготовлення нової продукції.

Передовий вітчизняний і зарубіжний досвід свідчить, що доцільно провадити інтегровану проектно-технологічну підготовку виробництва (цьому сприяють сучасні інформаційні технології, програмне забезпечення та технічні засоби), що значно скорочує цикл і відповідні витрати матеріальних, трудових і фінансових ресурсів.

Головна мета ТПВ полягає в проектуванні комплексу технологічних процесів, спрямованих на забезпечення мінімальних інвестицій та поточних витрат на виробництво певного обсягу виробів з високими параметрами якості.



Рис. 6.14. Структура і зміст технологічної підготовки виробництва.

У зв'язку із сертифікацією продукції та атестацією виробництв зростає роль і значення технологічної підготовки виробництва в забезпеченні сталого конкурентоспроможного рівня виготовлення продукції. Основні завдання технологічної підготовки виробництва такі: забезпечення високої якості обробки деталей, складання окремих частин і виробу загалом; створення умов для дотримання принципів раціональної організації виробничих процесів; найефективніше використання устаткування і виробничих площ; зростання продуктивності праці, зниження витрати матеріалів і енергоресурсів.

Виконання вказаних завдань у конкретних умовах дають змогу розглядати технологічну підготовку виробництва як сукупність робіт, що визначають послідовність виконання виробничого процесу нового виробу найраціональнішими способами з урахуванням конкретних умов виробництва даного підприємства. Схема формування та реалізації конструкторсько-технологічного рішення наведена на рис. 6.

Трудомісткість робіт із ТПВ та витрати на її проведення значно перевищують витрати на НДДКР. Наприклад, у США таке перевищення становить 11 разів і більше. В Росії, за даними Державного університету управління, це співвідношення дорівнює від 4,6 (в дрібносерійному виробництві) до 8,0 (у багатосерійному).

Організаційні системи ТПВ. Технологічна підготовка виробництва на підприємстві здійснюється службою головного технолога. Склад і організаційна структура технологічного відділу (відділу головного технолога) залежать від масштабу і характеру його роботи.

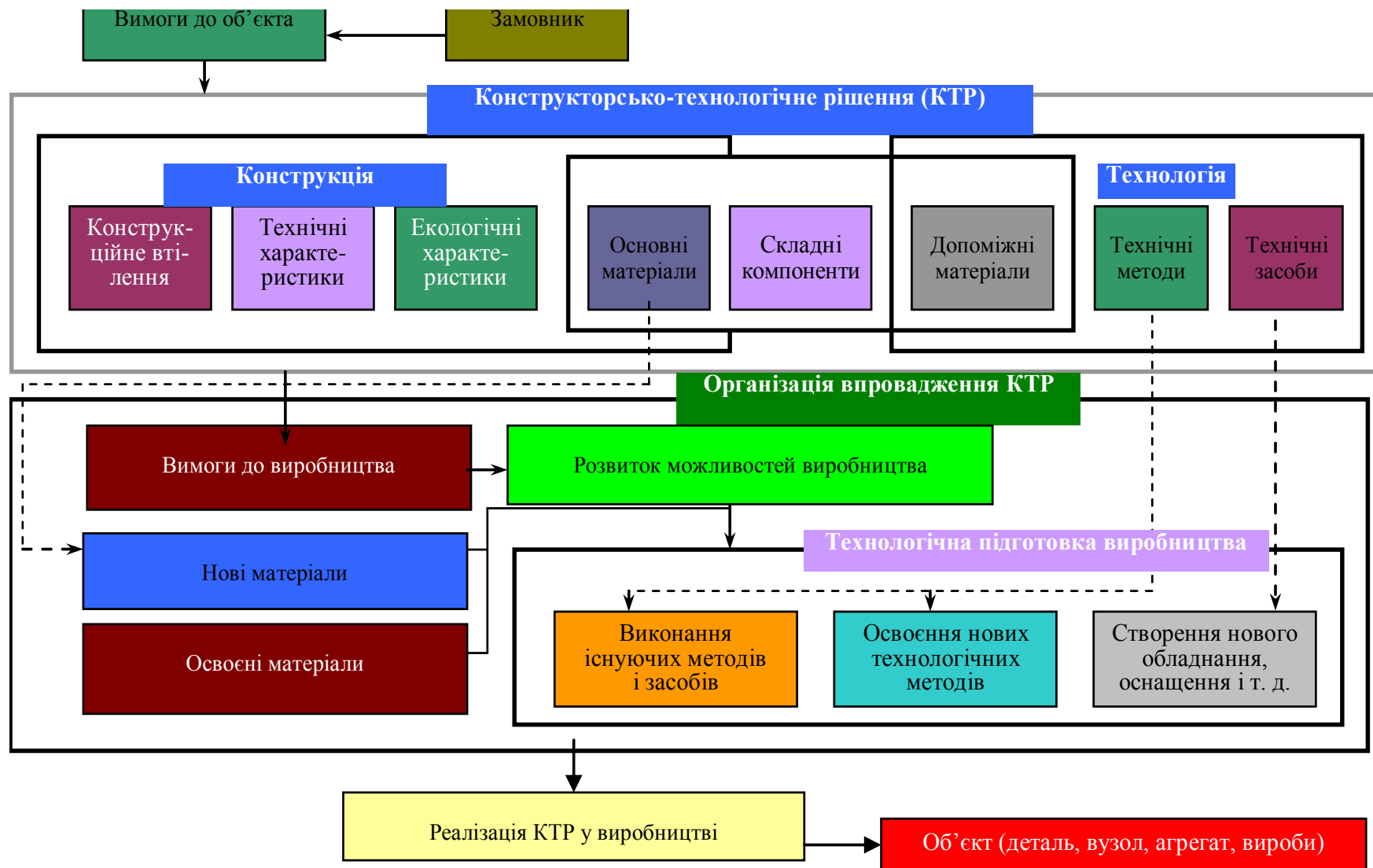


Рис. 6.15. Схема формування та реалізації конструкторсько-технологічного рішення [55].

Технологічна підготовка на машинобудівних підприємствах може проводитись за централізованою, децентралізованою або змішаною системами. При централізованій системі технологічна підготовка зосереджується в загальнозаводському технологічному відділі (відділі головного технолога). Вона застосовується в масовому і великосерійному виробництвах.

Децентралізована система припускає розосередження технологічної підготовки по основних виробничих цехах заводу, де відповідні технологічні бюро самостійно розробляють технологічні процеси та їх оснащення. Така система застосовується в одиничному виробництві за умов значної номенклатури випуску машин, їх вузлів і деталей та частих змін цієї номенклатури. При децентралізованій системі відділ головного технолога заводу здійснює лише загальне методичне керівництво цеховими технологічними бюро.

Змішана система організації технологічної підготовки застосовується в серійному виробництві. Особливість її полягає в тому, що маршрутна технологія розробляється відділом головного технолога, а операційна технологія - у цехових технологічних бюро.

Єдиною системою технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), що встановлена державними стандартами, регламентуються організаційний процес та процедури управління комплексу робіт. ЄСТПВ призначена забезпечити: єдиний для кожного підприємства системний підхід до вибору, застосування методів і засобів ТПВ, що відповідають передовим досягненням науки, техніки і виробництва; гнучкість пристосування виробництва до безперервного його вдосконалення, швидкого переналагодження на випуск досконалішої техніки; раціональну організацію механізованого й автоматизованого виконання комплексу інженерно-технічних робіт, у тому числі автоматизацію конструювання об'єктів і засобів виробництва; розроблення технологічних процесів та управління ТПВ; взаємозв'язок з іншими АСУ і підсистемами; високу ефективність ТПВ.

Порядок формування та застосування документації на методи та засоби ТПВ визначається державними стандартами, стандартами підприємств та документацією різноманітного призначення, що регламентується відповідними стандартами, які становлять нормативно-технічну базу ЄСТПВ. Стандарти ЄСТПВ взаємопов'язані зі стандартами інших систем, що забезпечує проведення єдиної технічної політики.

При освоєнні нових виробів у складі завдань ТПВ виконуються такі роботи: 1) технологічний аналіз робочих креслень та їх контроль на предмет технологічності конструкції деталей і складальних одиниць; 2) коригування технологічної документації, одержаної від розробника з огляду на конкретні умови виробництва; 3) розроблення прогресивних технологічних процесів виготовлення деталей, складання, регулювання і

випробування окремих вузлів та виробу загалом; 4) проектування спеціальних інструментів, технологічного оснащення й нестандартного устаткування для виготовлення нового виробу; 5) розроблення та впровадження передових форм організації виробництва; 6) складання технологічних маршрутних карт, операційних технологічних карт; 7) виконання планувань цехів і виробничих ділень з розміщенням устаткування, робочих місць, потокових ліній відповідно до розроблених технологічних маршрутів; 8) складання норм витрат матеріалів інструменту та енергоресурсів; 9) розроблення та впровадження підсистеми якості, раціональних методів технічного контролю; 10) вивірка, налагодження і впровадження технологічних процесів на виробничих ділянках і робочих місцях; 11) випуск дослідної партії виробів, з коригуванням технологічної документації і відповідних попередніх організаційних рішень; 12) випуск установчої партії (серії) виробів; 13) розрахунки виробничої потужності підприємства, нормативні витрати.

