МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра технологій виробництва
та переробки сільськогосподарської продукції
імені академіка В.Г. Пелиха

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення лабораторних робіт з дисципліни

«Основи САПР процесів виробництва і переробки продукції тваринництва»

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освтіи освіти першого року навчання денної форми

Спеціальність 204 «Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва»

Освітньо-професійна програма Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва

Факультет біолого-технологічний

Херсон 2024

УДК 658.512, 637.03

Методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт з дисципліни «Основи САПР процесів виробництва і переробки продукції тваринництва» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти першого року навчання денної форми. Спеціальність 204“Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва”. Освітньо-професійна програма Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва. Факультет біолого-технологічний.

Укладач:

Левченко М.В.. – к. с.-г. н., доцент кафедри технологій виробництва та переробки сільськогосподарської продукції імені академіка В.Г. Пелиха, ХДАЕУ

Рецензент:

Новікова Н.В. – к. с.-г. н., доцент, зав. кафедри харчових технологій, ХДАЕУ

Розглянуто і рекомендовано до видання на засіданні кафедри технологій виробництва та переробки сільськогосподарської продукції ім. академіка В.Г. Пелиха (Протокол №6 від 25 січня 2024 р).

Методичні рекомендації затверджено до видання на засіданні методичної комісії біолого-технологічного факультету (Протокол № 6 від 27 лютого 2024 р).

Левченко М.В. Методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт з дисципліни «Основи САПР процесів виробництва і переробки продукції тваринництва» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти першого року навчання денної форми. Спеціальність 204“Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва”. Освітньо-професійна програма Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва. Факультет біолого-технологічний. НМВ: ХДАЕУ, 2024. 82 с.

УДК 658.512, 637.03
© Левченко М.В., 2024

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП…….……..…….. 4

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1……..... 5

Тема: Основні поняття автоматизації технологічних розрахунків. MathCAD, як засіб автоматизації технологічних розрахунків

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2…… 16

Тема: Виконання сировинних та продуктових розрахунків в програмі MathCAD

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3……..... 21

Тема: Графічна візуалізація в середовищі MathCAD

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4……..... 27

Тема: Обробка експериментальних даних в MathCAD

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5…… 32

Тема: Створення анімації в програмі MathCAD

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6……..…….... 36

Тема: Вимоги ЄСКД щодо виконання і оформлення креслень та схем

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7..……..…… 45

Тема: Креслення технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8…….……... 48

Тема: Виконання апаратурно-технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9…….……... 56

Тема: Microsoft Visio, як засіб автоматизації виконання графічної частини проекту

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10…….…….……... 62

Тема: Особливості виконання технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в програмі MS Visio

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11……..…….. 65

Тема: Особливості креслення апаратурно-технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в програмі MS Visio

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12…….…….. 67

Тема: Виконання генеральних планів підприємств з переробки продукції тваринництва в MS Visio

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……..…….. 78

ДОДАТОК А. Приклади технологічних схем виробництв 81

ВСТУП

Використання систем автоматизованого проектування передбачає передачу ЕОМ максимальної кількості трудомістких розрахунків і функцій при збереженні керування ходом проектування з боку людини. Основним є створення інформаційної бази (бази даних), передовсім у проектних організаціях, що є основою для створення САПР.

САПР як система охоплює технічні засоби (обов'язково комп'ютери), системне програмне забезпечення, систему керування базами даних і самого проектувальника. САПР – спрощено це ЕОМ проектування за допомогою ПК.

Мета дисципліни «Основи САПР процесів виробництва і переробки продукції тваринництва» – оволодіння здобувачами знань з основ систем автоматизованого проектування (САПР) технологічних ліній, цехів та виробництва в цілому для випуску певного асортименту продукції переробки с.-г. продукції.

Для досягнення поставленої мети першочерговим є застосування спеціалізованого програмного забезпечення – пакети MathCAD, Microsoft Visio, AutoCAD, Corel, Компас-3D.

Курс «Основи САПР процесів виробництва і переробки продукції тваринництва» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти, спеціальності 204 ТВППТ, біолого-технологічного факультету є дисципліною, яка базується на знаннях дисциплін: вступ до фаху, вища математика та є основою для подальшого вивчення спеціальних дисциплін, таких як технічне планування та комплексна розробка підприємств з переробки продукції тваринництва та машини і механізми виробничих процесів у тваринництві. Крім того, отримані знання можуть бути використані при виконанні відповідних розділів курсових та дипломних проектів.

Згідно робочої навчальної програми передбачено виконання 12 лабораторних робіт із розрахунку по 2 години на кожну. Після виконання даних лабораторних робіт студент повинен мати практичні навички роботи у програмах MathCAD та Microsoft Visio, а саме головне самостійно виконувати розрахунки та інженерно-конструкторські роботи за допомогою засобів САПР.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1.

Тема: Основні поняття автоматизації технологічних розрахунків. MathCAD, як засіб автоматизації технологічних розрахунків.

Мета: ознайомлення з поняттям автоматизації технологічних розрахунків; вивчення інтерфейсу користувача, набуття навичок практичної роботи та виконання простих обчислень у MathCAD.

Завдання:

1. Ознайомитися з метою автоматизації технологічних розрахунків.

2. Детально вивчити принципи виконання простих обчислень у MathCAD та виконати завдання з обчислення математичних виразів, згідно варіанту.

3. Результати розрахунків занести у звіт з виконання лабораторної роботи.

Матеріал до вивчення теми

1.1. Автоматизація технологічних розрахунків.

Автоматизація технологічних розрахунків дозволяє швидко виконувати багатоваріантні сировинні розрахунки, включаючи баланс сировини і готової продукції, з розв'язанням оптимізаційних задач в технологічній частині проекту.

Наприклад, при проектуванні технологічних процесів м'ясожирового корпуса, що поєднує шість взаємозалежних виробництв – первинну переробку худоби, обробку субпродуктів, кишкової сировини, шкірної сировини, виробництво харчових пряжених жирів, переробку технічної сировини на підставі галузевих норм, диференційованих по регіонах і областям, проводять розрахунок кількості голів худоби і вихід продуктів забою (неопрацьовані й оброблені субпродукти, кишки, шкіри, жирова сировина, технічні відходи).

Виконання технологічних розрахунків на ЕОМ можливо шляхом рішення задачі лінійного програмування за допомогою алгоритмічних мов або електронних таблиць EXCEL фірми Microsoft.

Після введення користувачем змінного вироблення і розподілу худоби по видах, вікових групах, категоріях угодованості (для свиней додатково - по способах обробки) програма видає розрахунок виходу продуктів при первинній переробці худоби, оформлений у виді таблиці.

Отримані розрахункові дані вручну або автоматично заносять у файл вихідних даних, що на наступному етапі може бути використаний для рішення задачі оптимізації асортименту продукції, що випускається, наприклад за критерієм максимального прибутку підприємства при виконанні ряду обмежень, зокрема по масі сировини і по рецептурі.

Цільова функція представляється в наступному виді:

$$Пр = \Sigma X_i Ц_i + \Sigma Y_j Ц_j - \Sigma X_i B_i \rightarrow \max$$

де *Пр* – максимальний прибуток підприємства; X_i – відповідний вид сировини; $Ц_i$ – ціна реалізації відповідного виду сировини; Y_j – відповідний вид продукції; $Ц_j$ – ціна реалізації відповідного виду продукції; B_i – вартість сировини.

Вихідні дані (рецептура продукції, коефіцієнти цільової функції і матриця коефіцієнтів обмежень), а також результати розрахунків зберігають в окремих файлах.

Задача оптимізації вирішується з використанням симплекса-методу, тому що цільова (оптимізована) функція і всі обмеження являють собою лінійні алгебраїчні вираження.

Пропонована програма дозволяє не тільки скоротити час сировинного розрахунку по м'ясожировому виробництву до декількох хвилин, але і скоротити трудові витрати по плануванню роботи м'ясопереробного підприємства при її використанні в виробничій практиці.

Структурна схема алгоритму процесу пошуку оптимального з погляду прибутку асортименту приведена на рис. 1.1.

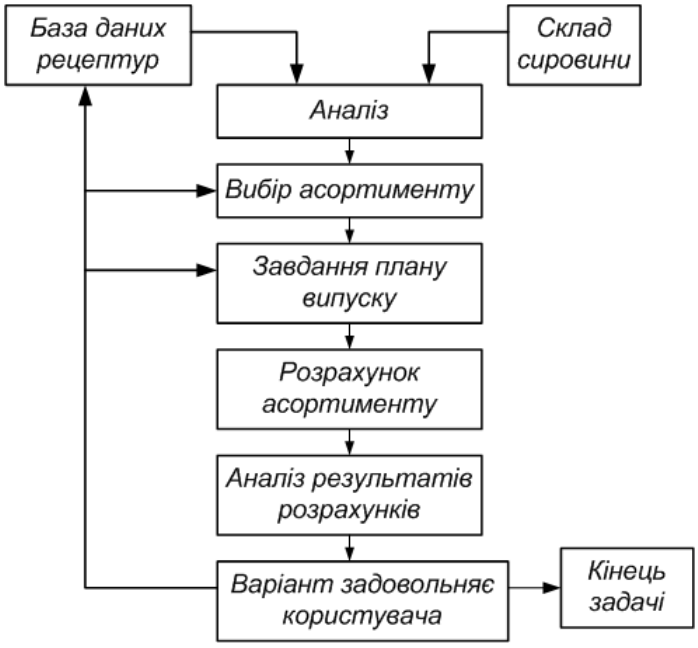


Рис. 1.1. Структурна схема інтерактивного процесу прийняття рішення при роботі технолога з обчислювальним комплексом

При розробці і реалізації оптимізаційних математичних моделей, зв'язаних із забезпеченням технологічного процесу переробки продукції тваринництва відповідним технологічним устаткуванням, можуть виникати чотири оптимізаційні задачі. Областю визначення задач є: технологічні схеми виробництва (перелік, регламентовані режими і послідовність виконання технологічних операцій), устаткування (продуктивність, ціна, займана площа, витрати на транспортування).

При проектуванні підприємств заданої потужності після вибору й обґрунтування технологічних схем виробництва і визначення необхідних видів устаткування перша задача

зводиться до розрахунку кількості одиниць устаткування, виробничої площі для розміщення основного технологічного устаткування і вартості проекту.

Другою задачею комплексу є оптимізація вибору устаткування за критерієм мінімізації площі при додаткових обмеженнях на вартість устаткування. У дану задачу можуть входити обмеження на вартість доставки устаткування від місця продажу (перевезення, митниця й ін.).

Третя задача являє собою оптимізаційну процедуру за критерієм мінімізації витрат на основне технологічне устаткування при обмеженнях на площу розміщення.

Четверта задача являє собою розширення попередніх трьох для випадку, коли оптимізаційною функцією є функція переваги користувача. При цьому, узагальнивши результати трьох попередніх розрахунків, користувач приймає рішення про важливість включення того або іншого типу устаткування в процедуру оптимізаційного вибору.

Викладена модель пропонується до включення в пакет прикладних програм АРМ технолога, орієнтований на обчислювальну техніку IBM PC.

Отже, розглянутий вище комплекс математичних моделей і програмних засобів дає можливість технологові вибрати ефективні стратегії використання біосировини і вирішити задачі оптимізації на всіх рівнях організації і керування виробництвом.

1.2. MathCAD, як засіб автоматизації технологічних розрахунків.

1.2.1. Основи роботи у MathCAD.

MathCAD – це потужний засіб для виконання інженерних та наукових розрахунків різного рівня складності: від елементарних розрахунків до складних реалізацій різних числових методів. З-поміж низки сучасних математичних прикладних програм, а це MATLAB, Mathematica, Maple, Derive тощо, за функціональними можливостями, які поєднані з простотою вивчення та зручністю виконання обчислень, MathCAD (CAD означає Computer Aided Design, тобто проектування із застосуванням комп'ютерів) вигідно вирізняється.

Переважно MathCAD орієнтований на студентів та інженерів – непрофесійних математиків, що потребують швидкого виконання математичних розрахунків. Характерною особливістю цього математичного програмного забезпечення є можливість об'єднання в одному MathCAD-документі – аналога програми в інтегрованих середовищах програмування, одразу формул, програм, рисунків, тексту та об'єктів, вставлених з інших Windows-програм. Іншою функціональною ознакою цього програмного забезпечення є реалізація алгоритмів наукових та інженерних розрахунків з використанням звичних у різних розділах математики спеціальних символів – символів для обчислення похідних, інтегралів, сум, добутків, матриць, векторів, дробів, границь, коренів, ідентифікаторів величин (змінних) з верхніми та нижніми індексами, використання букв грецької абетки тощо. Крім того, візуалізація отримуваних результатів розрахунків у вигляді чисел

у різних формах та форматах подання, різнотипних графіків, спектрограм, гістограм, таблиць з можливістю записування їх у матриці, вектори та у текстові файли даних тощо, вигідно вирізняє цю програму з-поміж інших.

Саме завдяки цим властивостям у середовищі MathCAD можна одночасно виконувати математичні розрахунки, отримувати у різних формах та форматах результати і супроводжувати їх відповідним текстом, коментарями та роз'ясненнями. Це дає змогу одразу оформляти одержані результати розрахунків у вигляді звітів з лабораторних робіт, курсових чи дипломних робіт та проектів, науково-технічних звітів тощо. До того ж, відносна простота вивчення функціональних можливостей програми та нескладність засвоєння навичок практичного виконання обчислень призвели до широкого його використання у різних галузях науки, техніки та у навчальних закладах.

На рис. 1.1 показано зовнішній вигляд робочого вікна MathCAD версії 11, де виділяється панель математичних інструментів, кожна з кнопок якої, своєю чергою, у разі натискання розкривається в окрему спеціалізовану панель (рис. 1.2).

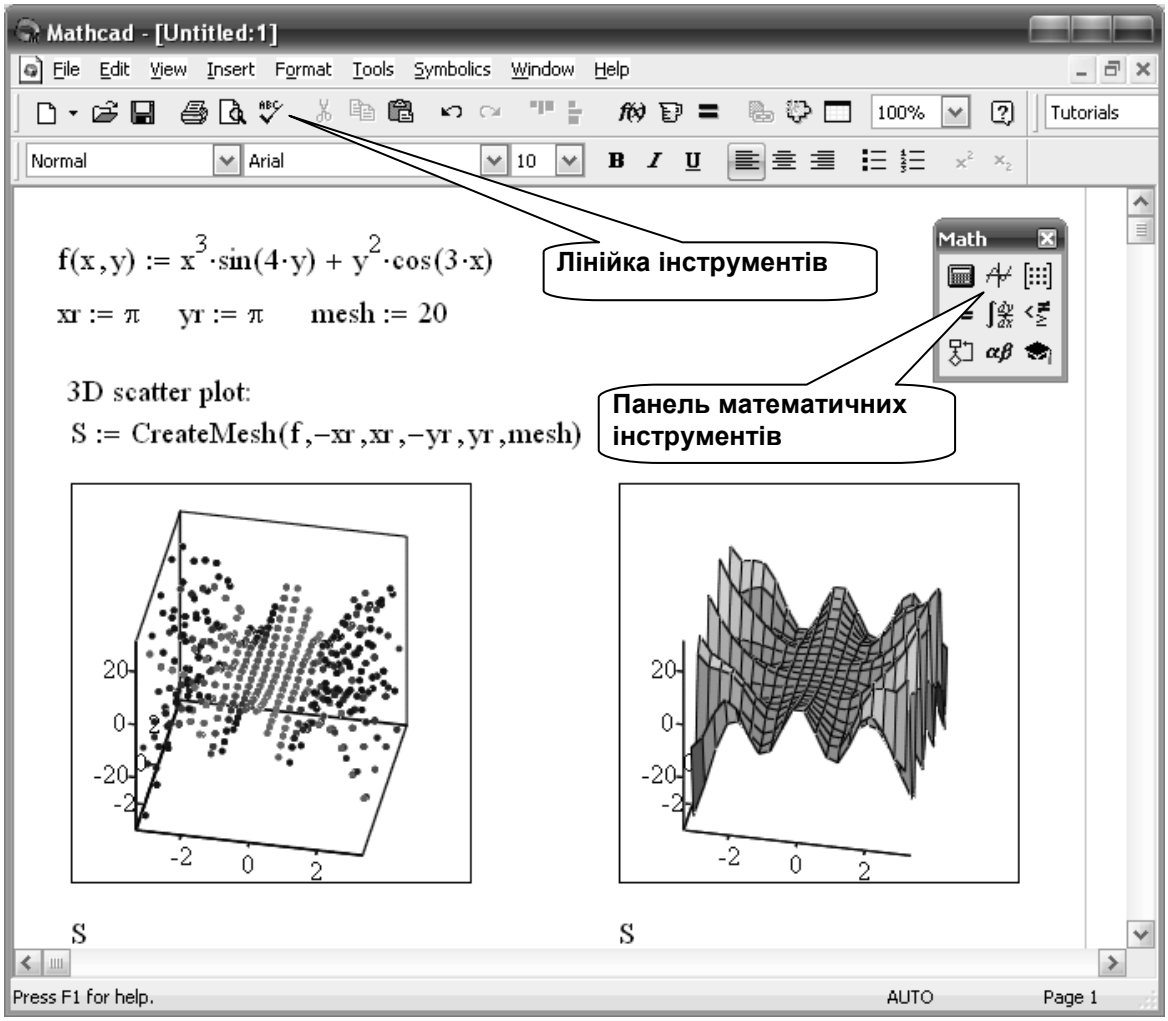


Рис. 1.1. Вигляд основного вікна MathCAD версії 11.