Усі робочі креслення деталей піддаються технологічному аналізу відповідно до вимог стандартів, що передбачає контроль на предмет їх технологічності та можливості виготовлення в умовах виробництва даного підприємства, що сприяє плідній праці конструкторів та технологів. Під час аналізу виявляються і розглядаються можливості використання типових технологічних процесів, стандартного оснащення, засобів механізації та автоматизації, перевіряється наявність устаткування і виробничих потужностей підприємства.

Актуальність проблем охорони навколишнього середовища з кожним десятиріччям підвищується. Продукція, що виготовляється, а також сама виробнича система будь-якого рівня є потенційним джерелом забруднення довкілля. Останнім часом дедалі більше зростає значення показників екологічності під час сертифікації та оцінювання конкурентоспроможності продукції та підприємств на всіх стадіях їх життєвого циклу. Ці обставини зумовили виокремлення зі стадій конструкторської та технологічної підготовки виробництва функцій екологічної експертизи нових виробів та технологій, а також виробничих процесів, що відбуваються на підприємстві.

Екологічна підготовка виробництва передбачає здійснення техніко-технологічних та організаційно-економічних заходів з метою відвернення, зменшення чи усунення шкідливого впливу на навколишнє середовище й здоров'я людей об'єктів, що проектуються, в процесі їх експлуатації та самого виробництва.

Впливи на навколишнє середовище можна класифікувати за такими критеріями: часом впливу - тимчасові та постійні (протягом життєвого циклу виробу); можливістю усунення - виправні та не виправні; способом впливу - безпосередній та опосередкований; охоплення території - локальні та широко розповсюджені; походженням - первинні та

вторинні; можливістю акумулювання наслідків - накопичувальні та ненакопичувальні.

Основними завданнями екологічної підготовки виробництва є: впровадження та вдосконалення системи екологічного менеджменту підприємства, здійснення експертизи параметрів нових виробів на всіх стадіях життєвого циклу та технологічних процесів їх виготовлення; проведення екологічного моніторингу виробництва; організація екологічної підготовки персоналу та підвищення його відповідальності щодо дотримання вимог стандартів.

Відповідальність за екологічну підготовку виробництва та поточний контроль за станом довкілля, виробничих процесів, обладнання, їх відповідність вимогам охорони навколишнього середовища несе відповідна служба, яка створюється на підприємстві, у тому числі підрозділи, що за своїми функціями зобов'язані здійснювати всі передбачені екологічні заходи та виконувати вимоги нормативних документів.

Екологічна підготовка виробництва може проходити як під внутрішнім, так і під незалежним контролем з метою збільшення впевненості в дотриманні екологічних вимог стандартів, дієвості системи контролю та оцінки результатів виготовлення й експлуатації аналогічних за функціями існуючих виробів, що необхідно для поліпшення планування та розроблення майбутніх нових виробів.

Для організації та здійснення конкретних заходів з екологічної підготовки виробництва використовується типізація впливів нової продукції на довкілля. Оцінка впливу базується на чинному законодавстві, діючих стандартах як країни виробника, так і країн, де буде використовуватися продукція.

Нормативною базою екологічної підготовки виробництва є: природоохоронні норми і правила проектування та будівництва; норми і правила охорони тваринного та рослинного світу; сучасні та очікувані параметри фізичних, біологічних та соціально-екологічних умов, що безпосередньо пов'язані з новою продукцією та технологією; проектний опис супроводження процесу її освоєння, виготовлення та експлуатації виробів (використання технологій) з точки зору екологічних аспектів впливу на середовище (транспортування, водопостачання, зберігання сировини, допоміжних матеріалів та продукції тощо).

Екологічний менеджмент. На конференції ООН з питань охорони навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) визнано, що „екологічний менеджмент слід віднести до ключової домінанти стійкого розвитку і одночасно до вищих пріоритетів промислової діяльності і підприємництва”.

Міжнародні стандарти ISO серії 14000, що з'явилися в 1996 р., орієнтовані на системну організацію екологічного менеджменту, спрямованого на зменшення несприятливих впливів на навколишнє

середовище. Мета створення цих стандартів - розроблення критеріїв оцінки, поліпшення екологічних характеристик підприємств та створення умов для надання населенню екологічної інформації.

Стандарти ISO 14000 офіційно вважаються добровільними. Стимулом для їх упровадження є бажання отримати сертифікат про випуск «екологічно чистої продукції». Для вітчизняних виробників актуальність стандартів ISO 14000 підвищується тим, що на ринок країн Європейського союзу (ЄС) допускається тільки сертифікована за МС ISO 14000 продукція.

Міжнародні стандарти ISO серії 14000 розроблені на загальних принципах системи адміністративного управління і кореспондуються на 70 % зі стандартами ISO серії 9000 відносно процедур та вимог сертифікації.

Документи системи ISO 14000 поділяються на три основні групи: принципи створення та використання системи екологічного менеджменту; інструменти екологічного контролю та оцінки; стандарти, що орієнтовані на продукцію.

Упровадження системи екологічного менеджменту на підприємстві забезпечує: поліпшення організації виконання природоохоронного законодавства; досягнення реального поліпшення екологічних показників; скорочення шкідливих відходів, утрат енергії та ресурсів; зменшення виробничих та експлуатаційних витрат; отримання додаткового прибутку; підвищення конкурентоспроможності підприємства на внутрішньому та зовнішньому ринках; створення сприятливішого іміджу підприємства серед населення і громадськості; інвестиційну привабливість; запобігання виникненню надзвичайних екологічних ситуацій та аварій; податкові та митні пільги за наявності екологічного сертифіката; збільшення вартості акціонерного капіталу; сприяння розвитку двосторонніх відносин з вітчизняними та зарубіжними партнерами; зменшення ставок страхових платежів та скорочення процедур екологічного страхування тощо.

Екологічна експертиза полягає у встановленні ступеня впливу на природне середовище, запобіганні заподіяння шкоди довкіллю в процесі виготовлення та експлуатації нової продукції чи надання послуг шляхом перевірки їх кількісних параметрів показників (обсяг викидів, концентрації шкідливих речовин) та технології (вимога використовувати ту або іншу технологію).

Екологічна експертиза здійснюється на всіх стадіях та етапах науково-технічної підготовки виробництва нових виробів.

На стадіях НДР та ДКР під час розроблення концепції нового виробу (технології) аналіз передбачає специфікацію заходів з охорони навколишнього середовища на підставі чинних законодавчих актів, нормативів та стандартів.



Рис. 6.17. Схема екологічної експертизи під час підготовки виробництва нових виробів.

На стадії технічної підготовки розглядається додаткова інформація з метою визначення можливості уникнути небезпечного впливу спроектованих процесів виготовлення або експлуатації нових виробів на довкілля та здоров'я споживачів.

У процесі освоєння нової продукції аналіз впливу на довкілля поєднується з визначенням технічних, інституціональних, соціальних та фінансових аспектів. Залежно від розміру і категорії (типу) виробу та особливостей місця його використання під час аналізу потенційного впливу на людські та природні ресурси може виникнути потреба в проведенні всебічного і всеосяжного дослідження.

Детально аналізуючи спроектований виріб, слід урахувувати всі види витрат, які виникають унаслідок здійснення заходів з охорони

навколишнього середовища та технології контролю, а також остаточного впливу на довкілля.

Важливою умовою екологічної експертизи є її паралельність з науковими дослідженнями, проектно-конструкторськими роботами, технологічною підготовкою та процесом освоєння виробництвом нової продукції. Загальна схема екологічної експертизи проектів нової продукції, що відображена на рис. 7, містить декілька типових етапів.

На першому етапі аналізуються екологічні умови виробництва, експлуатації та утилізації продукції, що проектується. Здійснюється порівняння екологічних параметрів нових виробів та технології їх виготовлення з діючими екологічними стандартами.

На другому етапі визначаються позитивні та негативні екологічні наслідки виробництва і використання нових виробів, розробляються заходи щодо приведення їх до стандартних умов.

Третій етап передбачає визначення та аналіз альтернативних можливостей поліпшення економічних наслідків. Наприклад, заміну матеріалів, удосконалення технології з погляду екології відповідних місцевих умов та стандартів.

На четвертому етапі визначення альтернатив дає змогу розробити план заходів, що спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля.

Завершальний етап екологічної діагностики процесів виробництва та експлуатації нових виробів передбачає розроблення плану моніторингу (поточного контролю) стану навколишнього середовища та впливу на нього. У плані конкретизується вид поточного контролю. Визначаються посадові особи та підрозділи (групи), які мають його здійснювати, а також система зворотного зв'язку з проектувальниками виробів та технології.

Жорсткі екологічні вимоги зумовлюють проведення постійного спостереження за процесами, що відбуваються у виробництві, їх аналізу; розроблення і проведення запобіжних заходів на всіх стадіях життєвого циклу виробів та технологічних процесів їх виготовлення. Екологічний моніторинг. Здійснення екологічного контролю та заходів з підготовки виробництва з метою зменшення негативного впливу спроектованих виробів (технологій) на довкілля є надзвичайно важливим для успіху їх на ринку.

Екологічний аудит передбачає регулярний контроль за функціонуванням виробництва шляхом вимірювання апаратурою дозиметричного контролю його параметрів, які можуть суттєво впливати на довкілля. Програма аудиту орієнтована на зворотний зв'язок з дійсним екологічним станом та впливами виробництва на навколишнє середовище, порівняно з тим, що був запланований. Це дає змогу вживати необхідні заходи в процесі проектування, підготовки і освоєння

виробництвом нової продукції з метою подолання неприпустимого впливу чи негативних змін у довкіллі.

Виходячи із сучасних вимог конкурентоспроможності, особлива увага маркетологів, конструкторів, технологів, екологів, економістів та організаторів виробництва має бути приділена взаємозв'язку між вибором конструктивних рішень, технологічного процесу або між його розробленням та потенційною можливістю зменшення безпосереднього впливу відходів виробництва на навколишнє середовище.

Відомо, що проектування виробів, вибір ефективних варіантів техніко-технологічних рішень здійснюються не тільки за критеріями економічності та ефективності, - дедалі більше набуває важливості чинник впливу на довкілля і здоров'я людей. Негативні та позитивні впливи на довкілля можуть бути оцінені кількісно з допомогою екологічних та фінансових показників. Тому техніко-технологічні та організаційні рішення треба приймати на підставі чинних екологічних стандартів.



Запитання для самоконтролю

1. Технічний контроль якості.
2. Способи управління якістю.
3. Класифікація видів контролю якості.
4. Організація контролю якості.
5. Контроль якості продукції на підприємстві

Завдання для самостійної роботи

1. Технічна підготовка виробництва вміщує:

- 1) конструкторську підготовку, технологічну підготовку, організаційну підготовку;
- 2) конструкторську підготовку, технологічну підготовку;
- 3) конструкторську підготовку, технологічну підготовку.

2. Інтегральне завантаження потужності визначається як:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1) $t_c \cdot N/K \cdot T \cdot n$; | t_c - норма штучна для устаткування; |
| 2) $q_e \cdot q_i$; | K - коефіцієнт виконання норм; |
| 3) обидві відповіді можливі. | T - фактично відроблений час; |
| | q_i - коефіцієнт інтенсивного |
| завантаження; | |
| | q_e - коефіцієнт інтенсивного |
| завантаження; | |
| | N - кількість виконаної роботи. |

3. Для виконання операції потрібні:

- 1) приміщення, устаткування, виконавці, керівництво, обслуговування
- 2) знаряддя праці, робоче місце, виконавець чи група виконавців, допоміжні матеріали та обслуговування
- 3) технологічна карта, устаткування, виконавця, приміщення, обслуговування.

4. Потужність визначається формулою:

1) $M = \frac{F \cdot K \cdot N}{t};$

2) $M = \frac{F}{t} \cdot n;$

3) $M = \frac{F \cdot N}{t \cdot K}.$

M – потужність; t – норма штучного часу на операцію; K – коефіцієнт виконання норм;

N – кількість дублюючого устаткування.

5. Виробничий цикл містить наступний час:

- 1) операційний, у запасах, транспортування, контролю, упаковки;
- 2) операційний, у запасах, транспортування, природні процеси, між операційного очікування;
- 3) знаходження у виробничому цеху, у запасі, у транспортуванні.

6. У середньосерійному виробництві застосовується оперативний облік виробництва:

- 1) подетальний;
- 2) позамовний;
- 3) комплектний;
- 4) погонний чи ваговий.

7. Робочий час виконавця вміщує (обрати зайве):

- 1) операційний;
- 2) підготовчо-заклучний;
- 3) регламентованого відпочинку та інших різноманітних потреб;
- 4) обслуговування робочого місця.

8. Операції по складу:

- 1) завжди технологічно однорідна;
- 2) може виконуватися послідовно різними виконавцями;
- 3) може розділятися на частини (переходи).

9. Розрахунок потреби у виконавцях виконується за групами:

- 1) за стажем;
- 2) за професією та кваліфікацією;
- 3) за професією та стажем.

10. Екстенсивне завантаження устаткування:

- 1) $\frac{t_c \cdot c \cdot N}{TK_n}$;
- 2) $\frac{t_{tex.c} \cdot N}{TK_n}$;
- 3) $\frac{t_c \cdot c \cdot N}{TK_n}$.

t_c – норма штучного часу для верстата; $t_{tex.c}$ – технічно обґрунтована норма часу для верстата;

N – кількість виконаної роботи; T – фактично відроблений час; n – кількість верстатів.

11. Для планування та обліку обсягів виробництва робочого місця чи групи робочих місць за масовим випуском молокопродукту доцільно застосовувати:

- 1) ринкові ціни;
- 2) умовні ринкові ціни (з фіксованою нормою прибутку);
- 3) натуральний вимір (штуки, метри та ін.);
- 4) штучні норми (або розцінки) фіксовані;
- 5) штучні норми (або розцінки).

12. Організаційне проектування включає:

- 1) технічне нормування, розрахунку потреби у виконавцях на устаткуванні;
- 2) планування розміщення устаткування на робочих місцях;
- 3) планування робочих місць і системи руху предметів праці;
- 4) визначення системи оплати праці та робочих місць;
- 5) створення умов безпеки та комфорту для праці та робочих місць;
- 6) визначення порядку матеріально-технічного забезпечення робочих місць;
- 7) визначення системи управління диспетчерування;
- 8) визначення допоміжного обслуговування робочих місць.

13. Операційна система розвивається завдяки:

- 1) оновлення конструкцій продукту (рецептури), удосконаленню елементів системи та її організації;
- 2) удосконалення засобів праці, зміні технології, кваліфікації виконавців, удосконалення планування;
- 3) зміна знарядь праці, кваліфікації виконавців, послідовності операцій.

14. Кількість операцій, яка в середньому виконується на одному робочому місці залежить від:

- 1) конструкції виробу;
- 2) типа виробництва;
- 3) технології виконання операцій;

4) організації виробництва.

15. В складі виробничої системи функціонально виділяються такі різновиди операцій:

- 1) основні, допоміжні, обслуговуючі, інформаційно-управлінські;
- 2) виробничі, невиробничі, інформаційно - управлінські;
- 3) регламентовані, вільні.

16. У безперервному виробництві застосовується оперативний облік виробництва:

- 1) подетальний;
- 2) позамовний;
- 3) комплектний;
- 4) погонний чи вагонний.

17. Ефективний фонд часу для виконавців розраховується як:

- 1) $(Р_{\text{кал}} - \text{Відп} - \text{Непрац}) \cdot С \cdot \Gamma$
- 2) $(Р_{\text{кал}} - \text{Відп} - \text{Непрац}) \cdot \Gamma$
- 3) $(Р_{\text{кал}} - \text{Відп} - \text{Непрац}) \cdot \Gamma - \text{пр}$

$Р_{\text{кал}}$ - календарна кількість робочих днів;

Відп - кількість днів законної відпустки;

Непрац - кількість днів непрацездатності;

Γ - кількість робочих годин у дні;

$С$ - кількість змін;

пр - кількість годин простоїв.

18. Операція може виконуватися (обрати зайве):

- 1) одним виконавцем;
- 2) послідовно кількома виконавцями;
- 3) одночасно кількома виконавцями.

19. Час виконання операції може вміщувати час (обрати зайве):

- 1) машинно-автоматичний
- 2) машинно-ручний
- 3) допоміжний
- 4) ручний

20. Інтегральне завантаження устаткування чи робочих місць:

- 1) $q_i + q_e$
- 2) $q_i \cdot q_e$
- 3) $(q_i + q_e) \cdot T_n$

q_i - коефіцієнт інтенсивного завантаження;

q_e - коефіцієнт екстенсивного завантаження;

T - відпрацьований час;

n-кількість верстатів.

21. Для планування обліку обсягів виробництва робочого місця чи групи робочих місць масовим випуском кількох позицій номенклатури доцільно застосовувати:

- 1) ринкові ціни;
- 2) умовно-ринкові;
- 3) натуральний облік (штука метри та ін.);
- 4) штучні норми або роздільні;
- 5) штучні норми або розцінки.