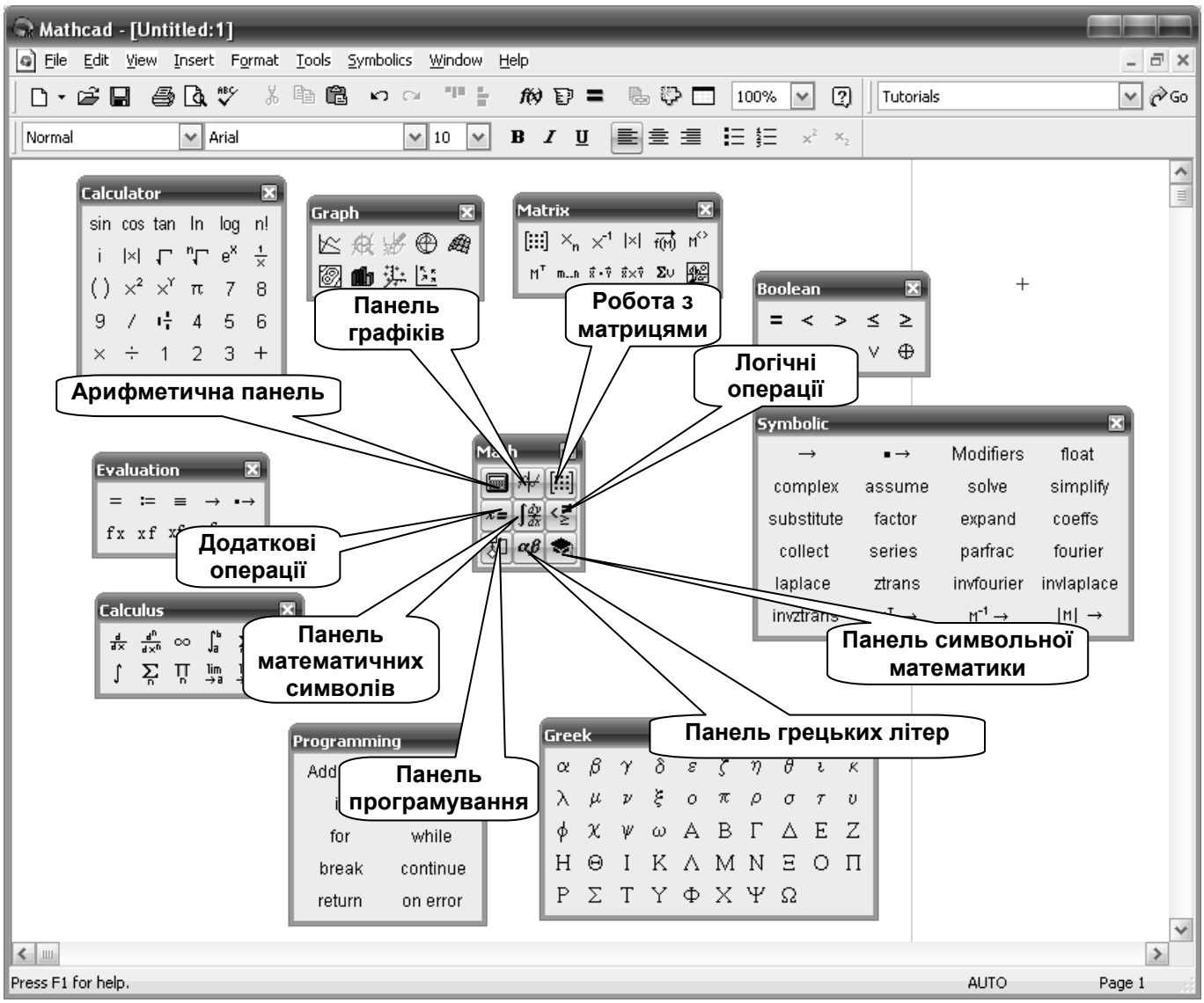
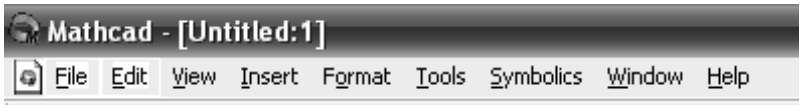


Рис. 1.2. Вигляд вікна MathCAD11 з панелями інструментів.

У вікні програми верхній рядок – рядок заголовка, нижче розташовуються рядок меню і панелі інструментів. У лівій частині рядка заголовка знаходиться кнопка керування вікном MathCAD. Натискання лівою кнопкою миші по цій кнопці виводить па екран меню з назвами команд, що дозволяють маніпулювати вікном пакета. За кнопкою керування вікном випливають ім'я Windows-застосування MathCAD Professional і ім'я файлу, у якому зберігаються результати роботи. За замовчуванням ім'я файлу - Untitled:1. У правій частині рядка заголовка знаходяться три кнопки для роботи з вікном програми: Згорнути. Розгорнути па повний екран і Закрити вікно додатка.

Другий рядок зверху - рядок головного меню MathCAD.



Вона містить наступні пункти:

Fail (Файл) – робота з файлами;

Edit (Виправлення) – обробка фрагментів документа;

View (Вид) – настроювання елементів вікна;

Insert (Вставка) – вставка об'єктів і їхніх шаблонів;

Format (Формат) – формування параметрів елементів тексту;

Math (Математика) – керування процесом обчислення;

Symbol (Символьні операції) – вибір операції символьного процесора;

Window (Вікно) – керування вікнами MathCAD;

Help (Допомога) – робота з довідковою системою.

Натисканням лівої кнопки миші по одному з пунктів головного меню відкривається спадаюче меню зі списком доступних (чіткий шрифт) і недоступних команд (шрифт у фоновому режимі дозволяє прочитати назва команди).

Далі випливають панелі інструментів. Традиційно у вікні програми розмішаються Стандартна панель інструментів і панель інструментів Форматування.

Стандартна панель інструментів (**Toolbars Standard**) містить кнопки для швидкого виконання найбільш розповсюджених команд головного меню.

Четвертий рядок вікна займає панель Форматування (**Toolbars Formatting**), що служить для вибору стилю і розмірів шрифтів і способу вирівнювання текстових коментарів.

1.2.2. Виконання простих обчислень у MathCAD.

Набирання і редагування виразів у MathCAD

Під час набирання виразів у середовищі MathCAD потрібно орієнтуватись на курсор, який виглядає як синій кутник, напрям якого можна змінити натисканням клавіші **Insert,** а в режимі вставляння він набуває вигляду вертикальної синьої лінії. Курсор у вигляді синього кутника визначає область, до якої буде застосована виконувана операція, а напрям кутника - місце вставляння наступного символу: **перед** виразом чи **після** виразу.

Наприклад, якщо курсор поставити так: a^2-b^2, то після набирання символу / (ділення) одержимо $a^2-\frac{b^2}{\blacksquare}$, а якщо курсор матиме вигляд a^2-b^2, то після набирання операції ділення матимемо $\frac{a^2-b^2}{\blacksquare}$.

Змінити положення та розмір курсору в режимі редагування формули (математичного виразу) можна клавішами переміщення курсору і клавішею «пробілу», а також «мишкою».

Вирази у середовищі MathCAD мають звичний математичний вигляд, це вигідно вирізняє його з-поміж інших засобів розв'язування задач. Проблемою є відсутність на клавіатурі більшості математичних знаків і символів, але розробники програми вирішили цю проблему так: запропоновано необхідні символи вибирати «мишкою» з різних математичних панелей (рис. 1.2) або виконувати набір символів клавішними операціями, що, до речі, пришвидшує створення MathCAD-документа, чим і користуються досвідчені користувачі. Найуживанішим символом, напевно, є символ присвоєння ▮ := ▮ (для його набирання досить на клавіатурі просто натиснути клавішу двокрапки **:**), який запозичений і введений у MathCAD) з математики і використовується для надання змінній потрібного значення.

Наприклад,

$$Ymax := 100 \quad Ymin := 0.1(b - a) \quad Xmin := 0 \quad Xmax := 5\pi$$

Крім звичайного оператора присвоєння (:=), у MathCAD є ще оператор глобального присвоєння (≡), який вставляється після імені змінної за допомогою клавіші (~) чи кнопкою (≡) на панелі інструментів **Evaluation**. За призначенням таке присвоєння еквівалентне звичайному, але послідовність виконання областей (блоків) у документі зі знаком глобального присвоєння є іншою.

Спочатку в документі у звичайній послідовності згори донизу і зліва направо виконуються всі області з оператором глобального присвоєння, а потім знову спочатку у цій самій послідовності всі інші області. У результаті цього, якщо всередині MathCAD-документа є оператор **a ≡ 3**, то змінна **a** буде доступною на початку MathCAD-документа.

Для утворення в документі змінної, яка набуває певної кількості рівновіддалених значень у деякому діапазоні у MathCAD використовується діапазонна чи, як ще її інколи називають, ранжована (від англійського **range** – діапазон) змінна. Таку змінну можна вважати аналогом змінної циклу зі сталим кроком в алгоритмічній мові. Оголошується вона так:

$$Var := Var1, Var1 + h .. Var2,$$

а набирається на клавіатурі так: Var : Var1,Var1 + h; Var2 - потрібно звернути увагу на використання символу крапка з комою **;** для задавання діапазону), тут позначено:

Var - ім'я діапазонної змінної;

Var1 - початкове значення діапазонної змінної;

h - крок зміни діапазонної змінної; якщо крок не заданий, то його приймають таким, що дорівнює **1**; якщо ж крок **h** від'ємний, необхідно забезпечити **Var1 > Var2** ; Var1, Var1 + h - перше та друге значення діапазонної змінної відповідно;

Var2 – кінцеве значення діапазонної змінної.

Наприклад:

• набираємо `t : 0,0.1;10` ; на екрані побачимо `t := 0, 0.1 .. 10`; змінна *t* набуватиме рівновіддалених значень у межах від 0 до 10 з кроком 0.1, тобто 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, ...10).

У разі повторення математичних виразів чи подібних за структурою, можна скопіювати перший вираз, а потім на його основі за допомогою редагування отримати всі інші.

Змінні в MathCAD

У MathCAD є зарезервовані імена для спеціальних змінних:

e = 2.7182818284590451 – основа натурального логарифма;

π = 3.1415926535897931 – відношення довжини кола до його діаметра;

$\infty = 10^{307}$ – знак нескінченності (максимальне число в MathCAD);

(1e£ = 0.0174532925199733 = тс/180;

i або *j* – уявна одиниця $\sqrt{1}$ (набирається як **1i** або **1j**);

% = 0,01 – відсоток.

Імена іншим змінним задає користувач з дотриманням відповідних правил: імена змінних повинні починатися з літери (латинської або грецької) і можуть містити:

• великі та малі латинські літери (**a - z**, **A - Z**) та літери кирилиці (**а - я**, **А - Я**), причому розрізняються малі та великі літери;

• малі та великі грецькі літери (**α - ω**, **A - Ω**);

• цифри від 0 до 9, які не можуть бути першим символом в імені змінної;

• підкреслення (_), знак процента (%), штрих (′);

• знак нескінченності (∞);

• текстовий індекс (набирається після крапки: **Y.min,** на екрані матиме вигляд **Ymin**)

Наприклад,

U1 , Ia , strum_2 , Ymax , Y_{min} , ξ , ω_0 , $T\mu$, $\beta5$, $\eta\%$, Reactive_power, Omega,
Ymin , Y_{min} , YMIN – різні імена.

Для задавання арифметичних дій під час набирання в документі математичних виразів (формул) слугують арифметичні оператори, які вводять з клавіатури або з набірної панелі **Calculator:** додавання (+), віднімання (-), множення (x), ділення (/), модуль числа (|x|), факторіал (!), піднесення *x* до степеня *y* (x^y), квадратний корінь і корінь n-го степеня з числа *x* ($\sqrt{x}$ і $\sqrt[n]{x}$).

Виведення результатів

Для виведення на екран (візуалізації) результатів розрахунків, тобто, значень виразів, змінних, елементів матриць та виразів у числовому форматі (є ще й символьний результат) використовується знак дорівнює [=]

Наприклад:

$$A_{\max} = \ldots, 3.5 + 2 \cdot \pi, \int_0^1 \frac{\sin(x^2)^3}{1+x^2} dt = \ldots$$

Векторний чи матричний результат буде виведений у вигляді таблиці, якщо значення індексу(ів) більше від дев'яти, інакше матриця чи вектор виводяться у звичайному вигляді.

Після запуску MathCAD за замовчуванням встановлюється режим автоматичних обчислень. У разі внесення будь-яких змін у документ всі видимі на екрані в цей момент математичні та програмні блоки переобчислюються, а графіки будуються наново. У деяких випадках такий режим є незручним, для того, щоб увімкнути/вимкнути режим автоматичного обчислення для всього документа, необхідно виконати команду: **Tools→Calculate→Automatic**.

Порядок виконання роботи

Для закріплення теоретичного матеріалу ознайомлення з програмним продуктом MathCAD та опанування принципів виконання простих обчислень необхідно, згідно варіанту, виконати наступне:

1) Обчислити значення виражень:

№	Вираження	№	Вираження
1	$\dfrac{(7-6{,}35)\div 6{,}5+9{,}9}{\left(1{,}2\div 36+1{,}2\div 0{,}25-1\dfrac{5}{16}\right)\div\dfrac{169}{24}}$	6	$\left(\left(\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{b+c}\right)\div\left(\dfrac{1}{a}-\dfrac{1}{b+c}\right)\right)\div\left(1+\dfrac{b^2+c^2-a^2}{2bc}\right)$ при $a=1\dfrac{33}{40},\quad b=0{,}625,\quad c=3{,}2$
2	$\dfrac{0{,}4+8\left(5-0{,}8\cdot\dfrac{5}{8}\right)-5\div 2\dfrac{1}{2}}{\left(1\dfrac{7}{8}\cdot 8-\left(8{,}9-2{,}6\div\dfrac{2}{3}\right)\right)\cdot 34\dfrac{2}{5}}\cdot 90$	7	$\dfrac{\dfrac{1}{a}-\dfrac{1}{b+c}}{\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{b+c}}\cdot\left(1+\dfrac{b^2+c^2-a^2}{2bc}\right)\div\dfrac{a-b-c}{abc}$ при $a=0{,}02,\quad b=-11{,}05,\quad c=1{,}07$
3	$\left(26\dfrac{2}{3}\div 6{,}4\right)\cdot\left(19{,}2\div 3\dfrac{5}{9}\right)-\dfrac{8\dfrac{4}{7}\div 2\dfrac{26}{77}}{0{,}5\div 18\dfrac{2}{3}\cdot 11}-\dfrac{1}{18}$	8	$\dfrac{\left(\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{b}-\dfrac{2c}{ab}\right)(a+b+2c)}{\dfrac{1}{a^2}+\dfrac{1}{b^2}+\dfrac{2}{ab}-\dfrac{4c^2}{a^2b^2}}$ при $a=7{,}4,\quad b=\dfrac{5}{37},\quad c=2\dfrac{12}{43}$

2) Розв'язати рівняння за допомогою убудованих функцій (solve, find, root):

№	Рівняння	№	Рівняння
1	$(x-2)^2=1;\ 4x^2+12x+\frac{12}{x}+\frac{4}{x^2}=47$	6	$x^2+3x-18+4\sqrt{x^2+3x-6}=0;$ $\frac{4}{x^2+4}+\frac{5}{x^2+5}=2$
2	$(x+3)^3-(x+1)^3=56;\ 5x^2=x+30$	7	$\frac{4}{x^2-3}+\frac{8}{x^2+4}=5;\ x^3+0{,}1x^2+0{,}4x-1{,}2=0$
3	$\frac{1}{x^3+2}-\frac{1}{x^3+3}-\frac{1}{12}=0;\ \sqrt{x}+\frac{2x+1}{x+2}=2$	8	$5x^2=2\cdot x+20;\ \frac{3}{x^2+3}+\frac{6}{x^2+6}=2$
4	$(x-2)^2=1;\ 3x^4+4x^3-12x^2-5=0$	9	$\frac{1}{x^3+2}-\frac{1}{x^3+3}-\frac{1}{12}=0;\ \sqrt{x}+\frac{2x+1}{x+2}=2$
5	$x^4-\frac{50}{2x^4-7}=14;\ \sqrt{15-x}+\sqrt{3-x}=6$	10	$(x-2)^2=1;\ 3x^4+4x^3-12x^2-5=0$

Функції solve, find, root обираються з меню $f(x)$ Insert Function.

3) Задані матриці **A** і **B**. Визначити $\mathbf{C}=\mathbf{A}+\mathbf{B}$, $\mathbf{D}=\mathbf{A}\times\mathbf{B}$, визначники матриць **A** і **B**, $\mathbf{A}^{-1}$, $\mathbf{B}^{-1}$, $\mathbf{A}^T$, $\mathbf{B}^T$.

№	Матриці	№	Матриці	№	Матриці
1	$\mathbf{A}=\begin{pmatrix}1&0&2&3\\-4&-1&5&5\\3&4&-7&2\\5&3&1&9\end{pmatrix}$	2	$\mathbf{A}=\begin{pmatrix}1&10&4&-2\\-8&2&6&8\\-4&0&-8&-1\\3&5&-1&4\end{pmatrix}$	3	$\mathbf{A}=\begin{pmatrix}3&2&5&-3\\-1&6&8&7\\-5&3&1&-2\\1&7&-4&-2\end{pmatrix}$
4	$\mathbf{A}=\begin{pmatrix}-11&0&-2&2\\-2&-1&5&8\\1&0&8&1\\6&1&-1&4\end{pmatrix}$	5	$\mathbf{A}=\begin{pmatrix}6&-4&4&-1\\1&3&4&3\\-5&0&3&-1\\0&-5&6&4\end{pmatrix}$	6	$\mathbf{A}=\begin{pmatrix}1&5&4&-2\\-2&3&6&8\\-4&0&-4&-1\\3&5&0&4\end{pmatrix}$
7	$\mathbf{B}=\begin{pmatrix}4&-2&0{,}5&1\\-2&1&-6&5\\4&-3&1&1\\1&1&2&3\end{pmatrix}$	8	$\mathbf{B}=\begin{pmatrix}7&1&6&9\\-1&7&3&-5\\7&-1&-4&2\\9&7&2{,}5&0\end{pmatrix}$	9	$\mathbf{B}=\begin{pmatrix}6&0{,}5&0{,}5&4\\-3&-5&6&5\\2&-4&-5&8\\9&7&2{,}5&0{,}5\end{pmatrix}$
10	$\mathbf{B}=\begin{pmatrix}6&10&2&-1\\1&0&3&4\\-2&2&1&1\\-3&2&4&4\end{pmatrix}$	11	$\mathbf{B}=\begin{pmatrix}2&0&0{,}5&1\\-1&-1&-6&5\\6&-1&5&1\\3&8&2{,}5&0{,}5\end{pmatrix}$	12	$\mathbf{B}=\begin{pmatrix}3&5&4&-4\\1&-5&3&4\\-2&2&-1&1\\-3&6&7&4\end{pmatrix}$

Для зручності роботи з матрицями необхідно використовувати панель інструментів «Робота з матрицями» (рис. 1.2).

4) Обчислити межі:

1) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{(n+1)^2-(n-3)^2}{5n^2+3n-1}$; 2) $\lim\limits_{x\to\infty}\left(\sqrt{x^2+2x-1}-\sqrt{x^2-2x-1}\right)$; 3) $\lim\limits_{x\to 2}\dfrac{2x^2-5x+2}{x^3-8}$;

4) $\lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{2x-1}{2x+3}\right)^x$; 5) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{(n+2)^3-(n-1)^3}{3n^2+7n-1}$ 6) $\lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{5x+7}{x+\sqrt[3]{x^2-4}}-e^{\frac{x^2}{3x^2+5}}\right)$; 7) $\lim\limits_{x\to -1}\dfrac{x^3+1}{2x^2+3x+1}$;

8) $\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin^2 x}{\sqrt{1+x\sin x}-\cos x}$; 9) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(\dfrac{n^2}{n+1}-\dfrac{n^3}{2n-1}\right)$; 10) $\lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{\sqrt[3]{x^2+3}-7x}{5x+\sqrt[4]{x+3}}-4^{\frac{2x+1}{x+4}}\right)$.

Усі необхідні оператори та функції обираються з «Панелі математичних символів» (рис. 1.2)

Контрольні питання

1. В чому полягає автоматизація технологічних розрахунків?

2. Поясніть алгоритм процесу пошуку оптимального з погляду прибутку асортименту?

3. Розкрийте сутність чотирьох оптимізаційних задач, що можуть виникати при розробці і реалізації оптимізаційних математичних моделей, зв'язаних із забезпеченням технологічного процесу переробки продукції тваринництва відповідним технологічним устаткуванням.

4. Назвіть основні переваги програмного продукту MathCAD, як засобу автоматизації технологічних розрахунків.