22. В індивідуальному виробництві виконавець на котрій зміні приступає до роботи:

- 1) коли одержить вказівки майстра стосовно корективів у суміжному завданні;
- 2) коли отримає наряд-завдання, креслення, чи технологічну карту;
- 3) коли отримає наряд-завдання та технологічну карту.

23. Такт операції (робочого місця) визначається:

- 1) $t_{шт} \cdot N/K \cdot T$;
- 2) $t_{шт}/K \cdot n$;
- 3) $t_{шт} \cdot n/K \cdot T$.

$t_{шт}$ - норма штучного часу;

K- коефіцієнт виконання норм;

T- запланований час на виконання програми;

N- програма на запланований час;

n- кількість робочих місць.

24. Кількість одиниць устаткування у поточній лінії визначається:

- 1) за технологічним маршрутом і нормами виробітку;
- 2) за технологічним маршрутом;
- 3) вздовж транспортного маршруту.

25. Заробітна плата виконавців визначається (обрати зайве):

- 1) за домовленістю з роботодавцем;
- 2) тарифною ставкою чи окладом;
- 3) стажем;
- 4) нормою виробітку;
- 5) преміями за виконання завдань та за якість.

26. Розрахунок технологічно обґрунтованої норми базується на:

- 1) технологічному маршруті;
- 2) задані на виконання роботи (наряди);
- 3) технологічній нормі чи кресленні.

27. Технологічна частина операції в часі:

- 1) неподільна;
- 2) поділяється на переходи;
- 3) поділяється на основний та допоміжний час.

28. Операційна система складається з операцій

- 1) основних технологічних;
- 2) основних технологічних та допоміжних;
- 3) поділяється на основний та допоміжний час.

29. Оперативне управління виробництвом складається з(обрати зайве):

- 1) оперативного планування;
- 2) техніко-економічного планування;
- 3) диспетчерування;
- 4) обліку.

30. У підприємствах з дрібносерійним та індивідуальним виробництвом:

- 1) всі технологічні операції здійснюються дрібними серіями чи індивідуально;
- 2) частина деталей може вироблятися великими серіями;
- 3) серійність усіх деталей і операцій залежить від замовлень.

31. Система оплати праці, яка найкраще забезпечує високу продуктивність і якість робіт:

- 1) відрядна;
- 2) почасово преміальна;
- 3) почасово-преміальна з нормованим завданням;
- 4) відрядно-преміальна.

32. Суцільний контроль якості усіх операцій потрібен:

- 1) в індивідуальному виробництві;
- 2) у виробництві дуже коштовних та відповідальних виробів;
- 3) у заготівельному виробництві.

33. Зміна операції (без зміни продукту) здійснюється з ціллю (відмітити зайве):

- 1) підвищити продуктивність;
- 2) поліпшити якість виробництва;
- 3) підвищити техніко економічні показники операції;
- 4) підвищити економічний результат системи.

34. Середня кваліфікація виконавця найвища:

- 1) у великосерійному виробництві
- 2) у індивідуальному виробництві
- 3) у середньо серійному виробництві

35. Підвищення продуктивності не лімітуючої операції у поточній лінії може вплинути:

- 1) на підвищення продуктивності усієї лінії;
- 2) економію витрат праці;
- 3) скорочення виробничого циклу.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Галузь	<ul style="list-style-type: none">- окрема частина, сторона фізичного або духовного життя, діяльності людини чи суспільства.- <i>В економіці</i>: означає сукупність підприємств і організацій, що характеризуються спільністю ознак виробничо-господарської діяльності.
Аграрна галузь	<ul style="list-style-type: none">- галузь народного господарства, направлена на забезпечення населення продовольством і отримання сировини для цілого ряду галузей промисловості. Галузь є однією з найважливіших, представлена практично у всіх країнах.
Рослинництво	<ul style="list-style-type: none">- наука, що вивчає культурні рослини, різноманітність їх форм і сортів, особливості біології та найдоцільніші прийоми вирощування з метою отримання високих і стабільних урожаїв.- це галузь сільського господарства, в якій проходить накопичення органічної речовини шляхом вирощування культурних рослин.
Тваринництво	<ul style="list-style-type: none">- це комплекс взаємопов'язаних галузей сільського господарства. Воно забезпечує населення найбільш цінними продуктами харчування (м'ясо, молоко, яйця), промисловість - сировиною (шкіри, хутро, вовна, пух, перо), а рослинництво - органічними добривами
Екологія	<ul style="list-style-type: none">- це наука про взаємини живих істот між собою і з навколишнім їх неорганічної природою, про зв'язки в надорганізменних системах, про структуру і функціонування цих систем.
Економіка	<ul style="list-style-type: none">- це наука, яка досліджує проблему такого використання обмежених ресурсів, при якому досягається максимальне задоволення безмежних потреб суспільства. Економіка вивчає шляхи "кращого використання того, що ми маємо". Оскільки наші потреби практично безмежні, а наші ресурси обмежені, ми не в змозі задовольнити всі матеріальні потреби суспільства. Єдине, що нам залишається, це добиватися максимального задоволення цих потреб.- це наука про ефективність використання обмежених ресурсів.
Інформаційне суспільство	<ul style="list-style-type: none">- це громадянське суспільство з розвинутим інформаційним виробництвом і високим рівнем інформаційно-правової культури, в якому ефективність діяльності людей забезпечується розмаїттям послуг, заснованих на інтелектуальних інформаційних технологіях та технологіях зв'язку.
Аналогія	<ul style="list-style-type: none">- це метод пізнання, заснований на перенесенні однієї чи ряду властивостей з відомого явища на невідоме.
Адекватність	<ul style="list-style-type: none">- відповідність властивостей (функцій, характеристик і т.д.) моделі до відповідних властивостей об'єкта, що моделюється.- подібність моделі модельованої системи у відношенні мети моделювання.
Моделювання	<ul style="list-style-type: none">- це метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (<u>моделлю</u>).- це особливий пізнавальний процес, метод теоретичного та практичного опосередкованого пізнання, коли суб'єкт замість безпосереднього об'єкта

пізнання вибирає чи створює схожий із ним допоміжний об'єкт-замісник (модель), досліджує його, а здобуту інформацію переносить на реальний предмет вивчення.

- це процес створення та дослідження моделі, а модель — засіб, форма наукового пізнання.

Модель	<ul style="list-style-type: none">- речова, знакова або уявна (мислена) система, що відтворює, імітує, відображає принципи внутрішньої організації або функціонування, певні властивості, ознаки чи(та) характеристики об'єкта дослідження (оригіналу).- це деякий матеріал чи подумки представлений об'єкт або явище, що є спрощеною версією модельованого об'єкта або явища (прототипу) і в достатній мірі повторює властивості, суттєві для цілей конкретного моделювання(опускаючи несуттєві властивості, в яких він може відрізнятися від прототипу).
Натурна модель	- це самі існуючі системи чи їх частини, на яких проводяться дослідження існуючих (в тому числі природніх) систем чи випробування (з метою удосконалення) проектів штучних систем (систем- <u>артефактів</u>).
Знакова модель	- інформаційна модель, виражена спеціальними знаками, тобто засобами будь-якої формальної мови.
Фізична модель	- фізичне представлення <u>системи</u> , об'єкта, явища або <u>процесу</u> з метою їхнього дослідження, тобто представлення за допомогою іншого фізичного (« <i>реального</i> ») об'єкта, що має в тому чи іншому аспекті «аналогічну» динаміку «поведінки»
Математична модель	- це представлення реальності за допомогою математичного апарату (формул, законів і т.д)
Класифікаційні ознаки моделей	<ol style="list-style-type: none">1. акценти дослідження системи;2. властивості областей зміни параметрів та змінних;3. спосіб опису невизначеності4. урахування інерційності5. спосіб задання відношень між параметрами та змінними;6. призначення7. представлення властивостей системи.
Системотвірні елементи моделювання	<ul style="list-style-type: none">- суб'єкт дослідження (системний аналітик);- об'єкт дослідження;- модель, яка опосередковує відносини між об'єктом, який вивчається, та суб'єктом, який пізнає (системним аналітиком).
Економіко-математична модель	- модель економічних об'єктів або процесів, при описі яких використовуються математичні засоби. Цілі створення економіко-математичних моделей різноманітні: вони будуються для аналізу тих чи інших передумов і положень економічної теорії, логічного обґрунтування економічних закономірностей, обробки і приведення в систему емпіричних даних