5. Поясніть принципи виконання простих обчислень в середовищі MathCAD на прикладі розв’язання свого практичного завдання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Тема: Виконання сировинних та продуктових розрахунків в програмі MathCAD.

Мета: ознайомлення з основними прийомами виконання сировинних розрахунків в програмі MathCAD.

Завдання:

1. здійснити в середовищі MathCAD сировинні розрахунки щодо переробки молочної або м'ясної сировини відповідно до варіанту завдання.

Матеріал до вивчення теми

Виконання продуктових і сировинних розрахунків є одним з найважливіших етапів проектування підприємств по переробці продукції тваринництва. Продуктовий розрахунок ведуть, як правило, на максимальне змінне вироблення з метою збалансування сировини і готової продукції з повним використанням складових частин сировини на харчові цілі.

Продуктовий розрахунок необхідний для визначення обсягу виробництва, інтенсивності технологічних процесів, потрібної кількості технологічного устаткування, допоміжних матеріалів, води, електроенергії, тари, приміщень для збереження сировини і готової продукції, складання графіків організації виробництва. За допомогою продуктового розрахунку по заданій кількості сировини розраховують кількість напівфабрикатів, отриманих на різних стадіях обробки, і відходів виробництва або, навпаки, по кількості готової продукції – потребу в сировину, кількість напівфабрикатів і відходів.

Вихідними даними для розрахунків, що оформляються у виді таблиць, є:

- показники складу первинної та вторинної сировини – на основі нормативних документів і спеціальної літератури;
- показники складу продуктів – планові, за нормативними документами, кожному продуктові окремо;
- нормовані втрати – усі види втрат, за нормативними документами у відповідності зі способами виробництва, з перерахуванням на коефіцієнти, що враховують нормовані втрати;
- маса молока.

Як правило, на основі питомих показників відповідно до завдання виконуються розрахунки на зміну (добу). Якщо потрібно визначити масу продукту, то задану масу вихідної сировини і компонентів поділяють на питому витрату них. Якщо по заданій масі продуктів потрібно розрахувати потребу усіх видів сировини, то питому витрату множать на масу кожного продукту. Якщо ж задані чисельність населення і норми харчування, то розраховують добову потребу в

різних видах сировини шляхом множення нормованої питомої витрати кожного з них на добове виробництво.

Нижче приводяться приклади продуктових розрахунків виробництва молока пастеризованого, сметани, вершкової олії, вареної ковбаси «Лікарська».

Продуктовий розрахунок молока пастеризованого.

Вихідні дані до розрахунку:

Кількість молока пастеризованого *Кп.м.*, кг	2000
Масова частка жиру в молоці пастеризованому *Жп.м.*, %	2,5
Масова частка жиру в незбираному молоці *Жнезб.м.*, %	3,6
Масова частка жиру в знежиреному молоці *Жзн.м.*, %	0,05
Масова частка жиру у вершках *Жв*, %	21
Втрати знежиреного молока при сепаруванні *П*, %	0,4
Втрати жиру при сепаруванні *Пж*, %	0,32

Порядок розрахунку:

1) За масою готового продукту можна визначити масу нормалізованого молока з урахуванням гранично допустимих втрат молока при прийманні, обробці і фасуванні за формулою:

$$Кн.м. = \frac{Кп.м. \cdot Нв}{1000},\ Кн.м. = \frac{2000 \cdot 1011{,}5}{1000} = 2023\ кг$$

де *Кн.м.* – кількість нормалізованого молока, кг; *Кп.м.* – кількість готового продукту – молока пастеризованого, кг; *Нв* – норма витрати нормалізованого молока на 1т продукту, кг/т.

2) Масова частка жиру в нормалізованому молоці:

$$Жн.м. = Жп.м. + 0{,}05,\ Жн.м. = 2{,}5 + 0{,}05 = 2{,}55\%,$$

де *Жп.м.*, *Жн.м.* – відповідно масова частка жиру у пастеризованому та нормалізованому молоці, %.

3) Оскільки масова частка жиру в нормалізованому молоці менша, чим у незбираному молоці, необхідно провести процес нормалізації знежиреним молоком шляхом змішування за формулою:

$$Кнезб.м. = \frac{Кн.м. \cdot (Жн.м. - Жзн.м.)}{(Жнезб.м. - Жзн.м.)},\ Кнезб.м. = \frac{2023 \cdot (2{,}55 - 0{,}05)}{(3{,}6 - 0{,}05)} = 1424{,}6\ кг$$

де *Кнезб.м.* – кількість незбираного молока, кг; *Жн.м.*, *Жнезб.м.*, *Жзн.м.* – масова частка жиру у нормалізованому, незбираному та знежиреному молоці, %.

4) Необхідну кількість знежиреного молока визначають за формулою:

$$Кзн.м. = \frac{Кн.м. \cdot (Жнезб.м. - Жн.м.)}{(Жнезб.м. - Жзн.м.)},\ Кзн.м. = \frac{2023 \cdot (3{,}6. - 2{,}55)}{(3{,}6 - 0{,}05)} = 598{,}4\ кг$$

5) Кількість незбираного молока для отримання 598,4 кг молока знежиреного в результаті сепарування визначають за формулою:

$$Кнезб.м. = \frac{Кзн.м. \cdot (Жв - Жзн.м.) \cdot 100}{(Жв - Жнезб.м.) \cdot (100 - П)},\ Кнезб.м. = \frac{598{,}4 \cdot (21 - 0{,}05) \cdot 100}{(21 - 3.6) \cdot (100 - 0{,}4)} = 723{,}38\ кг$$

де *Жв* – масова частка жиру у вершках, %; *П* – втрати знежиреного молока при сепаруванні, %.

6) Кількість вершків, отриманих при сепаруванні молока незбираного, розраховується за формулою:

$$Кв = \frac{Кнезб.м. \cdot (Жнезб.м. - Жзн.м.) \cdot (100 - Пж)}{(Жв - Жнезб.м.) \cdot 100},\ Кв = \frac{723{,}38 \cdot (3{,}6 - 0{,}05) \cdot (100 - 0{,}4)}{(21 - 0{,}05) \cdot 100} = 122{,}19\ кг$$

де *Пж* – втрати жиру при сепаруванні, %.

Продуктовий розрахунок процесу виробництва сметани

Вихідні дані до розрахунку:	
Добовий обсяг переробки молока *Км*, кг	2125
Середній вміст жиру в молоці *Жм*, %	3,5
Вміст жиру в молочних відвійках *Жз.м.*, %	0,05
Вміст жиру у вершках *Жв*, %	21
Відсоткова кількість закваски *З*, %	5
Асортимент продукції: сметана з вмістом жиру *Жс*, %	20

Порядок розрахунку:

1) Для виробництва сметани 20%-ної жирності при додаванні *З* = 5% закваски, приготовленої на знежиреному молоці, використовують вершки з вмістом жиру *Жв* = 21%. Кількість вершків *Кв* та молочних відвійок *Кз.м.*, одержаних при сепаруванні молока для виробництва сметани, визначають за формулами:

$$Кв = \frac{Км \times (Жм - Жз.м.)}{Жв - Жз.м.} \times \frac{100 - П}{100};\ П = 0{,}5\%,\ Кв = \frac{2125 \times (3.5 - 0.05)}{21 - 0.05} \times \frac{100 - 0.5}{100} = 348.2\ кг$$

$$Кзм = (Км\text{-}Кв) \times 0{,}995;\ Кзм = (2125\text{-}348) = 1768 кг$$

2) Кількість закваски (*Кз*) для виробництва сметани визначають за формулою:

$$Кз = \frac{Кв \times З}{100};\ Кз = \frac{348{,}2 \times 5}{100} = 17{,}4 кг$$

де *Кв* – кількість вершків, кг; *З* – кількість закваски, %.

3) Кількість заквашених вершків (*Кз.в.*), які використовують для виробництва сметани, визначають за формулою:

$$Кз.в. = Кв + Кз;\ Кз.в. = 348{,}2 + 17{,}4 = 365{,}6 кг.$$

4) Кількість молочних відвійок, що направляється на реалізацію або переробку, розраховують за формулою:

$$Кзм.р. = Кзм - Кз;\qquad Кзм.р = 1768 - 18 = 1750 кг.$$

5) Кількість готової продукції з урахуванням допустимих втрат при виробництві та упакуванні в тару об'ємом 200-500см^3 визначають за формулою:

$$Ксм = \frac{Кз.в. \times 1000}{Р};\ \ Ксм = \frac{365{,}6 \times 1000}{1010{,}5} = 361{,}8 кг$$

де Ксм – кількість одержаної сметани, кг; *Р* – норма витрат сировини на 1т сметани, кг.

Продуктовий розрахунок процесу виробництва селянського вершкового масла

Вихідні дані до розрахунку:

Добовий обсяг переробки молока *Км*, кг	2125
Середній вміст жиру в молоці *Жм*, %	3,5
Вміст жиру в знежиреному молоці *Жз.м.*, %	0,05
Вміст жиру у вершках *Жв*, %	35
Вміст жиру в маслянці *Жмс*, %	0,5
Вміст жиру в вершковому маслі *Жвм*, %	72,5

Порядок розрахунку:

1) Вихід вершків та відвійок в результаті сепарування незбираного молока визначають за формулами

$$Кв = \frac{Км \times (Жм - Жз.м.)}{Жв - Жз.м.} \times \frac{100 - П}{100};\ П = 0{,}5\%,\ \hat{E}\hat{a} = \frac{2125 \times (3{,}5 - 0{,}05)}{35{,}0 - 0{,}05} \times \frac{100 - 0{,}5}{100} = 208{,}7 \hat{e}\tilde{a}$$

$$Кз.м. = (Км\text{-}Кв) \times 0{,}995;\ Кз.м. = (2125 – 209) \times 0{,}995 = 1906\ кг.$$

2) Кількість одержаного масла та маслянки від сколочування вершків розраховують за формулами:

$$М = \frac{Кв \times (Жв - Жмс)}{Жвм - Жмс} \times \frac{100 - П}{100};\ П = 0{,}5\%\ \ Кмс = (Кв - М) \times \frac{100 - П}{100}$$

де *М* – кількість масла, кг; *Кмс* – кількість маслянки, кг; *Жвм* – вміст жиру в вершковому маслі, %; *Жмс* – вміст жиру в маслянці, %; *П* – втрати маслянки при виробництві масла з високожирних вершків - 2%; методом періодичного сколочування - 4%.

$$М = \frac{208{,}7 \times (35 - 0{,}5)}{72{,}5 - 0{,}5} \times 0{,}995 = 99{,}5;\quad Кмс = (208{,}7 – 99{,}5) \times 0{,}96 = 105 кг.$$

3) Абсолютний вихід вершків та масла розрахують за формулами:

$$Вв = \frac{Км}{Кв};\ \ Вв = \frac{2125}{208{,}7} = 10{,}2\ кг \qquad Вм = \frac{Км}{М};\ \ Вм = \frac{2125}{99{,}5} = 21{,}36\ кг$$

де *Вв* – абсолютний вихід вершків, кг; *Вм* – абсолютний вихід масла, кг.

Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитися із завданням на проведення продуктового розрахунку відповідно до варіанту.

2. Занести у середовище MathCAD вихідні данні, розрахункові вирази та провести обчислення.

Варіанти завдань:

1) Вихідні дані до продуктового розрахунку молока пастеризованого.

	Варіанти				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Кількість молока пастеризованого *Кп.м.*, кг	2000	2200	2100	2150	2250
Масова частка жиру в молоці пастеризованому *Жп.м.*, %	2,5	2	2,5	2	2,5
Масова частка жиру в незбираному молоці *Жнезб.м.*, %	3,7	3,5	3,6	3,7	3,5
Масова частка жиру в знежиреному молоці *Жзн.м.*, %	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Масова частка жиру у вершках *Жв*, %	22	20	21	22	20
Втрати знежиреного молока при сепаруванні *П*, %	0,3	0,35	0,4	0,3	0,35
Втрати жиру при сепаруванні *Пж*, %	0,31	0,3	0,32	0,3	0,31

2) Вихідні дані до продуктового розрахунку процесу виробництва сметани

	Варіанти				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Добовий обсяг переробки молока *Км*, кг	2120	2100	2200	2050	2000
Середній вміст жиру в молоці *Жм*, %	3,5	3,7	3,6	3,8	3,5
Вміст жиру в молочних відвійках *Жз.м.*, %	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Вміст жиру у вершках *Жв*, %	20	22	21	20	21
Відсоткова кількість закваски *З*, %	5	5,5	5	5,5	5
Асортимент продукції: сметана з вмістом жиру *Жс*, %	15	20	15	20	15

3) Продуктовий розрахунок процесу виробництва селянського масла

	Варіанти				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Добовий обсяг переробки молока *Км*, кг	2120	2150	2200	2000	2050
Середній вміст жиру в молоці *Жм*, %	3,6	3,5	3,7	3,8	3,5
Вміст жиру в знежиреному молоці *Жз.м.*, %	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Вміст жиру у вершках *Жв*, %	30	35	30	35	30
Вміст жиру в маслянці *Жмс*, %	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5
Вміст жиру в вершковому маслі *Жвм*, %	72,5	82,5	72,5	82,5	72,5

Контрольні питання

1. Поясніть мету виконання продуктових та сировинних розрахунків.
2. Яким чином проводяться продуктові та сировинні розрахунки у середовищі MathCAD?
3. Поясніть порядок проведення розрахунків на прикладі свого завдання

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Тема: Графічна візуалізація в середовищі MathCAD

Мета: опанування графічних можливостей програмного продукту MathCAD.

Завдання:

1. Ознайомитися з основними принципами створення графіків у декартових координатах, у полярних координатах та поверхневих (тривимірних) графіків в програмі MathCAD.

2. Відповідно до варіанту виконати побудову графіків у декартових координатах, полярних і тривимірних (поверхневих) графіків.

Матеріал до вивчення теми

В інженерній та науковій практиці відображення інформації за допомогою графіків має велике значення: інформація в графічному вигляді здебільшого є наочнішою та зрозумілішою від цифрової, поданої у вигляді таблиць. Побудову графіків у MathCAD розглянемо на прикладах найчастіше вживаних графіків у декартових координатах, полярних і тривимірних (поверхневих) графіків. Про використання інших типів графіків можна прочитати в допомозі до програми чи літературі.

3.1. Графіки у декартових координатах

Цей тип двовимірного графіка найчастіше використовують для відображення результатів розрахунків в інженерних і наукових розрахунках. Почати створення такого графіка, а саме створити його шаблон, можна різними способами:

1) набрати на клавіатурі символ @ **(Shift+2)**;

2) скористатися кнопкою **X-Y Plot** набірної панелі інструментів **Graph,** яка викликається натисканням кнопки ;

3) виконати команду меню **Insert→Graph→X-Y Plot**.

Як результат однієї з цих дій з'являється вікно заготовки (шаблона) графіка в декартових координатах (рис. 3.1), в якому потрібно у відповідних полях проставити аргумент (якщо бути точним, то змінну, що містить значення аргументу) і функцію заданого аргументу (це може бути або її ім'я, або вираз для її обчислення), а також вибрати бажаний розмір поля графіка, тому що пропонований за замовчуванням розмір є доволі маленьким і незручним для відображення графіка.

Приклад документа MathCAD для побудови графіка в прямокутних координатах в межах зміни аргументу від 0 до 10 з кроком 0.1 для функції $f(x) = \cos(3x) \cdot e^{-0.3x}$ показано на рис. 3.2.

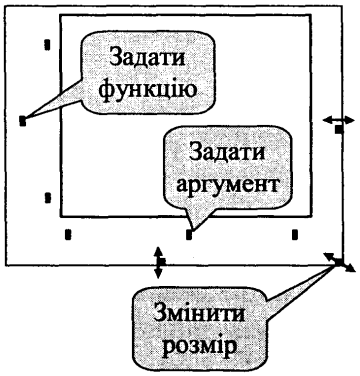


Рис. 3.1. Шаблон декартового графіка

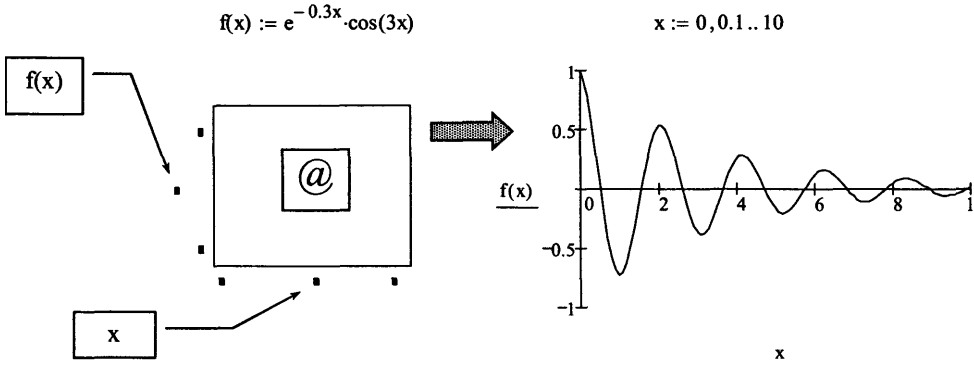


Рис. 3.2. Ілюстрація побудови графіка в прямокутних координатах

Побудувати графіки можна двома способами:

1) спрощений (швидкий), коли в полі функції задається ім'я чи математичний вираз (формула) функції однієї змінної, при цьому програмою MathCAD діапазон виведення графіка де $x \in [-10,10]$ і крок його побудови $h_x = 0.2$ (крок зміни аргументу функції) задаються автоматично, що потім можна змінити (приклад на рис. 3.3);

2) стандартний, коли у відповідних полях введення шаблона плоского графіка вказується змінна, що задає значення аргументу (для цього зручно використовувати діапазонні змінні), і вираз чи ім'я функції цієї змінної (рис. 3.4).

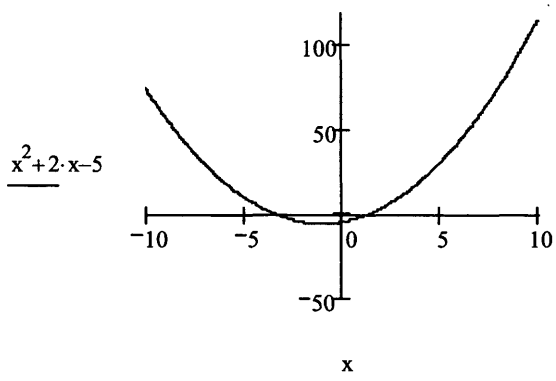


Рис. 3.3. Побудова графіка спрощеним способом

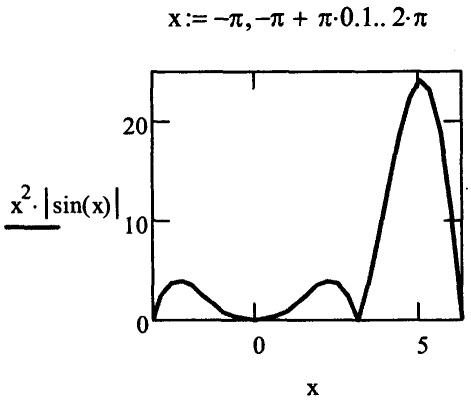


Рис. 3.4. Побудова графіка з використанням діапазонної змінної

Вздовж кожної осі ординат в одній області можна задати від 1 до 16 функцій для побудови їх графіків. Функції можуть мати або один спільний аргумент, або окремі аргументи для кожної функції.

Для того, щоб *додати наступний графік*, необхідно повністю охопити курсором ім'я уже введеної функції і натиснути на клавіатурі *кому*. За необхідності, у відповідному місці в послідовності змінних вздовж осі X, що подають аргументи функцій, аналогічно вводиться ім'я

змінної, що подає аргумент нової функції. Послідовності введених згори донизу вздовж осі Y повинна відповідати задана послідовність аргументів – зліва направо.

Для кращого розпізнавання графіків, побудованих в одній графічній області, в MathCAD є змога подавати їх лініями різних кольорів, товщини та типів, а їхні точки можна зобразити різними символами з різною товщиною та кольором тощо.

Встановлення бажаних параметрів графіків виконується з діалогового вікна **Formatting Currently Selected X-Y Plot,** що виводиться на екран подвійним натисканням лівою клавішею "мишки" в площині графіка.

3.2. Графіки в полярних координатах

Побудову графіка в полярних координатах розпочинають подібно до описаного вище декартового графіка: для цього потрібно на клавіатурі натиснути **Ctrl+7** або кнопку на панелі інструментів **Graph** чи скористатися пунктом меню **Insert→Graph→Polar Plot** (рис. 3.5).

$$\rho(\varphi) := 3\sin(3\cdot\varphi) \qquad \Theta := 0, \frac{\pi}{50} .. 2\pi$$

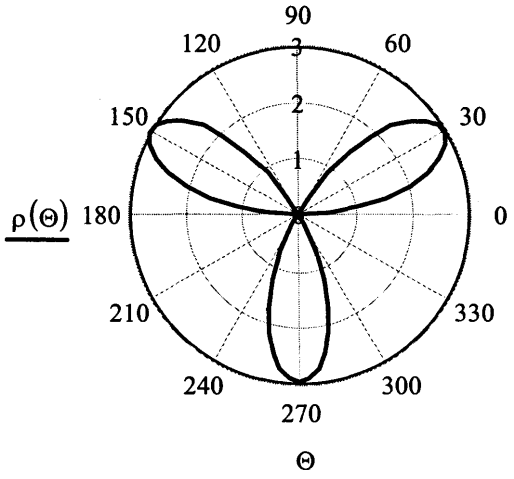


Рис. 3.5. Побудова графіка у полярних координатах

Вікно форматування полярного графіка **Formatting Currently Selected Polar Plot**, активізується аналогічно, як і вікно декартового графіка, подвійним натисканням лівою клавішею «мишки» в площині графіка, вибором команди **Format** його контекстного меню (для цього натиснути на полі графіка праву кнопку «мишки») чи командою **Format→Graph→Polar Plot**.

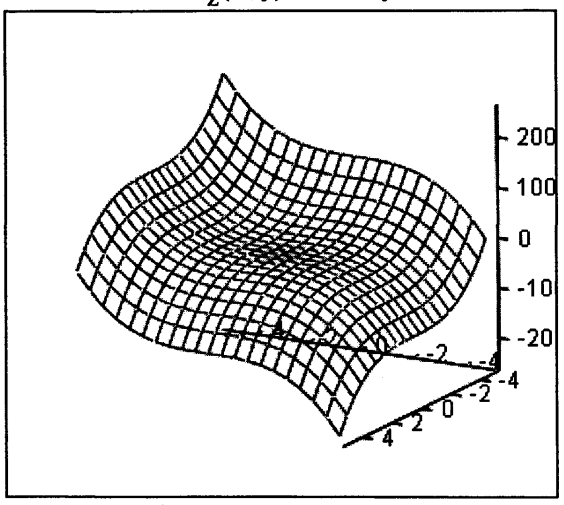
3.3. Тривимірні (поверхневі) графіки

Для початку побудови поверхневого графіка потрібно на клавіатурі натиснути **Ctrl+2** або кнопку на панелі інструментів **Graph** чи скористатися пунктом меню **Insert→Graph→Surface Plot.**

Шаблон для побудови тривимірного графіка має, на відміну від шаблонів декартового і полярного графіка, лише одне поле введення. Є два способи побудови поверхневого графіка: швидкий та стандартний.

У першому випадку в поле введення необхідно ввести ім'я, наприклад, Z попередньо означеної функції користувача двох змінних Z(*x, y*), як показано на рис. 3.6. За замовчуванням діапазон зміни кожної незалежної змінної становить від -5 до 5 з 20 точками інтервалу розбиття, проте ці значення, за потреби, можна змінити, викликавши діалогове вікно форматування тривимірного графіка **3-D Plot Format** подвійним клацанням на його полі лівої кнопки «мишки» і вибравши закладку **Quick Plot Data** (рис. 3.8), де й потрібно зробити бажані зміни.

$$F_Z(x,y) := x^3 - y^3$$

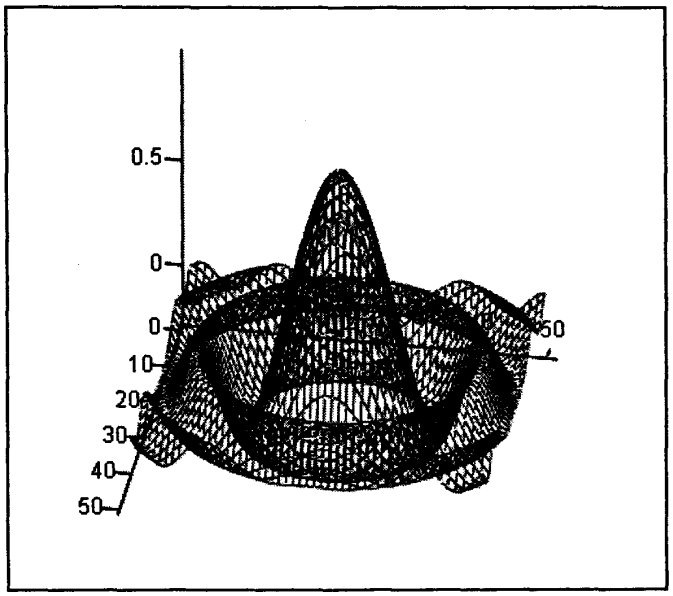


F_Z

Рис. 3.6. Побудова тривимірного графіка функції двох змінних

$$N_i := 50 \quad i := 0 .. N_i \quad j := 0 .. N_i \quad h := 2 \cdot \frac{\pi}{N_i + 1}$$

$$x_i := h \cdot i - \pi \quad y_j := h \cdot j - \pi \quad M_{i,j} := \frac{\cos\left[(x_i)^2 + (y_j)^2\right]}{(x_i)^2 + (y_j)^2 + 1}$$



M

Рис. 3.7. Побудова тривимірного графіка з використанням матриці

У другому – у полі введення вказують ім'я матриці, в яку попередньо записані значення функції, що подають аплікати (координати *z*) точок графіка, а аргументами на графіку будуть номери та стовпці матриці. Цей спосіб побудови поверхневих графіків ілюструється прикладом MathCAD на рис. 3.7.

Форматування тривимірних графіків виконується з діалогового вікна **3-D Plot Format,** яке викликається, як вже було відзначено, подвійним натисканням лівої клавіші «мишки» в межах графіка чи командою **Format→Graph→3-D Plot** (рис. 3.8). У цьому діалоговому вікні доступними

є широкі можливості зміни значень великої кількості параметрів (осей, точок і ліній графіка, кольору, підсвічування тощо), які впливають на вигляд тривимірного графіка.

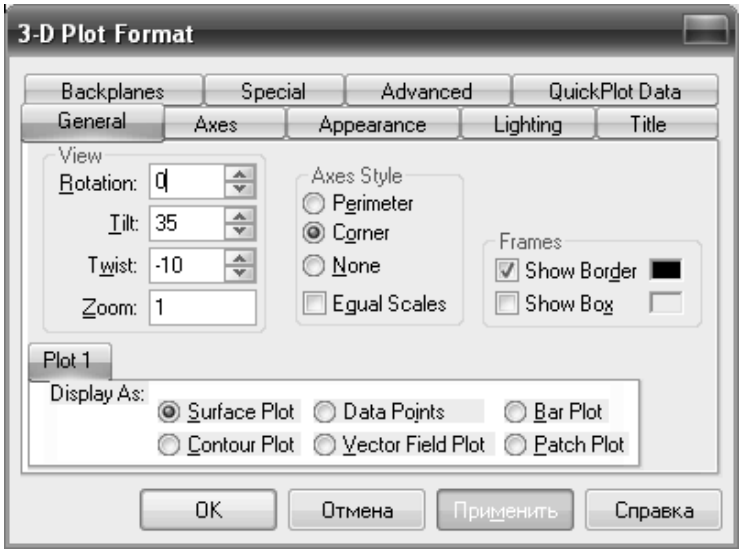


Рис. 3.8. Панель форматування тривимірного графіка

Робота з графіками різних типів, особливо стосовно їхнього форматування чи зміни розмірів, великою мірою уніфікована і підкріплена засобами допомоги програми з достатньою кількістю прикладів. За потреби, додатково про побудову та форматування графіків різних типів можна прочитати в рекомендованій літературі.

Порядок проведення роботи:

1. Побудувати графік функції $y = f(x)$ у декартовій системі координат на відрізку $x \in [a,b]$ з кроком h та виконати його редагування.

№	Функція $y = f(x)$	№	Функція $y = f(x)$
1	$10 \cdot e^{-1,2x} \sin(3\pi x + 0,5)$ $a = 0; b = \pi; h = 0,025$	6	$x^4 \sin(2x) / e^{2,5x}$ $a = 0; b = 6; h = 0,01$
2	$x^2 e^{-x} \sin(2x)$ $a = 0; b = 2\pi; h = 0,01$	7	$e^{-x/3} \sin(x - 0,5)$ $a = 0; b = 15; h = 0,025$
3	$(x-5)(x^2+3)2^{x/5}$ $a = -4; b = 5; h = 0,02$	8	$10\,tg(0,01x)/(x-1) + x^{\sin(x)} / \log_2(x)$ $a = 2; b = 10; h = 0,05$
4	$-6x^3 e^{-0,15x} + 250x \sin(0,2x)$ $a = -5; b = 15; h = 0,03$	9	$\sin(x) - x^2 \cos(x)$ $a = 0; b = 6; h = 0,025$
5	$3\log_{0,5}(x + 0,5) + 0,1\sqrt{x^3} \sin(x)$ $a = 0; b = \pi; h = 0,025$	10	$\log_3^3(x) e^{-\cos(x)} + 5arctg(5x)$ $a = 1; b = 10; h = 0,01$

2. Побудувати графік функції $\rho = \psi(\varphi)$ у полярній системі координат для зміни аргументу φ в межах $[\alpha, \beta]$ з кроком h та виконати його редагування (значення n задається варіантом завдання).

№	Функція $\rho = \psi(\varphi)$	№	Функція $\rho = \psi(\varphi)$
1	$\rho = \varphi^{2/n};\ \alpha = 0;\ \beta = 10\pi;\ h = 0{,}025$	6	$\rho = 2 + \sin n\varphi \cdot \sin n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = 2\pi;\ h = 0{,}02$
2	$\rho = 3\cos n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = \pi;\ h = 0{,}01$	7	$\rho = 2 + \sin^2 n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = 2\pi;\ h = 0{,}02$
3	$\rho = 2 + \sin n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = 2\pi;\ h = 0{,}01$	8	$\rho = 1 + \cos^3 n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = 2\pi;\ h = 0{,}01$
4	$\rho = 1 + 2\cos n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = 2\pi;\ h = 0{,}02$	9	$\rho = 1 + 3\cos n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = \pi;\ h = 0{,}03$
5	$\rho = 1 + \cos n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = 2\pi;\ h = 0{,}025$	10	$\rho = 4 + 4\sin n\varphi;\ \alpha = 0;\ \beta = 2\pi;\ h = 0{,}02$

Контрольні питання

1. Які типи графіків можна побудувати в MathCAD?
2. Які є способи побудови графіків у декартовій системі координат?
3. Скільки графіків можна побудувати в одній графічній області?
4. Які типи ліній і символів можна використати для відображення графіків?
5. Як побудувати в одній графічній області декілька графіків?
6. Скільки осей ординат можна відобразити на одному графіку?
7. Як утворити область графіка з двома осями ординат?
8. Які можливості з форматування осей та ліній графіків є в MathCAD?
9. Які є способи задавання тривимірних графіків у MathCAD?
10. Як побудувати графік у полярній системі координат у MathCAD?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Тема: Обробка експериментальних даних в MathCAD

Мета: отримання навиків проведення обробки результатів експериментальних досліджень.

Завдання:

1. Ознайомитися з принципами інтерполяційної та статистичної обробки експериментальних даних.

2. Відповідно до варіанту провести згладжування емпіричних даних та отримати регресійну залежність, використовуючи вбудовані функції інтерполяції і регресії.

3. Відповідно до варіанту провести статистичну обробку емпіричних даних.

Матеріал до вивчення теми

Функції для обробки експериментальних даних.

При проведенні науково-технічних розрахунків часто використовуються емпіричні залежності, причому число точок цих залежностей обмежено. Неминуче виникає задача заповнення даних: мається деяка кількість точок, через які варто провести криву. Це не що інше, як класична задача інтерполяції.

Інтерполяція – окремий випадок більш загальної задачі апроксимації (наближеного представлення), що виникає при заміні кривої, описуваною функцією складної природи, іншій кривій, у деякому змісті близької заданої, що має більш прості рівняння.

Задача згладжування кривої виникає, коли дані, використовувані для її відновлення, визначені в результаті вимірів або емпірично з деякою похибкою або представляє криву, описувану функцією, недостатньо гладкою (наприклад, недиференційованої або диференційованої усього кілька разів).

Функції лінійної і сплайнової інтерполяцій.

Система MathCAD надає можливість інтерполяції двох типів: кусково-лінійної і сплайнової.

linterp(VX,VY,x) – для заданих векторів VX і VY вузлових точок і заданого аргументу x ця функція повертає значення функції при її лінійній інтерполяції.

При невеликому числі вузлових точок (менш 10) лінійна інтерполяція виявляється досить грубою. При ній навіть перша похідна функції інтерполяції випробує різкі стрибки у вузлових точках.

Набагато кращі результати дає сплайн-інтерполяція. При ній вихідна функція заміняється відрізками кубічних поліномів, що проходять через три суміжні вузлові точки. Коефіцієнти поліномів розраховуються так, щоб безперервними були перша і друга похідні. Лінія, що описує

сплайн-функція, нагадує за формою гнучку лінійку, закріплену у вузлових крапках (звідси і назва інтерполяції: *spline* – гнучка лінійка).

Для здійснення сплайнової апроксимації система MathCAD пропонує чотири убудовані функції. Три з них служать для одержання векторів других похідних сплайн-функції при різному виді інтерполяції:

cspline(VX,VY) – повертає вектор VS других похідних при наближенні в опорних точок до кубічного полінома;

pspline(VX,VY) – повертає вектор VS других похідних при наближенні до опорних точок параболічної кривої;

lspline(VX,VY) - повертає вектор VS других похідних при наближенні до опорних точок прямої.

Нарешті, четверта функція **interp(VS, VX, VY, x)** – повертає значення *y(x)* для заданих векторів VS, VX, VY і заданого значення x.

Таким чином, сплайн-апроксимація проводиться в два етапи. На першому за допомогою функцій **cspline**, **pspline** або **lspline** відшукується вектор других похідних функцій *y(x)*, заданої векторами VX і VY її значень (абсцис і ординат). Потім, на другому етапі для кожної шуканої точки обчислюється значення *y(x)* з допомогою функції **interp**.

Функції для регресії

Іншою широко розповсюдженою задачею обробки даних є представлення їхньої сукупності деякою функцією *y(x)*. Задача регресії полягає в одержанні параметрів цієї функції такими, щоб функція наближала «хмаринку» вихідних точок (заданих векторами VX і VY) з найменшою середньоквадратичною похибкою. Найчастіше використовується лінійна регресія, при якій функція *y(x)* має вигляд $y(x) = a + bx$ і описує відрізок прямої.

У MathCAD реалізована можливість виконання лінійної регресії загального виду. При ній задана сукупність точок наближається функцією виду:

$$F(x, K_1, K_2, \ldots, K_n) = K_1 \cdot F_1(x) + K_2 \cdot F_2(x) + \ldots + K_n \cdot F_n(x).$$

Таким чином, функція регресії є лінійною комбінацією функцій $K_1 \cdot F_1(x)$, $K_2 \cdot F_2(x)$,…, $K_n \cdot F_n(x)$, причому самі ці функції можуть бути нелінійними, що різко розширює можливості такої апроксимації і поширює її на нелінійні функції.

Для реалізації лінійної регресії загального виду використовується функція **1infit(VX,VY,F)**. Ця функція повертає вектор коефіцієнтів лінійної регресії загального виду K, при якому середньоквадратична похибка наближення «хмаринки» вихідних точок, якщо їхні координати зберігаються у векторах VX і VY, виявляється мінімальною. Вектор F повинний містити функції F1(x), F2(x),..., Fn(x), записані в символьному виді.

У нову версію MathCAD введена функція для забезпечення поліноміальної регресії при довільному ступені полінома регресії: **Regress(VX,VY,n)**

Вона повертає вектор VS, запитуваний функцією **interp(VS,VX,VY,x)**, що містить коефіцієнти багаточлена n-й ступеня, який щонайкраще наближає «хмаринку» точок з координатами, що зберігаються у векторах VX і VY.

На практиці не рекомендується робити ступінь апроксимуючого полінома вище четвертої - шостої, оскільки похибки реалізації регресії сильно зростають.

Функція *regress* створює єдиний наближений поліном, коефіцієнти якого обчислюються по всій сукупності заданих точок, тобто глобально.

Статистичне опрацювання експериментальних даних

Як відомо, за результатами експериментальних досліджень (вимірювань) отримують дискретизовані («оцифровані») значення фізичних величин (технологічних координат), зокрема, їхні значення у певні дискретні моменти часу, які подаються наборами даних. Для статистичного опрацювання таких даних у MathCAD їх необхідно ввести (імпортувати) у середовище зі зовнішніх носіїв відповідними засобами програми чи ввести вручну у вектори чи стовпці матриць.

Найпростішими статистичними оцінками випадкових послідовностей даних є мінімальне та максимальне значення, медіана, середні значення, дисперсія, середньоквадратичне відхилення. Для розрахунку значень вказаних оцінок у MathCAD є такі внутрішні функції (аргументами цих функцій є послідовності скалярних величин, векторів чи матриць A, B,..., що подають випадкові набори даних):

min(A, B,…) – повертає мінімальне значення з набору даних, що записані у скалярах, векторах чи матрицях A, B, ...;

max(A, B,...) – повертає максимальне значення з набору випадкових даних;

median(A, B,...) – повертає медіану набору випадкових даних, тобто, повертає значення елемента, для якого кількість більших і кількість менших за нього елементів у цьому наборі даних є однаковою ;

mean(A, B,...) – повертає середнє арифметичне значення з набору випадкових даних;

gmeап(A, B,...) – повертає середнє геометричне значення з набору випадкових даних;

hmean(A, B,...) – повертає середнє гармонійне значення з набору випадкових даних;

var(A, B,...) – повертає дисперсію випадкової величини (набору випадкових даних). Ця оцінка характеризує відхилення значень випадкової величини від середнього значення;

stdev(A,B,…) – повертає середньоквадратичне відхилення випадкової величини. Ця оцінка чисельно дорівнює $\sqrt{\text{var}(A, B,...)}$.