Матриця задачі	- математичний об'єкт, записаний у вигляді прямокутної таблиці чисел (чи елементів), він допускає операції (додавання, віднімання, множення та множення на скаляр). Зазвичай матриці представляються двовимірними (прямокутними) таблицями. Іноді розглядають багатовимірні матриці або матриці непрямокутної форми. В цій статті вони розглядатися не будуть.
Техніко-економічні показники	система вимірів, що характеризує матеріально-виробничу - базу підприємства і комплексне використання ресурсів. - техніко-економічні показники (ТЕП) застосовуються для - планування й аналізу організації виробництва і праці, - рівня техніки, якості продукції, використання основних і оборотних фондів, трудових ресурсів
Економіко-математичний аналіз	- розв'язання оптимізаційних задач [economic-mathematical analysis of optimal solutions] - полягає насамперед у виявленні умов, при яких отримане рішення задачі є стійким, тобто знайдений план залишається оптимальним при порівняно невеликих змінах початкових і інших зовнішніх умов. Для цього прораховується і порівнюється ряд більш-менш схожих варіантів завдання.
Верифікація	- логіко-методологічна процедура встановлення істинності наукової гіпотези (так само як і поодинокого, конкретно-наукового твердження) на підставі їхньої відповідності емпіричним даним (пряма або безпосередня верифікація) або теоретичним положенням, що відповідають емпіричним даним (непряма верифікація). У рамках логічного позитивізму принцип верифікованості розуміється критеріально-вичерпним способом апробації наукових тверджень, які розуміються у якості «протокольних припущень» як фіксацій даних безпосереднього досвіду: твердження, котрі виходять за рамки «протокольних пропозицій» трактуються як такі, що не верифікуються, у випадку чого в дію вступає принцип фальсифікації.
Валідація	- процес, спрямований на підтвердження об'єктивними доказами того, що кінцевий продукт (виріб або послуга) відповідає встановленим вимогам.
Система	- множина взаємопов'язаних елементів, відокремлена від середовища і яка взаємодіє з ним, як ціле
Синергетика	- міждисциплінарна наука, що займається вивченням процесів самоорганізації і виникнення, підтримки стійкості і розпаду структур (систем) різної природи на основі методів математичної фізики («формальних технологій»).
Модель «Чорна скринька»	- модель, входи і виходи якої і функціональні експлуатаційні характеристики відомі, але її внутрішньо представлення невідоме або невиразне.
Етапи дослідження економічних процесів з допомогою	- Постановка економічної проблеми та розроблення концептуальної моделі. - Розроблення математичних моделей - Реалізація моделі у вигляді пакету прикладних програм (ППП) та проведення розрахунків - Перевірка адекватності моделі.

ЕММ	- Аналіз числових результатів та прийняття відповідних рішень.
Екзогенні змінні	- величини, що характеризують середовище функціонування модельованої системи, умовно приймаються незалежними від невідомих моделі й за одноразового проведення розрахунків задаються як константи
Ендогенні змінні	- невідомі математичної моделі, її «внутрішні» зміни, що характеризують стан модельованої системи
Цільова функція	- функція, що зв'язує мету (змінну, що оптимізується) з керованими змінними в задачі оптимізації. - є математичний вираз деякого критерію якості одного об'єкту (рішення, процесу і т. д.) в порівнянні з іншим.
Екстремум функції	- точки, в яких функція досягає екстремальних значень максимуму або мінімуму
Метод мінімального елемента	- Його суть полягає в зведенні до мінімуму побічних перерозподілів товарів між споживачами. - <i>алгоритм:</i> - З таблиці вартостей вибирають найменшу вартість і в клітку, яка їй відповідає, вписують більше з чисел. - Перевіряються рядки постачальників на наявність рядки з витраченими запасами і стовпці споживачів на наявність стовпця, потреби якого повністю задоволені. Такі стовпці і рядки далі не розглядаються. - Якщо не всі споживачі задоволені і не всі постачальники витратили товари, повернення до п. 1, в іншому випадку задача вирішена.
Метод північно-західного кута	- Ідея полягає в тому, що заповнення таблиці починають, не враховуючи вартостей перевезень, з лівого верхнього (північно-західного) кута. У клітину записують менше з двох чисел a_1 та b_1 . Далі переходять до наступної клітини в цьому ж рядку або у стовпчику і заповнюють її, і т. д. Закінчують заповнення таблиці у правій нижній клітинці. У такий спосіб значення поставок будуть розташовані по діагоналі таблиці.
Правила побудови двоїстої задачі	- Кожному обмеженню прямої задачі відповідає змінна двоїстої задачі. Кількість невідомих двоїстої задачі дорівнює кількості обмежень прямої задачі. - Кожній змінній прямої задачі відповідає обмеження двоїстої задачі, причому кількість обмежень двоїстої задачі дорівнює кількості невідомих прямої задачі. - Якщо цільова функція прямої задачі задається на пошук найбільшого значення (max), то цільова функція двоїстої задачі — на визначення найменшого значення (min), і навпаки. - Коефіцієнтами при змінних у цільовій функції двоїстої задачі є вільні члени системи обмежень прямої задачі. - Правими частинами системи обмежень двоїстої задачі є коефіцієнти при змінних у цільовій функції прямої задачі. - Матриця

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix},$$

- що складається з коефіцієнтів при змінних у системі обмежень прямої задачі, і матриця коефіцієнтів у системі обмежень двоїстої задачі

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

- утворюються одна з одної транспонуванням, тобто заміною рядків стовпчиками, а стовпчиків — рядками.

Критерій оптимальності	- Основний показник якості роботи системи. Кількісна міра за допомогою якого визначають ступінь близькості стану системи до оптимального стану системи
Локальний критерій оптимальності	- Критерій використовується для вирішення завдань більш низького рівня ніж глобальний. Вимагається, щоб локальний критерій враховував основні положення глобального і не суперечив йому.
Глобальний критерій оптимальності	- має на увазі тенденцію вирівнювання індивідуальних норм прибутку і заощаджень приватних суб'єктів і формування рівнокорисності витрат.
Векторна оптимізація	- комплекс методів вирішення задач математичного програмування, в яких критерій оптимальності являє собою вектор, компонентами якого є незведені один до одного скалярні критерії оптимальності підсистем, що входять в дану систему
Оптимальний за Парето план	- такий стан системи, при якому значення кожного окремого показника, що характеризує систему, не може бути покращено без погіршення інших.
Багатокритеріальна задача	- це процес одночасної оптимізації двох або більше конфліктуючих цільових функцій в заданій області визначення.
Однокритеріальна задача	- Процес оптимізації цільової функції згідно одного з критеріїв, максимуму чи мінімуму
Загальна задача ЛП	- Задача ЛП, яка полягає в знаходженні екстремумів функції
Лінійне програмування	- Метод що зводиться до оптимізації лінійної цільової функції на множині, яка описується лінійними рівняннями і нерівностями.
Графічний математичний метод	- Один з шляхів розв'язання задач суть якого полягає у зображенні і аналізі графіків функції
Нелінійне програмування	- випадок математичного програмування, у якому цільовою функцією чи обмеженнями є нелінійна функція.

Симплексний метод	- метод розв'язання задачі лінійного програмування, в якому здійснюється скерований рух по опорних планах до знаходження оптимального розв'язку; симплекс-метод також називають методом поступового покращення плану.
План	- являє собою поставлення чітко визначеної мети і передбачення конкретних подій розвитку досліджуваного об'єкта. У ньому фіксуються шляхи і засоби розвитку об'єкта згідно з поставленими завданнями, відстежуються прийняті управлінські рішення.
Оптимальний план	- це план, який дає максимізацію цільової функції згідно її напрямку (на максимум чи мінімум) при виконанні заданих обмежень .
Опорний план	- розв'язок системи лінійних обмежень в задачі лінійного програмування, який неможливо представити у вигляді лінійної комбінації будь яких інших розв'язків.
Базисний план	- одне з допустимих рішень, що знаходяться у вершинах області допустимих рішень, або весь цей відрізок. Воно є рішенням системи лінійних обмежень, яке не можна представити у вигляді лінійної комбінації ніяких інших рішень.
Симплекс	- алгоритм вирішення оптимізаційної задачі лінійного програмування шляхом перебору вершин опуклого багатогранника в багатовимірному просторі.
Штучний базис	- Метод вирішення задач ЕММ який застосовується в тих випадках коли система обмежень задачі лінійного програмування не містить одиничну матрицю порядку m .
Ітерація	- Одне з ряду повторень якої-небудь математичної операції, яка використовує результат попередньої аналогічної операції, приклад: Факторіал (!)
Ефективність	- зіставлення засобів затрачених на досягнення цільової функції з отриманим результатом
Геометрична інтерпретація	- Графічний метод розв'язування задач лінійного програмування за допомогою побудови кривих на площині. -
Вектор градієнт	- вектор, який своїм напрямком вказує напрямок найшвидшого зростання деякої величини, значення якої змінюється від однієї точки простору до іншої (скалярного поля), а по величині (модулю) рівний швидкості росту цієї величини в цьому напрямку
Лінія рівня	- <i>Лінією рівня</i> функції називають геометричне місце точок, у яких функція приймає екстремуми
Транспортна задача	- задача про оптимальний план перевезення продукту (-тів) із пунктів відправлення до пунктів споживання.
Транспортна задача закритого типу	- Задача в якій сумарний обсяг пропозицій (вантажів, наявних в пунктах відправки) не дорівнює загальному обсягу попиту на товари (вантажі), які потрібні пунктам споживання
Транспортна задача відкритого типу	- Задача в якій сумарний обсяг пропозицій (вантажів, наявних в пунктах відправки) дорівнює загальному обсягу попиту на товари (вантажі), які потрібні пунктам споживання
Дефіцитні	- Ресурси які знаходяться в дефіциті і при включенні 1 одиниці в виробництво здатні значно збільшити значення цільової функції