Порядок проведення роботи:

1. Ввести в середовище MathCAD дискретизовані дані, відповідно до варіанту.

№	*x*	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
1	*y*	0, 686	0, 742	0, 767	0, 646	0, 774	0, 807	0, 97	0, 932	0, 936	0, 978	1, 048

№	*x*	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3
2	*y*	2, 312	2, 251	2, 418	2, 752	2, 7	2, 459	3, 022	3, 079	2, 42	2, 669	3, 241

№	*x*	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4
3	*y*	4, 615	4, 591	5, 13	5, 481	5, 553	5, 492	5, 471	5, 727	5, 798	6, 11	6, 605

№	*x*	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5
4	*y*	8, 472	8, 805	9, 096	8, 993	9, 312	9, 465	9, 771	9, 61	9, 722	11, 41	10, 28

№	*x*	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6
5	*y*	12,36	13,63	13,3	13,15	13,48	14,24	14,52	14,88	15,25	15,34	15,16

№	*x*	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7
6	*y*	17,63	19,75	19,79	18,81	19,87	21,12	20,21	19,49	20,15	20,51	21,29

№	*x*	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8
7	*y*	25,24	25,13	25,67	26,63	26,75	27,23	26,49	26,88	27,23	28,07	27,79

№	*x*	8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9
8	*y*	30,53	34,22	34,23	34,11	33,6	34,06	34,5	35,83	35,68	35,44	35,67

№	*x*	9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	9
9	*y*	41,74	42,24	43,88	42,17	43,7	45,04	42,46	45,72	44,06	45,87	44,95

№	*x*	10	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11
10	*y*	49,76	51,92	50,08	52,38	53,41	54,96	52,77	54,12	55,48	55,69	56,2

2. Провести сплайн-інтерполяцію заданих значень фізичної величини за допомогою функцій **cspline**, **pspline** або **lspline.**

3. Отримати регресійний поліном 1-, 2-, 3-ого ступеня за допомогою функції *regress*.

4. Визначити статистичні оцінки заданих послідовностей даних, а саме, мінімальне та максимальне значення, медіану, середнє значення, дисперсію, середньоквадратичне відхилення за допомогою вбудованих функцій.

Приклад виконання завдання:

$m := 11 \quad i := 0..m$

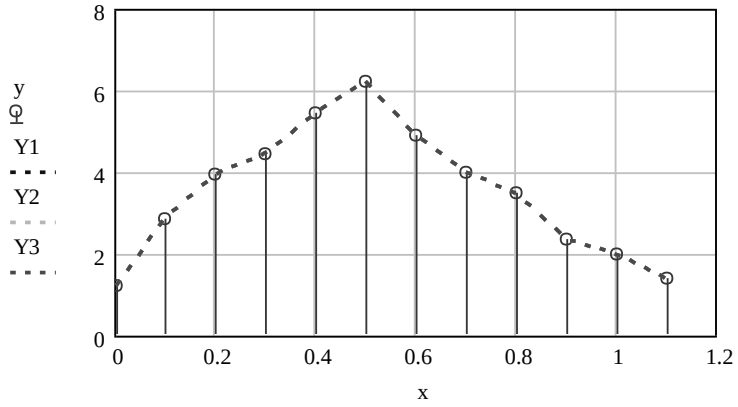
$x := (0 \;\; 0.1 \;\; 0.2 \;\; 0.3 \;\; 0.4 \;\; 0.5 \;\; 0.6 \;\; 0.7 \;\; 0.8 \;\; 0.9 \;\; 1 \;\; 1.1)^T$

$y := (1.21 \;\; 2.85 \;\; 3.95 \;\; 4.41 \;\; 5.45 \;\; 6.22 \;\; 4.88 \;\; 3.98 \;\; 3.46 \;\; 2.33 \;\; 1.96 \;\; 1.39)^T$

1) ñïëàéí - ³íòåðïîëÿö³ÿ

$vs1 := lspline(x, y) \qquad vs2 := pspline(x, y) \qquad vs3 := cspline(x, y)$

$Y1_i := interp(vs1, x, y, x_i) \qquad Y2_i := interp(vs2, x, y, x_i) \qquad Y3_i := interp(vs3, x, y, x_i)$

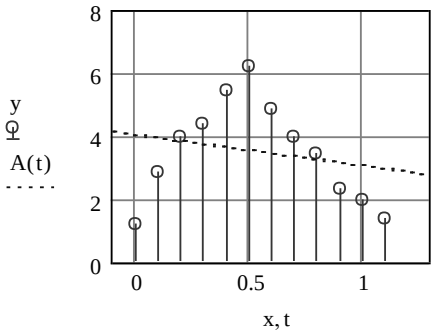


2) ³íòåðïîëÿö³ÿ ñòóïåíåâèìè ïîë³íîìàìè

$k := 1$

$s := regress(x, y, k)$

$A(t) := interp(s, x, y, t)$



$c := submatrix(s, 3, 4, 0, 0)$

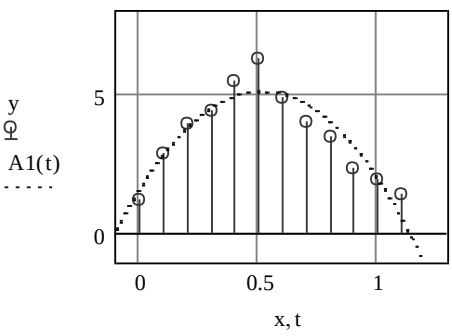
$c^T = (4.043 \;\; -0.974)$

Îòæå ó(õ)=-0,974õ+4,043

$k1 := 2$

$s1 := regress(x, y, k1)$

$A1(t) := interp(s1, x, y, t)$



$c1 := submatrix(s1, 3, 5, 0, 0)$

$c1^T = (1.634 \;\; 13.482 \;\; -13.143)$

Îòæå ó(õ)=-13,143õ²+13,482õ+1,634

Контрольні питання

1. Поясніть сутність інтерполяції та регресійної обробки експериментальних даних.

2. На прикладі розв'язання свого завдання розкрийте основні аспекти обробки даних експериментальних досліджень у середовищі MatchCAD.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Тема: Створення анімації в програмі MathCAD.

Мета: опанування побудови анімації в середовищі MathCAD.

Завдання:

1. Створити анімацію функції двох перемінних, побудованої в декартових координатах.
2. Створити анімацію функції двох перемінних, побудованої в полярних координатах.
3. Створити анімацію функції, побудованої в тривимірному просторі.

Матеріал до вивчення теми

У багатьох випадках самий видовищний спосіб представлення результатів математичних розрахунків – це анімація. У MathCAD дуже просто створювати анімаційні ролики і зберігати них у відеофайлах.

Основний принцип анімації в MathCAD – покадрова анімація. Ролик анімації - це просто послідовність кадрів, що представляють собою деяку ділянку документу, що виділяється користувачем. Розрахунки здійснюються відособлено для кожного кадру, причому формули і графіки, що у ньому містяться, повинні бути функцією від номера кадру. Номер кадру задається системної перемінної FRAME, що може приймати лише натуральні значення. За замовчуванням, якщо не включений режим підготовки анімації, FRAME=0.

Приклад №1. Розглянемо послідовність дій для створення ролика анімації, наприклад, що демонструє переміщення гармонійної хвилі, що біжить. При цьому кожен момент часу буде задаватися перемінної FRAME.

1) Введіть у документ необхідні вираження і графіки, у яких бере участь перемінна номера кадру FRAME. Підготуйте частину документа, яку ви бажаєте зробити анімацією, таким чином, щоб вона знаходилася в поле вашого зору на екрані. У першому прикладі підготовка зводиться до визначення функції $y(x,t) = \sin(x-t)$ і створенню її декартова графіка $y(x,\ FRAME)$.

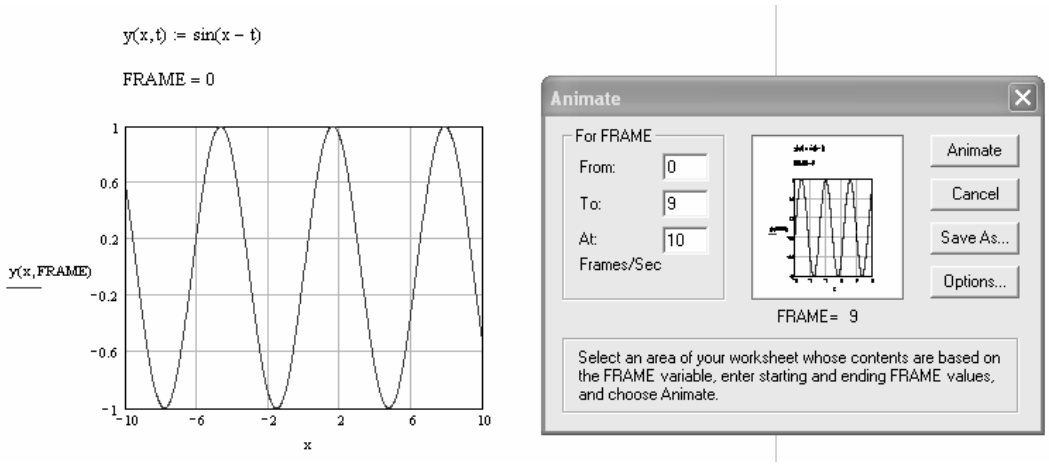


Рис. 5.1. Початок створення анімації

2) Виконаєте команду Tools/Animation/Record (Сервіс/Анімація/Запис) або View/Animation – для старих версій Mathcad.

3) У діалоговому вікні Record Animation (Анімація) задайте номер першого кадру в поле From (Від), номер останнього кадру в поле Te (До) і швидкість анімації в поле At (Швидкість) у кадрах у секунду (рис. 5.1).

4) Виділіть перетаскуванням покажчика мишки при натиснутій лівій кнопці миші область у документі, що стане роликом анімації.

5) У діалоговому вікні Record Animation (Анімація) натисніть кнопку Animate (Анімація). Після цього у віконці діалогового вікна Record Animation (Анімація) будуть з'являтися результати розрахунків виділеної області, що супроводжуються висновком поточного значення перемінної FRAME. По закінченні цього процесу на екрані з'явиться вікно програвача анімації (рис. 5.2).

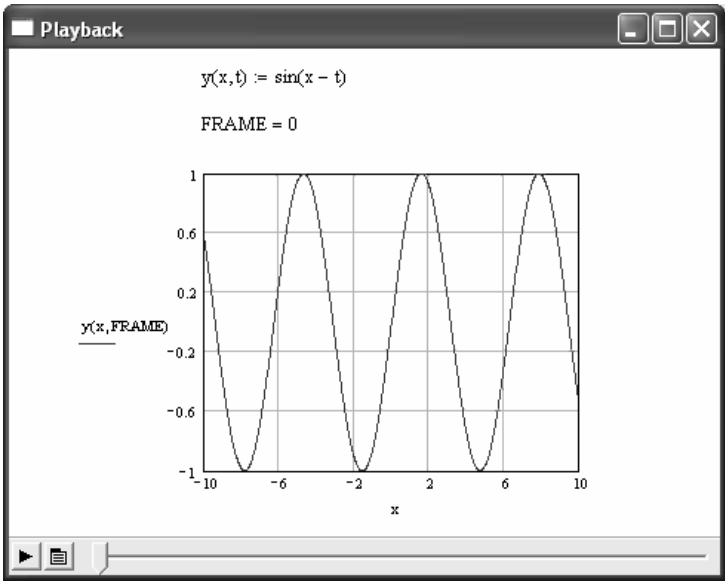


Рис. 5.2. Перегляд створеного ролика анімації

6) Запустіть перегляд анімації в програвачі натисканням кнопки відтворення в лівому нижньому куті вікна програвача.

7) У випадку якщо вид анімації вас улаштовує, збережіть її у виді відеофайлу, натиснувши кнопку Save As (Зберегти як) у діалоговому вікні Record Animation (Анімація). У діалоговому вікні, що з'явилося, Save Animation (Зберегти анімацію) звичайним для Windows способом вкажіть ім'я файлу і його розташування на диску.

8) Закрийте діалог Record Animation (Анімація) натисканням кнопки Cancel (Скасування) або кнопки керування його вікном.

Після того як ви зберегли відеофайл, його можна використовувати за межами MathCAD. Швидше за все, якщо ви, знаходячись в оглядачі Windows, двічі клацнете по імені цього файлу, він буде завантажений у програвач відеофайлів Windows, і ви побачите його на екрані комп'ютера.

Таким чином, запускаючи відеофайли в звичайному програвачі, ви маєте можливість улаштувати барвисту презентацію результатів вашої роботи як на своєму, так і на іншому комп'ютері.

Примітка. При створенні файлів анімації допускається вибирати програму відеостиску (кодек) і якість компресії. Робиться це за допомогою кнопки Options (Опції) у діалоговому вікні Record Animation (Анімація).

Послідовність виконання роботи:

1) Створити анімацію функції двох перемінних, побудованої у декартових координатах.

2) Створити анімацію функції двох перемінних, побудованої в полярних координатах.

3) Створити анімацію функції, побудованої в тривимірному просторі.

Таблиця 5.1. Варіанти завдань.

№	Задание 1	Задание 2	Задание 3
1	$y(x,t)=\sin(x+t)$ $y(x,t)=tg(x-t)$	$\psi := 0, 0.01 .. \text{FRAME}$ $r(\psi) := \psi$	$q := \frac{\text{FRAME}}{10}$ $X(\phi,\theta) := \sin(\phi + q)\cdot\cos(\theta)$ $Y(\phi,\theta) := \sin(\phi + q)\cdot\sin(\theta)$ $Z(\phi,\theta) := \cos(\phi + q)$ $0 \le \phi \le \pi$ $0 \le \theta \le 2\cdot\pi$
2	$y(x,t)=\cos(x-t)$ $y(x,t)=2\cdot arctg(x+t)$	$\psi := 0, 0.1 .. \text{FRAME}$ $r(\psi) := \sin(2\psi)\cos(2\psi)$	$q := \frac{\text{FRAME}}{5}$ $X(\phi,\theta) := \sin(\phi)\cdot\cos(\theta + q)$ $Y(\phi,\theta) := \sin(\phi)\cdot\sin(\theta + q)$ $Z(\phi,\theta) := \cos(\phi) + \tan(\theta)$ $0 \le \phi \le \pi$ $0 \le \theta \le 2\cdot\pi$
3	$y(x,t)=\sin(3\cdot x-t)$ $y(x,t)=tg(x+t)$	$\psi := 0, 0.01 .. \text{FRAME}$ $r(\psi) := \sin(2\psi - 1)\cos(2\psi - 1)$ $u(\psi) := \sin(2\psi)\cos(2\psi)$	$q := \frac{\text{FRAME}}{7}$ $X(\phi,\theta) := \sin(\phi + q)\cdot\cos(\theta)$ $Y(\phi,\theta) := \sin(\phi + q)\cdot\sin(\theta)$ $Z(\phi,\theta) := \sin(\phi)$ $0 \le \phi \le 2\pi$ $0 \le \theta \le 2\cdot\pi$
4	$y(x,t)=\sin(x+t)$ $y(x,t)=\cos(x\cdot t)$	$\psi := 0, 0.01 .. \text{FRAME}$ $r(\psi) := \sin(2\psi - 1)\cos(2\psi - 1)$ $u(\psi) := \cos(2\psi)$	$q := \frac{\text{FRAME}}{7}$ $X(\phi,\theta) := \tan(\phi + q)\cdot\cos(\theta)$ $Y(\phi,\theta) := \tan(\phi + q)\cdot\sin(\theta)$ $Z(\phi,\theta) := \sin(\phi)$ $0 \le \phi \le 2\pi$ $0 \le \theta \le 2\cdot\pi$

5	$y(x,t)=\cos(x+t)$ $y(x,t)=tg(x\cdot t)$	$\psi := 0, 0.01 .. \text{FRAME}$ $r(\psi) := \cos(4\psi - 4)$ $u(\psi) := \psi$	$q := \frac{\text{FRAME}}{6}$ $X(\phi,\theta) := \cos(\theta)$ $Y(\phi,\theta) := \sin(\phi + q)\cdot\cos(\theta + q)$ $Z(\phi,\theta) := \cos(\theta)\cdot\sin(\theta + q)$ $0 \le \phi \le 2\pi$ $0 \le \theta \le \pi$
6	$y(x,t)=4\cdot\sin(2\cdot x+t)$ $y(x,t)=2\cdot arctg(x\cdot t)$	$\alpha := 0, 0.01 .. \text{FRAME}$ $r(\alpha,\psi) := \sin(2\psi) + \cos(\alpha)$ $k(\alpha,\psi) := \sin(\alpha) + \cos(4\psi)$	$q := \frac{\text{FRAME}}{3}$ $0 \le \phi \le \pi$ $0 \le \theta \le \pi$ $X(\phi,\theta) := \sin(\phi + q)\cdot\cos(\theta)$ $Y(\phi,\theta) := \cos(\phi + q)\cdot\cos(\theta)$ $Z(\phi,\theta) := \cos(\phi + q)$

Контрольні питання

1. Для чого потрібна змінна FRAME.

2. На прикладі своїх розрахунків поясніть принцип створення анімації в середовищі MathCAD.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Тема: Вимоги ЄСКД щодо виконання і оформлення креслень та схем.

Мета: опанування вимог ЄСКД щодо виконання і оформлення креслень та схем

Завдання:

1. освоїти формати креслярських аркушів та масштаби виконання зображень;

2. вивчити правила виконання основного напису, ліній креслень, креслярських шрифтів;

3. вивчити способи зображення малих і великих предметів, та зазначення їх масштабів;

4. виконати на аркушах формату А3 титульну сторінку альбому робіт та виконати зображення предмету з нанесення розмірів виробу.

Матеріал до вивчення теми

Комплекс державних стандартів, що установлюють взаємозалежні норми і правила по розробці, оформленню конструкторської документації, розроблювальної і застосовуваної на всіх стадіях життєвого циклу виробу (при проектуванні, виготовленні, експлуатації, ремонті й ін.), називають *єдиною системою конструкторської документації* (*ЄСКД*).

Стандарти ЄСКД поширюються на усі види конструкторських документів, нормативно-технічну і технологічну документацію, науково-технічну і навчальну літературу, у тій частині, у якій вони можуть бути для них застосовані.

Усередині ЄСКД стандарти поєднуються по групах, яким привласнений цифровий код і найменування: 0 – Загальні положення; 1 – Основні положення; 2 – Класифікація і позначення виробів і конструкторських документів; 3 – Загальні правила виконання креслень; 4 – Правила виконання креслень різних виробів; 5 – Правила зміни і обернення конструкторської документації; 6 – Правила виконання експлуатаційної і ремонтної документації; 7 – Правила виконання схем; 8 – Правила виконання документів при макетному методі проектування; 9 – Інші стандарти.

6.1. Формати

Креслення й інші графічні завдання виконуються на аркушах креслярського папера визначених розмірів, установлених ГОСТ 2.301-68. Формати аркушів визначаються розмірами зовнішньої рамки, виконаною тонкою лінією (рис. 6.1). ГОСТ 2.301-68. Передбачається 5 основних форматів і необмежена кількість додаткових.

Основні формати одержують послідовним розподілом формату А0 з розмірами 1189×841мм, площа якого 1м^2, на дві рівні частини. Кожен наступний формат одержують розподілом попереднього формату тонкою лінією, рівнобіжній його короткій стороні. Розміри основних форматів приведені в табл. 6.1.

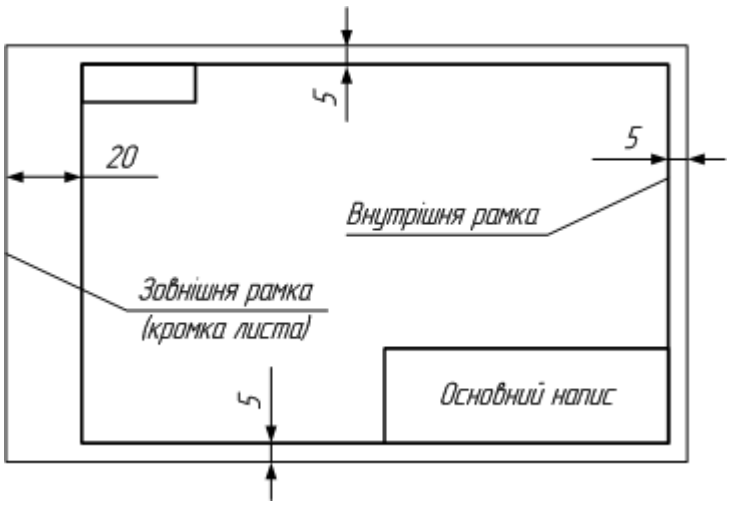


Рис. 6.1. Створення рамки креслення

Таблиця 6.1.

Позначення формату	Розміри сторін формату, мм
А0	841 × 1189
А1	594 × 841
А2	420 × 594
А3	297 × 420
А4	210 × 297

6.2. Основний напис

Кожне креслення повинне мати внутрішню рамку, що обмежує поле креслення. Рамку проводять суцільними основними лініями, витримуючи відстані, зазначені на рис. 1.1. Усередині рамки в правому нижньому куті поміщають основний напис, який зображується у вигляді штампу розміром 185 мм на 55 мм (рис. 6.2). Основний напис можна розташовувати як уздовж короткої, так і уздовж довгої сторони формату, а для формату А4 - тільки уздовж короткої сторони. Основний напис виконують суцільною товстою основною і суцільною тонкої лініями. Форма, зміст і розміри граф основного напису для робіт з технологічного креслення (рис. 6.2) повинні відповідати ГОСТ 2.104-68. У верхньому лівому кутку креслення розташовується малий штамп розміром 70 мм на 14 мм з зазначенням позначення документа (графа 2), перевернуте на 180º.

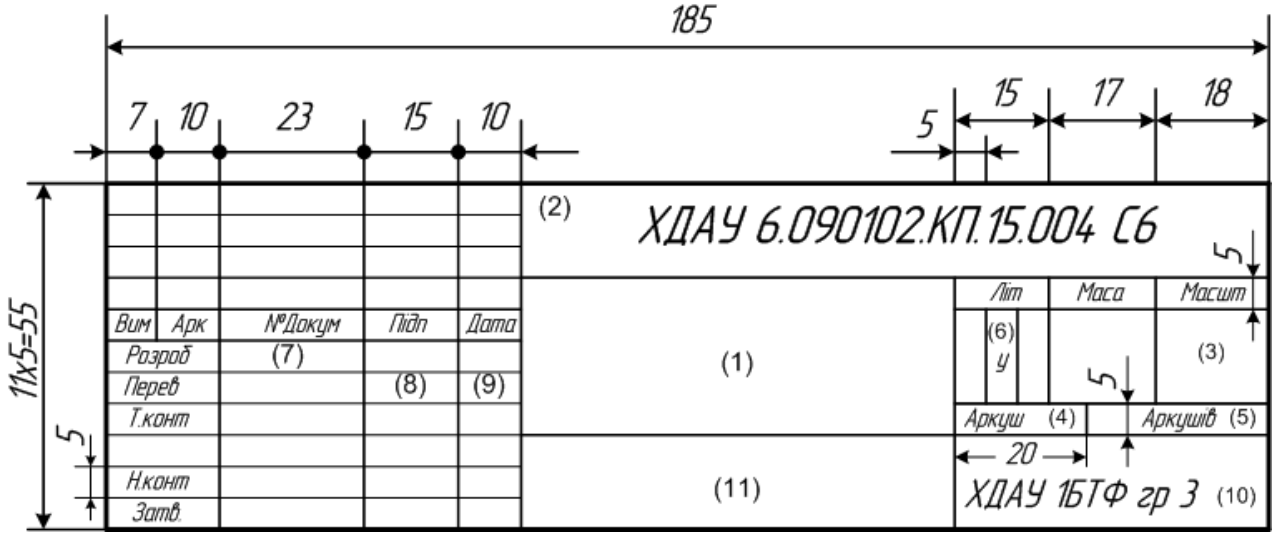


Рис. 6.2. Штамп основного напису

Зазвичай використовуються і заповнюються наступні графи:

1 – найменування виробництва. Запис ведеться в називному відмінку однини. Якщо назва складається з двох слів і більш, то перше слово повинне бути іменником, наприклад «Виробництво пастеризованого молока. Схема апаратурно-технологічна»;

2 – позначення документа, а саме: *ХДАУ 6.09010201.КП.15.004 С6*

ХДАУ – найменування ВНЗ,

6.09010201 – шифр спеціальності,

КП – назва роботи – курсовий проект, або *ГР* – графічна робота,

15 – рік виконання проекту,

004 – порядковий номер по заліковій книжці,

С6 – код схеми згідно ГОСТ 2.701-84.

3 – масштаб;

4 – порядковий номер листа (графу не заповнюють на документах, виконаних на одному листі);

5 – загальна кількість листів документа (графу заповнюють на першому листі);

6 – літера документа;

7 – прізвища;

8 – підписи;

9 – дата підпису документа;

10 – найменування, індекс підприємства (шифр групи студента);

11 – позначення матеріалу (заповнюється на кресленнях деталей).

Всі графи, окрім підписів, заповнюються стандартним шрифтом GOST.

6.3. Масштаби

Кожне зображення на кресленні повинне бути виконане у визначеному масштабі. *Масштабом* називають відношення лінійних розмірів зображення виробу на кресленні до його дійсних розмірів. Якщо виріб (предмет) має малі розміри, то його зображують у масштабі збільшення, і навпаки, виріб (предмет) дуже великих розмірів зображують у масштабі зменшення. ГОСТ 2.302-68 установлює наступні масштаби зображень і їхнє позначення на кресленнях (табл. 6.2.)

Таблиця 6.2.

Масштаби зменшення	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральна величина	1:1
Масштаби збільшення	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

При побудові зображень на кресленнях варто застосовувати тільки стандартні значення масштабу. Масштаб креслення вказується в призначеній для нього графі основного напису по типу: 1:1; 1:2. Масштаб зображення, що відрізняється від зазначеного в основному написі, вказується в дужках відразу після позначення цього зображення по типу: А (5:1), Б-Б (2:1).

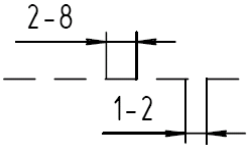
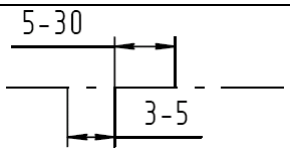
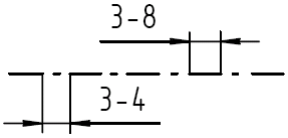
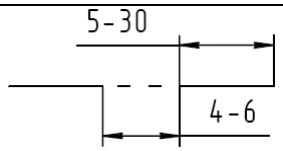
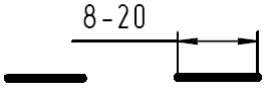
Варто пам'ятати, що на кресленні завжди проставляються дійсні розміри виробу, незалежно від того, який масштаб був застосований для побудови його зображення.

6.4. Лінії креслення

Для того щоб креслення було виразним і легко читалося, воно повинне виконуватися різними лініями, призначення і накреслення яких для всіх галузей промисловості і будівництва встановлені ГОСТ 2.303-68*.

Суцільною товстою основною лінією зображуються лінії видимого контуру предмета. Товщина S цієї лінії вибирається в межах від 0,5 до 1,4 мм у залежності від величини, складності і насиченості зображення. Обрані товщини ліній і їхнє накреслення повинні бути однаковими для всіх зображень на одному кресленні. Найменування, накреслення, товщина ліній стосовно товщини суцільної товстої основної лінії і їхніх основних призначень приведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3.

Найменування	Креслення	Товщина	Основне призначення
Суцільна товста основна		S = 0,5 – 1,4 мм	Лінії видимого контуру
Суцільна тонка		от S/2 до S/3	Лінії розмірні і виносні, лінії побудов і штрихування
Суцільна хвиляста		от S/2 до S/3	Лінії обриву
Штрихова		от S/2 до S/3	Лінії невидимого контуру
Штрихпунктирна тонка		от S/2 до S/3	Лінії осьові і центрові
Штрихпунктирна стовщена		от S/2 до 2/3S	Лінії поверхонь, які підлягають термообробці або покриттю
Штрихпунктирна з двома крапками		от S/2 до S/3	Лінії згину на розгорненнях
Розімкнута		от S до 1,5S	Лінії, що визначають положення січної площини

Суцільна тонка зі зламом		от S/2 до S/3	Довгі лінії обриву

6.5. Шрифти креслярські

Усі написи на кресленнях, схемах і інших технічних документах виконуються креслярським шрифтом, установленим ГОСТ 2.304-81. Стандарт установлює накреслення і розміри прописних і малих літер українських, латинських, грецьких алфавітів, арабських і римських цифр і знаків.

Стандартом установлені наступні типи шрифту:

- *А* без нахилу й *А* с нахилом 75°;

- *Б* без нахилу і *Б* с нахилом 75°.

Висота прописних букв і цифр у міліметрах, обмірювана перпендикулярно до підстави рядка, називається розміром шрифту *h*. Стандарт установлює десять розмірів шрифту, мм:

h = (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Товщина ліній шрифту позначається *d* і визначається в залежності від типу і розмірів шрифту. Для шрифту типу *А* d = 1/14 h; для шрифту типу *Б* d = 1/10 h. Всі інші параметри шрифту залежать від розміру шрифту h або від товщини лінії шрифту і вибираються зі спеціальних таблиць стандарту.

Шрифт типу А без нахилу

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР
СТУФЧЦШЩЪЫЬЭЮЯ
абвгдеёжзийклмнопр
стуфчцшщъыьэюя

Шрифт типу Б без нахилу

АБВГДЕЁЖЗИЙКЛМНОП
РСТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ
абвгдеёжзийклмноп
рстуфхцчшщъыьэюя

Шрифт типу А з нахилом

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР
СТУФЧЦШЩЪЫЬЭЮЯ
абвгдеёжзийклмнопр
стуфчцшщъыьэюя

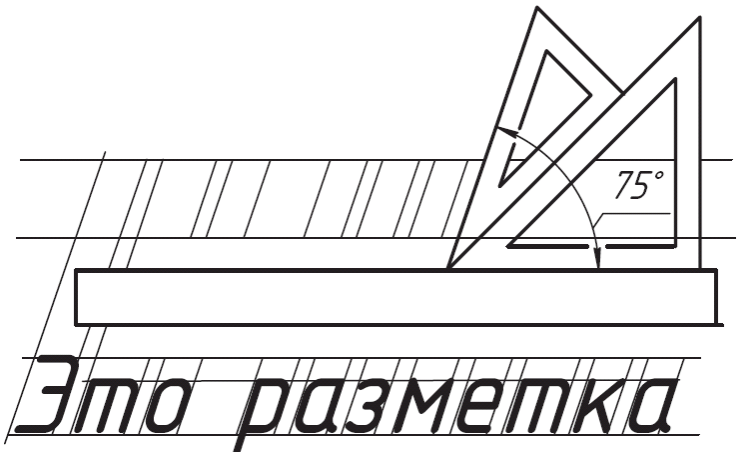
Шрифт типу Б з нахилом

АБВГДЕЁЖЗИЙКЛМНОП
РСТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ
абвгдеёжзийклмноп
рстуфхцчшщъыьэюя

Типові особливості накреслення деяких елементів букв можна простежити по рис. 6.3. Для вироблення навички рекомендується виконувати розмітку рядка, розміщення букв, обведення шрифту, як показано на рис. 6.4 (лінії краще робити блідими і потім не стирати).

Для цієї мети зручно використовувати трафарет:

Рис. 6.3. Накреслення елементів букв



6.4. Розмітка шрифту

6.6. Нанесення розмірів на кресленнях

Правила нанесення розмірів на кресленнях установлені ГОСТ 2.307-68.

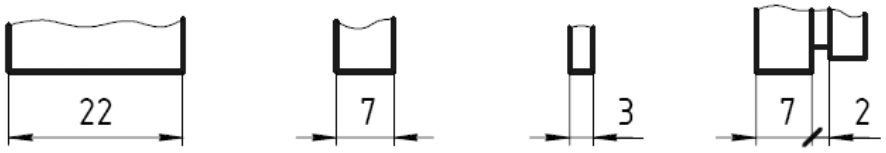
Підставою для визначення дійсних розмірів зображеного на кресленні виробу і його елементів служать розмірні числа, нанесені на кресленні. Лінійні розміри на кресленні вказують у міліметрах без позначення одиниці виміру. У випадку якщо розміри вказуються в технічних вимогах або пояснювальних написах на кресленні, одиниці виміру вказують обов'язково.

При необхідності вказівки лінійних розмірів в інших одиницях виміру (см, м) їх указують відразу після розмірного числа, або обмовляють це в технічних вимогах на кресленні.

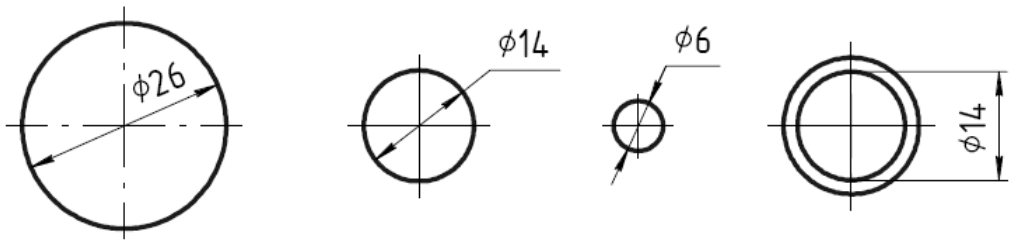
Кутові розміри на кресленнях вказують у градусах, хвилинах і секундах з позначенням одиниці виміру, наприклад: 15°; 15°40′; 15°40′30″.

Кількість розмірів повинна бути мінімальною. На кресленні вказують рівно стільки розмірів, скільки необхідно, щоб метрично повно визначити відповідні розміри (довжину, ширину, висоту, діаметр або радіус і т.д.) кожного елемента деталі і їхнє відносне розташування. Розміри на кресленні повинні бути проставлені геометрично повно і технологічно грамотно, вони обов'язково повинні узгоджуватися з виробничим процесом, типовим для виготовлення даної деталі (розмітка, обробка, контроль).

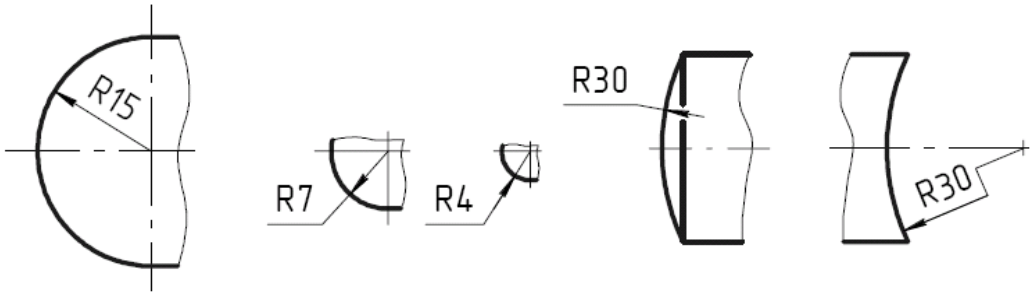
Приклади нанесення розмірів на кресленнях представлено на рис. 6.5.



а)



б)



в)

Рис. 6.5. Нанесення розмірів: а) прямолінійного відрізку; б, в) радіусів і діаметрів на окружностях

Стандартом установлюються відстані виходу виносних ліній за розмірну і розмірної лінії - за виносну, якщо замість стрілок застосовуються зарубки (рис. 6.6). Розмірні числа проставляють над розмірною лінією по можливості ближче до її середини. При недоліку місця над розмірною лінією для нанесення розмірного числа його наносять на продовженні розмірної лінії або на полку лінії-винесення.

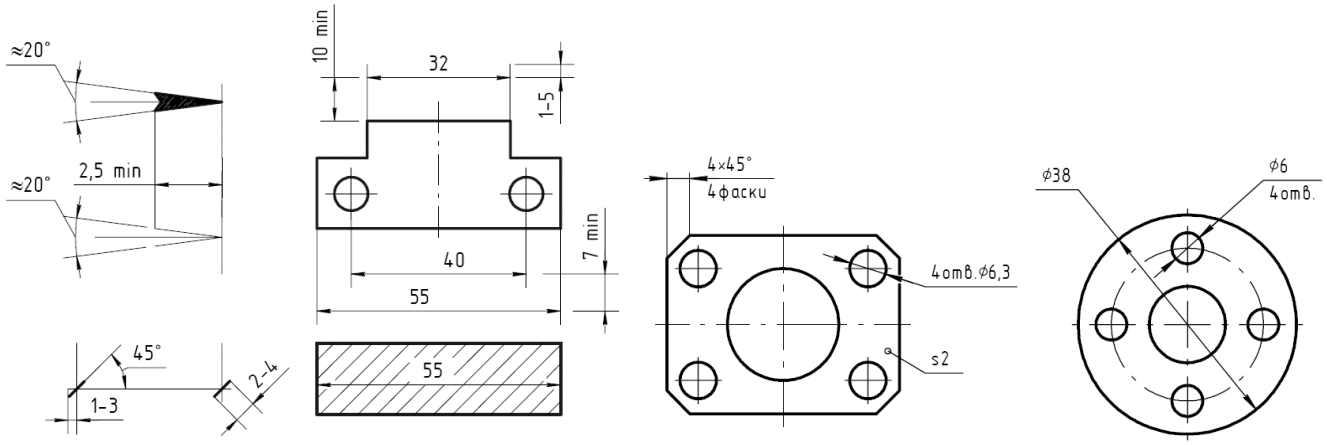


Рис. 6.6. Приклад використання виносних ліній

Порядок виконання роботи

1) Вивчити матеріал.