ресурси

Недефіцитні ресурси	- Ресурси які знаходяться в надлишку і не здатні збільшити значення цільової функції
Цілочисельне програмування	- різновид математичного програмування, який припускає, що шукані значення повинні бути цілими числами.
Теорема Куна - Таккера	- пов'язує рішення ЗЛП з наявністю сідлової точки у відповідній функції Лагранжа.
Функція Лагранжа	- функція узагальнених координат $\varphi_i(s)$, що використовується для побудови через певний варіаційний принцип рівнянь, які описують еволюцію фізичної системи.
Стационарні точки	- це такий аргумент функції при якому її похідна(градієнт для функції багатьох аргументів) дорівнює нулю.
Сідлові точки	- Точки для яких виконується подвійна нерівність: $H(a, b^*) \leq H(a^*, b^*) \leq H(a^*, b)$ для всіх стратегій a гравця A , і для всіх стратегій b для гравця B
Імовірність	- числова характеристика можливості того, що випадкова подія відбудеться в умовах, які можуть бути відтворені необмежену кількість разів.
Ризик	- Числова характеристика імовірності отримання небажаних результатів
Алгоритм розв'язування ЗЛП симплекс-методом	- передбачає наступні кроки: - Крок 1. Формулювання задачі ЛП в канонічній формі. - Крок 2. Визначення початкового опорного плану.. - Крок 3. Перевірка опорного плану на оптимальність. Здійснюється в симплексних таблицях за допомогою критерію оптимальності. - Крок 4. Перехід до іншого опорного плану робиться за допомогою симплексних перетворень (перетворень Жордана- Гаусса з використанням критерію оптимальності).
Аналітична модель	- один з класів математичного моделювання. Перевагою аналітичної моделі є те, що розв'язки можна аналізувати математичними методами. Недоліком аналітичних моделей є спрощення реальних ситуацій з метою отримання аналітичних розв'язків.
Детермінована модель	- модель, результати якої визначені через відомі відношення станів і подій, і в який заданий вхід буде завжди видавати той же самий результат - модель системи, у якій відбуваються зміни через виникнення подій у часі або рух об'єктів у просторі
Компромісний план	- Альтернативний план задач оптимізації цільової функції.
Система основних умов-обмежень	- Обмеження яку задаються функції мети при розв'язуванні задач лінійного програмування
Дискретна	- Математична чи імітаційна модель, змінні якої приймають тільки дискретні значення, тобто змінюються від одного значення до іншого і не

модель	приймають проміжних значень (наприклад, модель, що прогнозує рівні запасів організації, ґрунтуючись на відвантаженнях, які змінюються, і платежах).
Економіко-математична модель	- це концентрований вираз найсуттєвіших економічних взаємозв'язків досліджуваних об'єктів (процесів) у вигляді математичних функцій, нерівностей і рівнянь, відношень формальної логіки тощо.
Задачі лінійного програмування	- задачі дослідження конкретних виробничо-господарських ситуацій, які можна тлумачити як оптимальне використання обмежених ресурсів (задача оптимального плану виробництва, складання денного раціону годівлі худоби, розкрою тощо).
Задачі оптимізації	- це такі задачі людської діяльності, де виникає проблема вибору, підпорядкована досягненню певної мети. Проблема пошуку оптимального розв'язку зводиться до того, щоб побудувати адекватну модель задачі та підібрати ефективний метод її розв'язування.
Балансова умова	- Умова за якою всі елементи системи є в повному і достатньому обсязі
Згладжування	- це оцінка трендової компоненти разом із сезонною та циклічною компонентами.
Абстрактна модель	- яка виявляє причинно-наслідкові зв'язки, властиві досліджуваному об'єктові в межах, визначених цілями дослідження. По суті, це формальний опис об'єкта моделювання, який відображає концепцію (погляд) дослідника на проблему.
Канонічна форма ЗЛП	- модель, яка має обмеження у вигляді системи рівнянь з невід'ємним вектором вільних членів і невід'ємними змінними.
Кореляційною залежністю	- двох випадкових величин називається така їх ймовірнісна залежність, коли математичне сподівання однієї з них функціонально залежить від значення, прийнятого іншою випадковою величиною.
Лінійне програмування	- область математики, що розроблює теорію та числові методи розв'язання задач пошуку екстремуму лінійної функції багатьох змінних, обумовлених множиною лінійних обмежень (рівнянь та нерівностей).
Математичне програмування	- це прикладне направлення математики, яке займається вивченням задач оптимізації та розробкою теорії і методів їх розв'язання. В основу класифікації цих задач покладено вид математичних залежностей моделі. Наприклад, задачі лінійного програмування, задачі цілочисельного програмування, задачі динамічного програмування, задачі нелінійного програмування тощо.
Метод штучного	- застосовується в тих випадках, коли для канонічної форми задачі ЛП не означений початковий опорний план.

базису

Модель	- система математичних співвідношень, які описують досліджуваний процес або явище
Моделювання	- є процесом побудови, вивчення та застосування моделей. Воно є невід'ємною частиною будь-якої цілеспрямованої діяльності.
Нелінійне програмування	- це математичний апарат для пошуку екстремуму нелінійних функцій, заданих з певними обмеженнями.
Система	- комплекс взаємопов'язаних елементів, які спільно реалізують певні цілі. Складність системи визначається кількістю елементів, які до неї входять, зв'язками між ними, а також взаємовідношеннями між системою і зовнішнім оточенням.
Стаціонарні точки	- точки в яких частинні похідні дорівнюють нулю
Тренд	- це довгострокова компонента, яка показує зростання або спад значень часового ряду впродовж тривалого проміжку часу.

ТЕМАТИКА РЕФЕРАТІВ

1. Математичне моделювання економіки та його роль у розвитку економічної теорії
2. Аналіз пакетів прикладних програм, які використовуються для моделювання економічних об'єктів і процесів
3. Математичні моделі в системах моніторингу економічних процесів
4. Комплекс економіко-математичних моделей маркетингових досліджень
5. Основні принципи аналізу та синтезу моделей економічних систем
6. Імітаційні моделі прийняття багатокритеріальних рішень в економіці та підприємстві
7. Математичні моделі комбінаторного морфологічного аналізу та синтезу раціональних систем управління в економіці та підприємстві
8. Математичні моделі аналізу проблем глобалістики
9. Математичні моделі адаптивних і раціональних очікувань в економіці та підприємстві
10. Економіко-математичне моделювання використання земельних ресурсів.
11. Імітаційне моделювання банківської діяльності.
12. Моделювання виробничих процесів в аграрному секторі на основі багатоцільової оптимізації.
13. Еколого-економічне моделювання розвитку аграрних територій.
14. Моделі ефективності регулювання внутрішнього продовольчого ринку в умовах СОТ .
15. Оцінка ризиків продовольчої безпеки в умовах відкритої економіки.
16. Моделювання і оптимізація господарської діяльності підприємств корпоративного типу.
17. Прогнозування змін номенклатури споживчого попиту населення України.
18. Моделювання процесів ґрунтового живлення.
19. Моделювання інвестиційної привабливості та ризиків окремих галузей аграрного сектору.
20. Моделювання системних характеристик банківської діяльності в умовах ризику.
21. Моделювання та менеджмент ринку с.-г. культур.
22. Моделювання та оптимізація використання інвестицій в с.-г. підприємствах.
23. Моделювання та оптимізація діяльності аграрних підприємств в умовах ризику.
24. Моделювання та оптимізація структури інвестиційних фондів.
25. Моделювання та оптимізація фінансової стійкості підприємства.
26. Моделювання ризиків кредитування аграрної сфери.
27. Обґрунтування оптимального плану розвитку підприємства на основі

варіантних розрахунків.

28. Модель раціонального природокористування на рівні окремого господарства.

29. Оптимізація кормової бази сільськогосподарського підприємства в умовах трансформаційної економіки.

30. Побудова цільової функції аграрного підприємства з урахуванням екологічної складової.

31. Моделі конкурентоспроможності розвитку генно-модифікованих технологій.

32. Моделювання і оптимізація структурних змін сільськогосподарського виробництва (на різних рівнях управління).

33. Моделювання і оптимізація інноваційних і інвестиційних проектів в галузях АПК (рослинництво, тваринництво, зернове господарство, цукробурякове виробництво, картоплярство і т.д.)

34. Моделювання адаптації сільськогосподарських підприємств до змін в умовах конкуренції і ризику.

35. Моделювання конкурентної стратегії сільськогосподарських підприємств (стратегії контролю над витратами, стратегії диференціації, стратегії фокусування тощо).

36. Моделювання ефективності розвитку господарських систем в умовах ризику.

37. Моделювання та оптимізація сільськогосподарського виробництва на основі системного підходу (витрати-обсяг виробництва-прибуток)

38. Моделювання і оптимізація структури витрат на виробництво сільськогосподарської продукції (зерно, цукор, м'ясо всіх видів і т.д.)

39. Застосування математичних методів для оптимізації посівних площ сільськогосподарських культур підприємств різних форм власності.

40. Моделювання та оптимізація виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств АПК.

41. Застосування математичних методів до визначення обсягу капітальних вкладень у зерновому господарстві, цукробуряковому виробництві і т.д.

42. Застосування системного підходу до організації сільськогосподарського виробництва в АПК України.

43. Оптимізація структури витрат у виробництві продукції сільського господарства.

44. Методи кластерного аналізу для дослідження економічних систем (процесів).

45. Моделювання і оптимізація факторів економічного зростання.

46. Економіко-математичні моделі оптимізації сільськогосподарського виробництва в радіаційно забруднених зонах.

47. Економіко-математичне моделювання експертних систем у народному господарстві.

48. Динамічне моделювання економічних процесів у галузях народного господарства.
49. Особливості підвищення ефективності використання ґрунтів у радіаційно забруднених зонах.
50. Оптимізація використання виробничого потенціалу в АПК України.
51. Ефективність використання підсобних господарств у приміській зоні.
52. Моделювання та оптимізація розподілу та використання мінеральних добрив по полях сівозмін в аграрних підприємствах.
53. Планування потреби в добривах на основі динамічної моделі.
54. Моделювання та оптимізація використання виробничих ресурсів в аграрних, лісопереробних та інших підприємствах різних форм власності в ринкових умовах.
55. Економічні методи аналізу та прогнозування використання ресурсів виробництва в аграрних підприємствах різних форм власності.
56. Моделювання та оптимізація використання кормових ресурсів в умовах ризику.
57. Багатокритеріальні проблеми оптимізації галузевої структури аграрних підприємств.
58. Оптимізація та менеджмент експортного потенціалу галузей економіки України
59. Еколого-економічне моделювання використання ресурсів в агропромисловому виробництві
60. Методологічні аспекти побудови моделей довготермінового економічного прогнозування
61. Опорні плани задач лінійного програмування.
62. Аналітичні властивості розв'язків задач лінійного програмування.
63. Зацикленість алгоритму симплексного методу.
64. Обґрунтування алгоритму знаходження оптимального плану лінійної задачі
65. Опуклі множини.
66. Двоетапна транспортна задача та її використання на практиці.
67. Транспортна задача за критерієм часу.
68. Оптимізація транспортування неоднорідних вантажів.
69. Оптимізація транспортування однорідних вантажів різними транспортними засобами.
70. Канонічні форми задач лінійного програмування.
71. Задачі нелінійного математичного програмування.
72. Труднощі нелінійного програмування.
73. Квадратичне і опукле програмування.
74. Нелінійні задачі з сепарабельними функціями. Методи лінеаризації.
75. Проблеми побудови концептуальної моделі управління економічними об'єктами та процесами з урахуванням взаємодії із суспільством і біологічним середовищем

- 76. Моделювання еколого-економічних процесів
- 77. Моделювання основних системних характеристик та їх роль при прийнятті рішень в економіці та підприємництві
- 78. Моделювання антикризового менеджменту
- 79. Математичні моделі дослідження хаотичної динаміки в економічних системах
- 80. Моделювання теорії катастроф та концептуальні засади її застосування в економіці
- 81. Методологічні аспекти та інструментарій моделювання процесів активної адаптації в економіці та підприємництві
- 82. Моделювання агропромислової політики
- 83. Односекторна модель оптимального економічного зростання
- 84. Моделі та методи управління підприємством
- 85. Моделювання стратегій організаційного розвитку.

Список рекомендованої літератури

1. Акулич М.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учебное пособие для студентов экономических специальных вузов. – К.- Вища школа, 1985. – 319 с.
2. Бадевиц З. Математическая оптимизация в социалистическом сельском хозяйстве/ перев. с нем. Н.А. Чупеева, под ред. Р.Г. Кравченко. – М.: Колос, 1982. – 549с.
3. Берегова Г.І. Економіко-математичне моделювання: Навч. посіб./ Берегова Г.І., Сидоренко А.Ю. - Львів: УБС НБУ, 2008. – 140с.
4. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 180с.
5. Брігхем Е. Основы фінансового менеджменту / Пер. з англ. — К.: Молодь, 1997. — 1000 с.
6. Бурда М. Макроекономіка: Європейський контекст / Пер. з англ. / Бурда М., Виплош Ч. — К.: Основи, 1998. — 682 с.
7. Бутник О.М. Економіко-математичне моделювання перехідних процесів у соціально-економічних системах: Монографія. – Х.: Видавничий Дім „ИНЖЕК”; СПД Лібуркіна Л.М., 2004. – 304с.
8. Варфоломеев В. И. Алгоритмическое моделирование элементов экономических систем: Практикум. — М.: Финансы и статистика, 2000.- 208 с.
9. Василенко В.О. Антикризове управління підприємством: Навч. посіб. – Київ: ЦУЛ, 2003. – 504с.з
10. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2003. – 408с.
11. Вітлінський В.В. Математичне програмування: Навч.-метод. посібник для самост.вивч. дисц. / Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Терещенко Т.О. – К.: КНЕУ, 2001. – 248с.
12. Вітлінський В.В. Економічний ризик: ігрові моделі: Навч. посібник / В.В.Вітлінський, П.І.Верченко, А.В.Сігал, Я.С. Наконечний; За ред.. д-ра екон. наук, проф. В.В.Вітлінського. – К.:КНЕУ, 2002. – 446с.
13. Вітлінський В.В. Аналіз моделювання та управління економічним ризиком: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц./ Вітлінський В.В., Верченко П.І – К.:КНЕУ, 200. – 292с.
14. Витлинский В.В. Аспекты моделирования процессов управления инновационными технологиями на агропромышленных предприятиях./ Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: сб.науч. трудов V Международной школы-симпозиума АМУР/ Витлинский В.В., Бабенко В.А. - 2011. Симферополь: ТНУ им. В.И.Вернадского, 2011. – 411с. (С.63-39)
15. Вітлінський В.В. Адаптологія математичних моделей нелінійної соціодинаміки: здобутки і перспективи моделювання. /Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: сб.науч. трудов V Международной школы-симпозиума АМУР / Вітлінський

- В.В., Коляда Ю.В., Тукало В.О. - 2011. Симферополь: ТНУ им. В.И.Вернадского, 2011. – 411с.(С.69-73)
16. Вступ до числових методів: Навч. посібник./ [Каленюк П.І., Бакалець В.А., Бакалець І.І. та ін.]– Львів: В-во Державного університету “Львівська політехніка”, 2000. – 146 с.
17. Глухов В.В. Математические методы и модели для менеджмента. / Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. – СПб.: 200. – 480 с.
18. Голіков А.П. Економіко-математичне моделювання світогосподарських процесів: Навч. посіб. В-во „ЗНАННЯ”. – 2009. – 222с.
19. Гольштейн Е.Г. Задачи линейного программирования транспортного типа. / Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. – М.: Наука, 1969. – 382 с.
20. Гуревич Т.Ф. Сборник задач по математическому программированию. М.: Колос, 1977. - 160с.
21. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения /Пер. с англ. Г.Н. Андрианова и др. Общ. ред. и предисл. Н.Н. Воробьева. – М.: Прогресс, 1966. –600 с.
22. Економіка підприємства: Навч. посіб. /О.В.Ареф’єва, В.Г.Сахаєв, О.В.Ареф’єв та ін.- К.: Вид-во Європ.ун-ту, 2004.- 237с.
23. Экономико-математические методы и модели: Учеб. пособие /Н.И. Холод, А.В. Кузнецов, Я.Н. Жихар и др.; 2-е изд. – Мн.: БГЭУ, 2000. - 412с.
24. Экономико-математические методы и модели: Учеб. пособие / Н. И. Холод и др.; Под общ. ред. А. В. Кузнецова. — Минск: БГЭУ, 1999. — 413 с.
25. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов / В. В. Федосеев и др.; Под ред. В. В. Федосеева. — М.: ЮНИТИ, 1999. — 391 с.
26. Єременко В.Г. Історія економічної науки (короткий огляд нової ери): Науково-навчальне видання. – К.: Інформаційно-видавничий центр Держкомстату, 2002, 553с.
27. Заварыкин В.М. Численные методы: Учебное пособие для студентов./ Заварыкин В.М., Житомирский В.Г., Лапчик М.П. — М.: Просвещение, 1991. — 176 с.
28. Замков О. Математические методы в экономике. / Замков О., Толстопятенко А., Черемных Ю. Учебник. [3-е изд., перераб.]. – М.: Дело и Сервис, 2001. – 365 с.
29. Занг В.-Б. Синергетическая экономика: Время и перемены в нелинейной экономической теории / Пер. с англ. — М.: Мир, 1999. — 335 с.
30. Зуховицкий С.И. и др. Линейное и выпуклое программирование. М.: Наука, 1967. – 460 с.
31. Кадієвський В.А. Математичне програмування та моделювання економічних процесів./ Кадієвський В.А., Жадлун З.О. – К.: НАУ, 1995.