2) Виконати титульний лист графічних робіт на форматі А3 за зразком, представленому на рис. 6.7. Тип шрифту *Б*, з нахилом. Параметри шрифту, ширину букв і цифр потрібно взяти за ГОСТ 2.304-81. Перші два рядки напису, прізвище, ім'я, по батькові і цифри виконують шрифтом

розміром 14 прописним, а інші рядки шрифтом 14 рядковим. Для написання титульного листа рекомендується використовувати допоміжну сітку (спрощену), виконану суцільними тонкими лініями

3) Перерисувати в зошит у М 1:1 зображення двох пластини (варіанти представлено на рис. 6.8), визначаючи розміри по клітках. Сторона клітки 5 мм. Проставити розміри відповідно до ГОСТ 2.307-68. На аркуші формату А3 нанести рамку, основний напис та накреслити дві обрані пластини з розмірами (приклад зображений на рис. 6.9).

ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

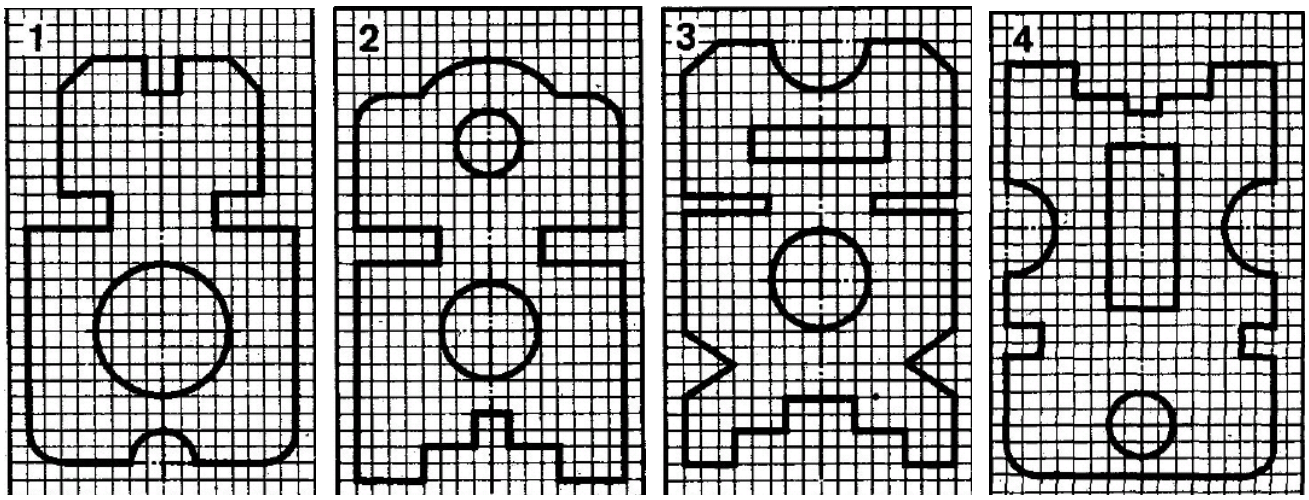
ЗВІТНИЙ АЛЬБОМ

З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ САПР.....»

ЗДОБУВАЧА (спеціальність, курс група)

Прізвище Ім'я Побатькові

Рис. 6.7. Приклад графічних робіт виконання титульного листа



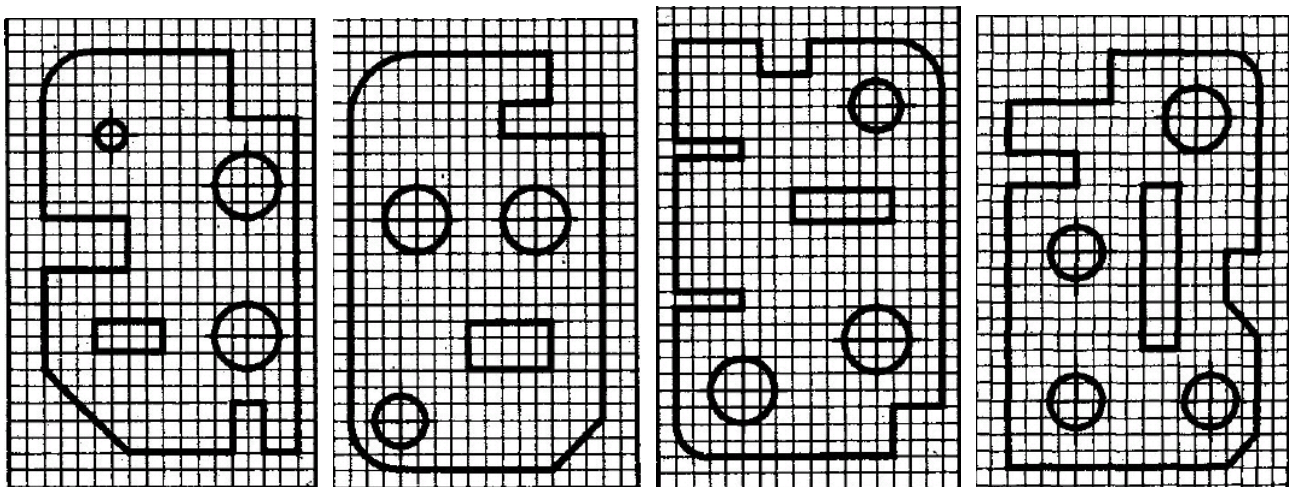


Рис. 6.8. Варіанти зразків пластин для отримання навичок нанесення розмірів

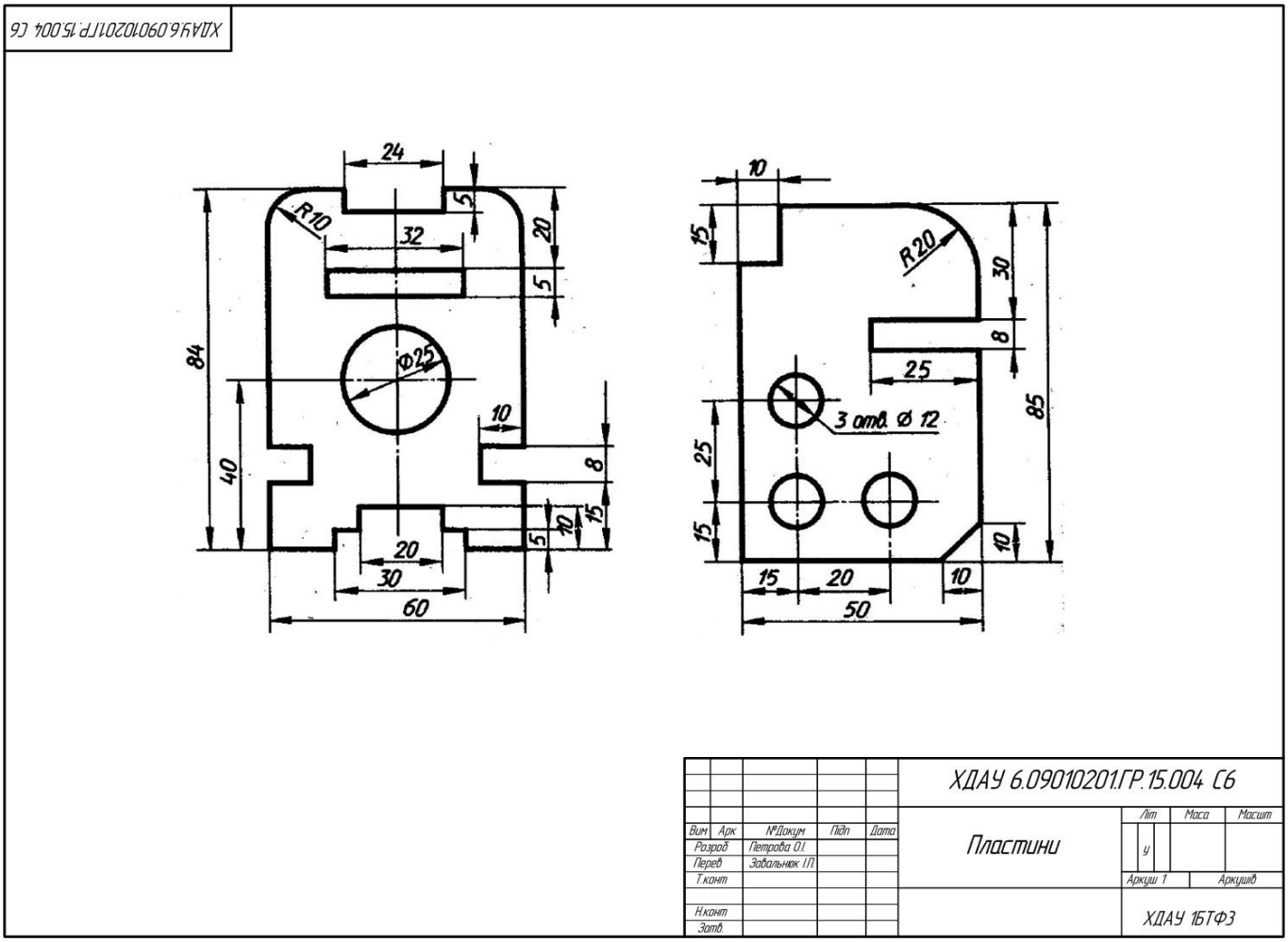


Рис. 6.9. Приклад виконання креслення пластин з розмірами

Контрольні питання

1. На яких форматах аркушів виконуються креслення згідно ГОСТ 2.301-68?
2. Назвіть масштаби, в яких виконуються креслення.
3. Назвіть найменування та основні призначення ліній креслення.
4. Прокоментуйте та обґрунтуйте на своєму прикладі правила нанесення розмірів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Тема: Креслення технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва

Мета: освоєння принципів та правил креслення технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва

Завдання:

1. Вивчити вимоги щодо виконання технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва

2. Накреслити технологічну схему виробництва молочної або м'ясної продукції відповідно до варіанту завдання

Матеріал до вивчення теми

Слово «схема» походить від грецького *schema*, що означає образ, вигляд. Щодо креслення схема – це конструкторський документ, на якому у вигляді умовних зображень чи позначень показано складові частини виробу, зв'язки між ними.

Згідно з ГОСТ 2.701-84 залежно від видів елементів та зв'язків, що входять до складу виробу, схеми поділяються на види (табл. 7.1).

Таблиця 7.1. Види схем

Вид схеми	Шифр виду	Вид схеми	Шифр виду
Автоматизації	А	Пневматична	П
Вакуумна	В	Енергетична	Р
Гідравлічна	Г	Комбінована	С
Кінематична	К	Газова	Х
Оптична	Л	Електрична	Э

Крім цього, рекомендовано позначати схеми: теплові – ТП; технологічні – ТХ.

Залежно від основного призначення схеми поділяються на типи (табл. 2). Кожній схемі повинен бути наданий шифр, що складається з літери, котра визначає вид схеми, й цифри, яка позначає тип схеми. Наприклад, схема електрична принципова – Э3, схема технологічна структурна – ТХ1, схема технологічна функціональна – ТХ2, схема гідравлічна монтажна – Г4.

ДСТУ 3321:2003 дає такі терміни на позначення в схемах: *елемент схеми* – складова частина схеми, яка виконує окрему функцію і не може бути поділена на частини (наприклад, апарат, насос, вентиль і т.ін.); *функціональна група* – сукупність елементів, які виконують у виробі або на виробництві визначену функцію і не об'єднані в єдину конструкцію (наприклад випарний апарат і теплообмінник, ошпарювач і дифузійний апарат); *лінія зв'язку* – відрізок лінії, який визначає наявність зв'язку між діючими частинами виробництва.

Таблиця 7.2. Типи схем

Тип схеми	Шифр типу	Призначення схеми
Структурна	1	Визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення та взаємозв'язок
Функціональна	2	Пояснює певні процеси, що проходять в окремих функціональних ланцюгах виробу та у виробі в цілому
Принципова (повна)	3	Визначає повний склад елементів і зв'язків між ними та дає детальне уявлення про принцип роботи виробу
З'єднань (монтажна)	4	Показує з'єднання складових частин виробів, визначає з'єднувальні проводи, джгути, кабелі чи трубопроводи, а також місця їх приєднання й вводу
Підключення	5	Показує зовнішні підключення виробу
Загальна	6	Визначає складові частини комплексу та з'єднання їх між собою
Розміщення	7	Визначає відносне розміщення складових частин і з'єднувальних проводів, джгутів, кабелів чи трубопроводів

Технологічний процес – це сукупність операцій з використання сировини і матеріалів і виготовлення готової продукції. Технологічний процес є сукупністю менш складних процесів, що називаються *стадіями*, або *операціями*.

Кожен технологічний процес можна зобразити у вигляді технологічної схеми – сполучення окремих технологічних операцій, при послідовному виконанні яких сировина перетворюється в готову продукцію.

Отже *технологічна схема виробництва* – це графічне представлення у виді блок-схеми послідовності стадій технологічного процесу виробництва з зазначенням режимів технологічних операцій.

Наприклад, технологічна схема виробництва сосисок і сардельок представлена на рисунку 7.1, де кожна технологічна операція зображується у вигляді прямокутника. В прямокутниках зазначається назва технологічної операції та режим її виконання. Усі прямокутники з'єднані стрілками, що відображає послідовність технологічного процесу.

Рис. 7.1. Технологічна схема виробництва сосисок і сардельок

Порядок виконання роботи

1) Ознайомитися з класифікацією схем на типи та види згідно з ГОСТ 2.701-84.

2) На аркуші паперу формату А3 нанести рамку з основним написом та виконати технологічну схему виробництва молочного або м'ясного продукту, згідно з варіантом. Варіанти схем наведені у ДОДАТКУ А.

Контрольні питання

1. Які типи і види схем вирізняють за ГОСТ 2.701-84.

2. Прокоментуйте на своєму прикладі порядок виконання технологічних схем.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

Тема: Виконання апаратурно-технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва.

Мета: опанування правил виконання апаратурно-технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва

Завдання:

1. вивчити правила графічного виконання апаратурно-технологічних схем

2. ознайомитися з умовними графічними позначеннями елементів схем та виконанням умовних позначень потоків та трубопроводів

3. виконати згідно з варіантом апаратурно-технологічну схему процесу виробництва певної молочної або м'ясної продукції.

Матеріал до вивчення теми

Схема апаратурно-технологічна – це конструкторський документ, виконаний без масштабу, на якому показано основне обладнання (апарати, машини, насоси і т.ін.); відображено принципи, що забезпечують технологічний процес; вказано зв'язки між елементами у вигляді ліній, які умовно визначають трубопровідний зв'язок чи рух продуктів.

На апаратурно–технологічній схемі послідовно зображується технологічне обладнання, яке забезпечує виробництво того чи іншого продукту, починаючи з приймання сировини і закінчуючи направленням готового продукту в камеру зберігання. Обладнання зображують ескізно у вигляді контуру, при цьому не дотримуються масштабу, але додержують певної пропорції. Все устаткування на схемі повинно бути пронумеровано наскрізною нумерацією: зліва – направо, за годинниковою стрілкою, в кругову, а направлення та шлях проходження сировини, напівфабрикатів і готової продукції зображують умовно, вказуючи напрямок лініями зі стрілками.

8.1. Графічне виконання апаратурно-технологічної схеми

Виконання технологічних схем починають з викреслювання тонкими суцільними лініями рівнів поверхів виробничих приміщень (в разі потреби) із зазначенням відміток по висоті. На цих лініях розміщують відповідні зображення технологічного обладнання, включаючи позначення допоміжного обладнання, наприклад збірників, мірників, різних рідинних приймачів, спеціальних транспортних пристроїв та ін.

Графічні позначення елементів (апарати, машини, насоси тощо) зображують на схемах суцільними тонкими лініями, а трубопроводи і арматуру – суцільними товстими основними лініями. При оформленні апаратурно-технологічних схем слід керуватися рядом умовних позначень, прийнятих у практиці проектування промислових підприємств.

Під час виконання технологічних схем слід враховувати таке: побудову виконувати без масштабу та врахування дійсного розміщення основних частин обладнання виробництва або з урахуванням їх приблизного розміщення та дійсних розмірів; забезпечити найкраще уявлення про структуру обладнання виробництва та взаємодію його складових частин через графічні зображення та лінії зв'язку.

8.2. Виконання текстових написів

Текстові дані залежно від їх змісту та призначення можуть бути розміщені:

поруч з графічними зображеннями; всередині графічних позначень;

над лініями зв’язку; в розриві ліній зв’язку; поруч з кінцями ліній зв’язку;

на вільному полі креслення схеми.

Текстові дані, що відносяться до ліній, орієнтують паралельно горизонтальним ділянкам відповідних ліній. За великої щільності схеми дозволяється вертикальна орієнтація даних.

8.3. Умовні графічні позначення елементів схеми

Всі елементи зображуються на схемах у вигляді умовних графічних позначень, які повинні відповідати таким стандартам:

елементи гідравлічних та пневматичних мереж	ГОСТ 2.780-96;
машини гідравлічні та пневматичні	ГОСТ 2.782-96;
елементи трубопроводів	ГОСТ 2.784-96;
арматура трубопровідна	ГОСТ 2.785-70;
апарати випарні	ГОСТ 2.788-74;
апарати теплообмінні	ГОСТ 2.789-74;
апарати колонні	ГОСТ 2.790-74;
відстійники та фільтри	ГОСТ 2.791-74;
апарати сушильні	ГОСТ 2.792-74;
пристрої живильні та дозувальні	ГОСТ 2.794-79;
центрифуги	ГОСТ 2.795-80.

За відсутності в стандартних графічних позначеннях якихось елементів допускається їх зображення у вигляді простих геометричних фігур (наприклад прямокутників або кружечків) чи спрощених проекцій.

Під час виконання схеми слід враховувати, що відстань між двома сусідніми лініями графічного позначення повинна бути не менше 1,0 мм, відстань між суміжними паралельними лініями зв'язку – не менше 3,0, а між окремими умовними графічними позначеннями – не менше 2,0 мм.

Розміри умовних графічних позначень, а також товщини їх ліній повинні бути однаковими на всіх схемах даного виробництва. Лінії зв'язку на схемах повинні складатися з горизонтальних та вертикальних відрізків і мати найменшу кількість зломів і взаємних перетинів. У місці перетину

ліній зв'язку для запобігання плутанини одна з них виконується у вигляді дужки радіусом не більше 2,5 мм.

8.4. Послідовність виконання апаратурно-технологічних схем

Виконання креслення починається з нанесення рамки, після чого креслять основний напис, який зображується у вигляді штампу в правому нижньому кутку листа розміром 185 мм на 55 мм

У верхньому лівому кутку креслення розташовується малий штамп розміром 70 мм на 14 мм з зазначенням позначення документа, перевернуте на 180º.

Дані про умовні графічні зображення, показані на схемі, записують в перелік елементів, схеми, що поміщаються на листі, у вигляді таблиці (рис. 8.1) в правому кутку над основним написом. Відстань між переліком елементів і основним написом повинний бути не менше 12 мм.

Рис. 8.1. Перелік елементів апаратурно-технологічної схеми

У графах переліку указують наступні дані:

- у графі «Поз. позначення» - позиційне позначення елементу, обладнання або устаткування (буквене або цифрове);

- у графі «Найменування» - назву елемента і при необхідності технічні дані елементу;

- у графі «Кіл.» - кількість елементів однієї позиції в схемі;

- у графі «Примітка» - технічні дані елемента, яких не має в його найменуванні, завод-виготівник або інша необхідна інформація.

До переліку елементи заносять групами за алфавітним порядком буквених позиційних позначень, а також за порядком номерів (за висхідною). Між окремими групами бажано, по можливості, залишати незаповнені рядки. Елементи одного типу з однаковими параметрами записуються одним рядком.