- 32.Кадієвський В.А. Моделювання економіки: курс лекцій./ Кадієвський В.А., Загородній Ю.В.– К.: Вид-во ДАСОА, 2007. – 214с.
- 33.Калихман И.Л. Сборник задач по математическому программированию. М.: Высшая школа, 1975. – 270 с.
- 34.Калихман И.Л. Линейная алгебра и программирование. М.: Высшая школа, 1967. - 424 с.
- 35.Кальна- Дубінюк Т.П. Моделювання економічної динаміки: Навч. посіб. – К.: НАУ, 2002. – 135с.
- 36.Клебанова Т.С. Моделирование экономической динамики: Учеб. пособие / [Клебанова Т.С., Дубровина Н.А., Полякова О.Ю. та ін.]– [2-е изд., стереотип.] – Х.: Издательский дом „ИНЖЭК”, 2005.- 244с.
- 37.Клименко Н.А. Практикум з дисципліни „Оптимізаційні методи та моделі” .К. – ТОВ „Аграр Медіа Груп”.- 2011.-105с.
- 38.Колуховский П. Математические методы исследования в экономике. – СПб.: Питер, 2000. – 208с.
- 39.Колемаев В. А. Математическая экономика: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 240 с.
- 40.Костіна Н. І. Фінанси: системи моделей і прогнозів: Навч. посібник./ Костіна Н. І., Алексєєв А. А., Василик О. Д. — К.: Четверта хвиля, 1998. — 304 с.
- 41.Лавінський Г.В. Моделювання економічної динаміки: Навчальний посібник. / Лавінський Г.В., Пшенишнюк О.С., Устинко С.В., Шарапов О.Д. - К.: Атака, 2006.- 276с.
- 42.Лук'яненко І.Г. Сучасні економетричні методи у фінансах. Навч. посіб./ Лук'яненко І.Г., Городніченко Ю.О. – К.: Літера ЛТД, 2002. – 352с.
- 43.Мазаракі А.А. Математичне програмування в Excel: Навч. посібник./ Мазаракі А.А., Толбатов Ю.А. – К.: Четверта хвиля, 1998. – 208с.
44. Математичне програмування: Навчальний посібник /[А.Ф. Барвінський, І.Я. Олексів, З.І. Крупка та ін.]– Львів: Національний університет “Львівська політехніка” (Інформаційно-видавничий центр “Інтелект+” Інститут післядипломної освіти) “Інтелект - Захід”, 2004. – 448 с.
- 45.Математичне програмування (методичний посібник для студентів економічних спеціальностей)/[Лавренчук В.П., Веренич І.І., Готинчан Т.І. та ін.] - Чернівці: „Рута”, 1998.-168 с.
- 46.Малыхин В. И. Математическое моделирование экономики: Учеб.- практ. пособие. — М.: УРАО, 1998. — 160 с.
- 47.Малыхин В. И. Финансовая математика. –М.: ЮНИТИ, 2002. – 186с.
- 48.Наконечний С.І. Математичне програмування: Навч. посіб. / Наконечний С.І., Савіна С.С.– К.: КНЕУ, 2004. – 452с.
- 49.Наливайко А. П. Теорія стратегії підприємства: Сучасний стан та напрямки розвитку. — К.: КНЕУ, 2001. — 227 с.

50. Нельсон Р. Эволюционная теория экономических изменений./ Нельсон Р., Уинтер С. — М.: ЗАО «Финстатинформ», 2000. — 474 с.
51. Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели. М., „Мысль”.- 1965.
52. Петров Е.Г. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах: Навч. посіб./ Петров Е.Г., Новожилов М.В. — К.: Техніка, 2004. — 256с.
53. Полякова О.Ю. Моделирование системных характеристик экономики: Учеб. пособие. /Полякова О.Ю., Милов А.В. — [2-е изд., стереотип.] — Х.: Издательский дом „ИНЖЭК”, 2006.- 296с.
54. Попов Ю.Д. Методи оптимізації. / Попов Ю.Д., Тюття В.І., Шевченко В.І. — К.: КНУ, 2003. — 215 с.
55. Попрозман Н.В. Фактори економічного зростання галузей АПК. /Монографія. - К.: 2002. — 240с.
56. Попрозман Н.В. Методичні вказівки до виконання контрольних (самостійних) та індивідуальних робіт з математичного програмування для студентів економічних спеціальностей./ Н.В.Попрозман, Н.А.Клименко. — К.- ЦП „КОМПРИНТ” — 2011.- 125с.
57. Попрозман Н.В. Навчальне видання. Проблеми оптимізації економічних систем. К.— ТОВ „Аграр Медіа Груп”.- 2011.-67с.
58. Попрозман Н.В. Практикум з дисципліни „ММТЕ”. Аналіз трансформаційних процесів в економічних системах. К.— ТОВ „Аграр Медіа Груп”.- 2010.- 106с.
59. Попрозман Н.В. Економіко- математичне моделювання. Метод. вказ. до вивчення дисципліни. К.-ЦП „КОМПРИНТ” — 2012.- 130с.
60. Практикум по математическому моделированию экономических процессов в сельском хозяйстве /А.Ф. Карпенко, В.А. Кардаш, Н.С. Низова и др.; под ред. А.Ф.Карпенко. — [2 — изд., перераб. и допол.] — М.: Агропромиздат, 1985.- 269с.
61. Практикум з обчислювальної математики. Основні числові методи. Частина 1./[Аджейчан І.А., Федюк Є.М., Анохін В.Є.та ін.] — Львів: Львівська політехніка, 2000. — 100 с.
62. Рейтинговое управление экономическими системами./ [Богатов О. И., Лысенко Ю. Г., Петренко В. Л., Скобелев В. Г.]. — Донецк: Юго-Восток, 1999. — 110 с.
63. Рябоконь В.П. Соціально-економічна сутність аграрної політики та шляхи її реалізації // Економіка АПК, 2001, №6. — С.3- 8.
64. Саблук П.Т. Реалізація механізму реформ в аграрній сфері. //Економіка АПК, 2001, №10. — С.3- 7.
65. Савчук В.С. Трансформаційна економіка: Навч. посібник / [В.С. Савлук, Ю.К. Зайцев, І.Й. Малий та ін.]; За ред. В.С.Савчука, Ю.К.Зайцева. — К.: КНЕУ, 2006.- 612с.
66. Степанюк В.В. Методи математичного програмування. - К.: Вища школа, 1984, - 272 с.

67. Толбатов Ю.А. Эконометрика: Підручник для студ. екон. спец. ВНЗ. – К.: ТП Пресс, 2003. – 320с.: іл.
68. Трояновский В. М. Математическое моделирование в менеджменте: Учеб. пособие. — М.: Русская деловая литература, 1999. — 240 с.
69. Тунеев М.М. Экономико-математические методы в организации и планировании сельськохозяйственного производства./ Тунеев М.М., Сухоруков В.Ф. - М., «Колос», 1977. – 224с.
70. Фомин Г.Р. Методы и модели линейного программирования в коммерческой деятельности : Учеб пособие. – М.: Финансы и статистика, 2000. –128 с.
71. Хэдли Дж. Нелинейное и динамическое программирование /Перевод с англ. Ю.И. Волкова и др. Под редакцией Г.П. Акимова. – М.: Мир, 1967. – 506 с.
72. Чернявський А.Д. Антикризове управління підприємством: Навч. посіб. – К.: МАУП, 2006. – 256с.: іл.
73. Шарапов О.Д. Економічна кібернетика: Навч. посіб. / Шарапов О.Д., Дербенцов В.Д., Семьонов Д.Є. – К.: КНЕУ, 2005. – 231с.
74. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: Учеб. пособие для вузов. — М.: ЮНИТИ: ДАНА, 2000. — 367 с.
75. Шикин Е. В. Математические методы и модели в управлении: Учеб. пособие. / Шикин Е. В., Чхартишвили А. Г.— М.: Дело, 2000. — 440 с.
76. Юдин Д.Б. Линейное программирование. Теория, методы и приложения./ Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
77. Ястремський О. І. Основи мікроекономіки: Підручник./ Ястремський О. І., Гриценко О. Г.— К.: Знання, 1998. — 784 с.
78. Ястремский А.И. Стохастические модели математической экономики. – К., 1983. – 145с.