8.5. Виконання умовних позначень потоків та трубопроводів

Технологічні комунікації, потоки та трубопроводи зображуються згідно з ГОСТ 2.784-96.

Лінії потоків орієнтують за головними напрямками (горизонтальному та вертикальному) і проводять з найменшою кількістю перетинів та зломів. Допускається пропорційне потовщення ліній залежно від збільшення графічних позначень. Основні магістральні трубопроводи, від яких відводяться інші трубопроводи на схемі, зображують горизонтальними лініями.

На кожному потоці біля місця його відводу від магістрального або місця введення у апарат чи машину, проставляють стрілки, які вказують напрямок руху робочого середовища (– газ, – рідина). Сторони трикутника стрілки повинні бути однакові за розміром.

Для того, щоб відрізнити потоки різного призначення застосовують цифрові позначення, які встановлюють згідно з ГОСТ 2.784-96 у розривах лінії потоку (табл. 8.1).

Таблиця 8.1. Умовні позначення трубопроводів для рідин і газів

Вміст трубопроводу	Умовне позначення
Рідина або газ, що переважає в даному проекті	
Вода	1 1
Пара	2 2
Повітря	3 3
Азот	4 4
Кисень	5 5
Інертні гази:	
аргон	6 6
неон	7 7
гелій	8 8
криптон	9 9
ксенон	10 10
Аміак	11 11
Кислота (окисник)	12 12
Луг	13 13
Мастило	14 14
Рідке пальне	15 15
Горючі та вибухонебезпечні гази:	
водень	16 16
ацетилен	17 17
фреон	18 18
метан	19 19
етан	20 20
етилен	21 21
пропан	22 22
пропилен	23 23
бутан	24 24
бутилен	25 25
Протипожежний трубопровід	26 26
Вакуум	27 27

Якщо в ГОСТ 2.784-96 відсутнє позначення якоїсь речовини, то вводяться довільні позначення цифрами, починаючи з 28. Відстань між цифрами на позначеннях потоку повинна бути

не менше 50 мм. Для більш детальної характеристики речовини цифрове позначення може бути доповнено буквеним індексом.

Наприклад:

1г – вода гаряча

1х – вода холодна

Умовні позначення трубопроводів та потоків, шляху проходження сировини, напівфабрикатів і готової продукції, прийняті на схемі, повинні бути розшифровані в таблиці умовних позначень (рис. 8.2), яка викреслюється лівіше таблиці переліку елементів.

Рис. 8.2. Таблиця умовних позначень потоків сировини

У графах таблиці умовних позначень указують наступні дані:

- у графі «Умовне позначення» - в розриві лінії, що позначає шлях, цифрове позначення середовища, що транспортується;

- у графі «Найменування середовища» - коротке її найменування, яке повинне починатися з іменника, наприклад, «Вода гаряча», «Молоко пастеризоване», «Фарш сосисковий» і тому подібне

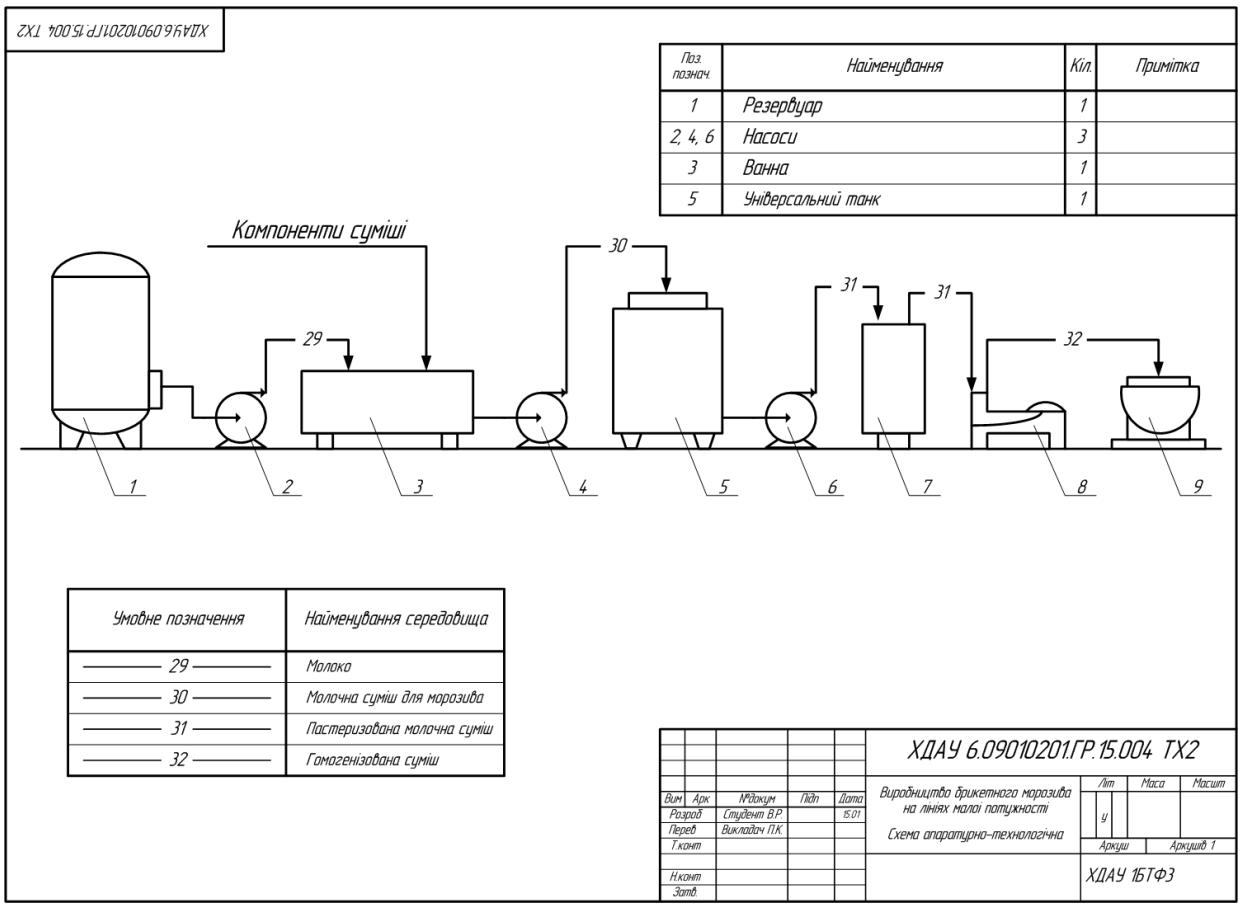
Якщо перелік елементів не може бути розташований на одному листі з апаратурно-технологічною схемою у зв'язку з великими її розмірами, то його виконують на окремому аркуші формату А4 з рамкою та штампом основного напису. Причому у графі 1 штампу вказується тільки назва виробництва, наприклад «Виробництво пастеризованого молока».

Порядок виконання роботи

1. Уважно прочитати та вивчити правила графічного виконання апаратурно-технологічних схем.

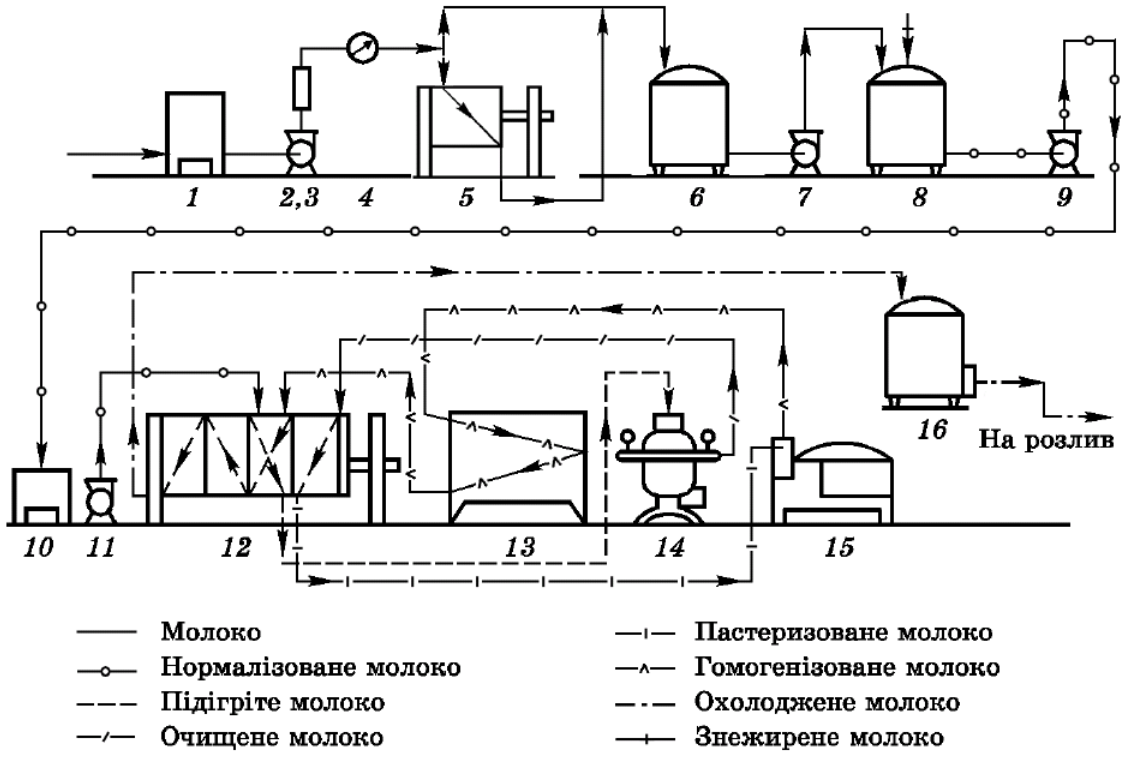
2. Ознайомитися з умовними графічними позначеннями елементів схем та виконанням умовних позначень потоків та трубопроводів.

3. Відповідно до наведеної послідовності виконання накреслити апаратурно-технологічну схему згідно з запропонованим варіантом схеми технологічної лінії. Приклад виконання наведений на рисунку 8.3.



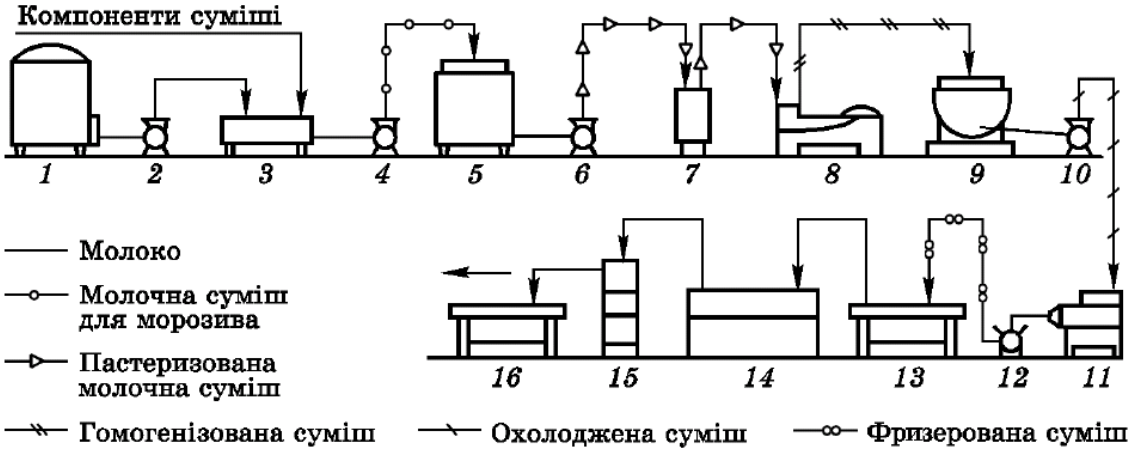
Варіанти схем технологічних ліній.

1. Схема технологічної лінії виробництва пастеризованого молока



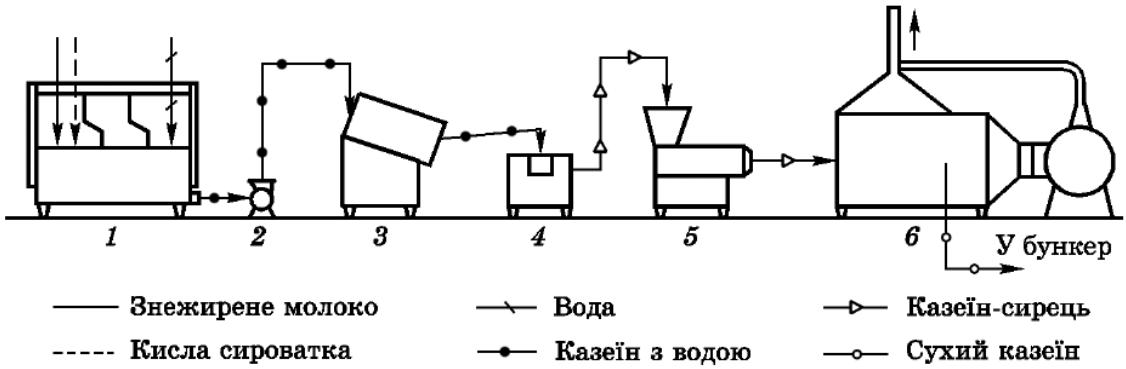
1 – фільтр; 2, 7, 9, 11 – насоси; 3 – відокремлювач повітря; 4 – лічильник; 5 – пластинчастий охолодник; 6, 8 та 16 – резервуари; 10 – урівнювальний бак; 12 – пластинчастий теплообмінник; 13 – пульт керування; 14 – сепаратор-молокоочисник; 15 – гомогенізатор

2. Схема технологічного процесу виробництва брикетного морозива на лініях малої потужності



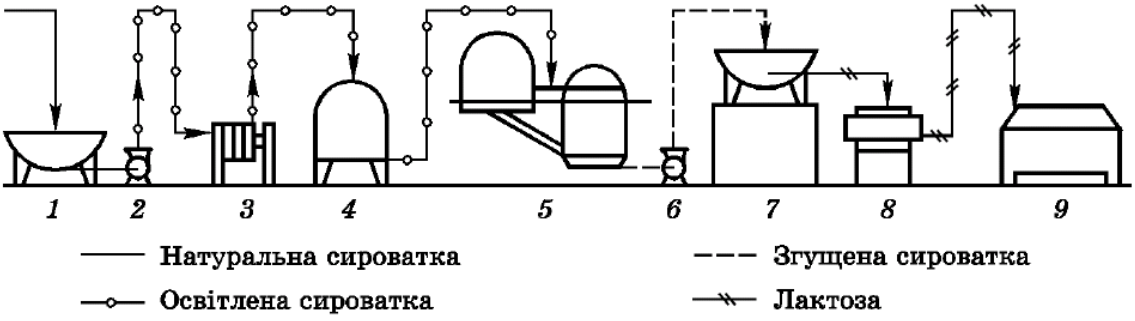
1 – резервуар; 2, 4, 6, 10 – насоси; 3 – ванна; 5 – універсальний танк; 7 – фільтр; 8 – гомогенізатор; 9 – вершковозрівальна ванна; 11 – фризер; 12 – місткість; 13 і 16 – столи; 14 – генератор з охолодження розсолу; 15 – установка для звільнення металевих вставок

3. Схема технологічної лінії виробництва молочнокислого казеїну (зерновий спосіб)



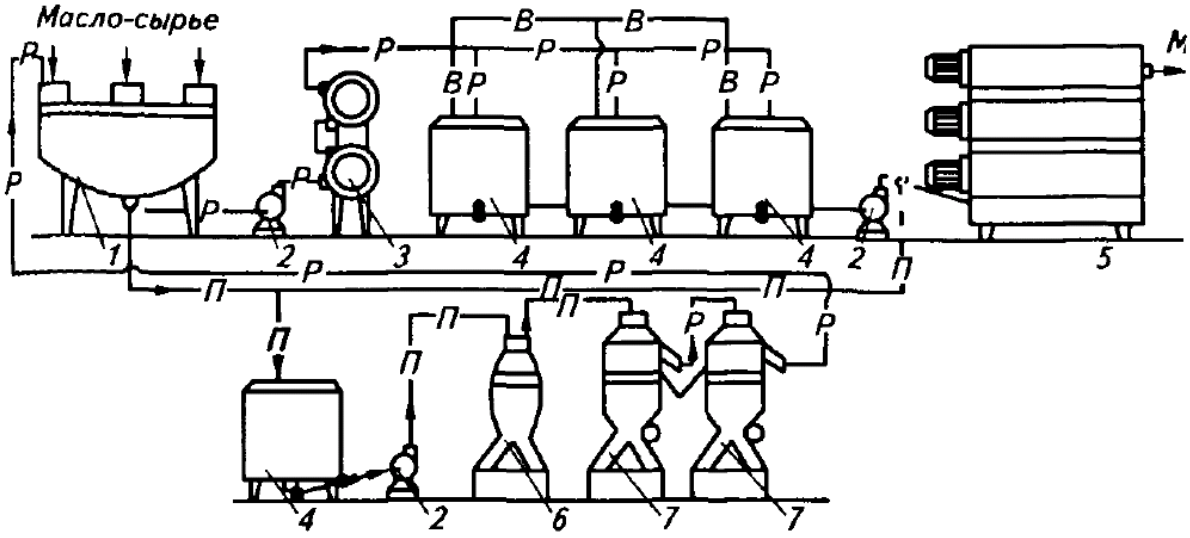
1 – сироробна ванна; 2 – насос; 3 – відокремлювач сироватки; 4 – центрифуга (прес); 5 – вовчок; 6 – сушарка для казеїну

4. Схема технологічної лінії виробництва молочного цукру



1 – ванна; 2, 6 – насоси; 3 – фільтрпрес; 4 – проміжна місткість; 5 – вакуум-апарат; 7 – кристалізатор; 8 – центрифуга; 9 – сушильна установка

5. Схема технологічної лінії виробництва масла методом відстоювання і сепарування



1 – ванна для плавлення, 2 – насос, 3 – пастеризатор, 4 – ванна для відстоювання, 5 – охолоджувач масла, 6 – центрифуга-очисник, 7 – сепаратор-жировіддільник, Р – розплавлене масло-сировина, В – гаряча вода, М – топлене масло, П – плазма масла.

Контрольні питання

1. Які схеми називають апаратурно-технологічними?
2. Які вимоги існують до графічного виконання апаратурно-технологічних схем?
3. Які умовні позначення використовують для зображення потоків та трубопроводів?
4. Поясніть на своєму прикладі послідовність виконання апаратурно-технологічних схем.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9

Тема: Microsoft Visio, як засіб автоматизації виконання графічної частини проекту.

Мета: ознайомлення з графічними можливостями пакета MS Visio.

Завдання:

1. Опанувати основні принципи створення графічних зображень та особливості MS Visio.

2. Виконати елементарні креслення в редакторі Microsoft Visio для закріплення ознайомчого процесу

Матеріал до вивчення теми

Програма Microsoft Visio є складовою частиною пакета Microsoft Office. Основним призначенням Visio є, як можна припустити за назвою цієї програми, візуалізація даних або, інакше, виготовлення практично будь-яких схем, ілюстрацій і діаграм, необхідних для оформлення конструкторської документації.

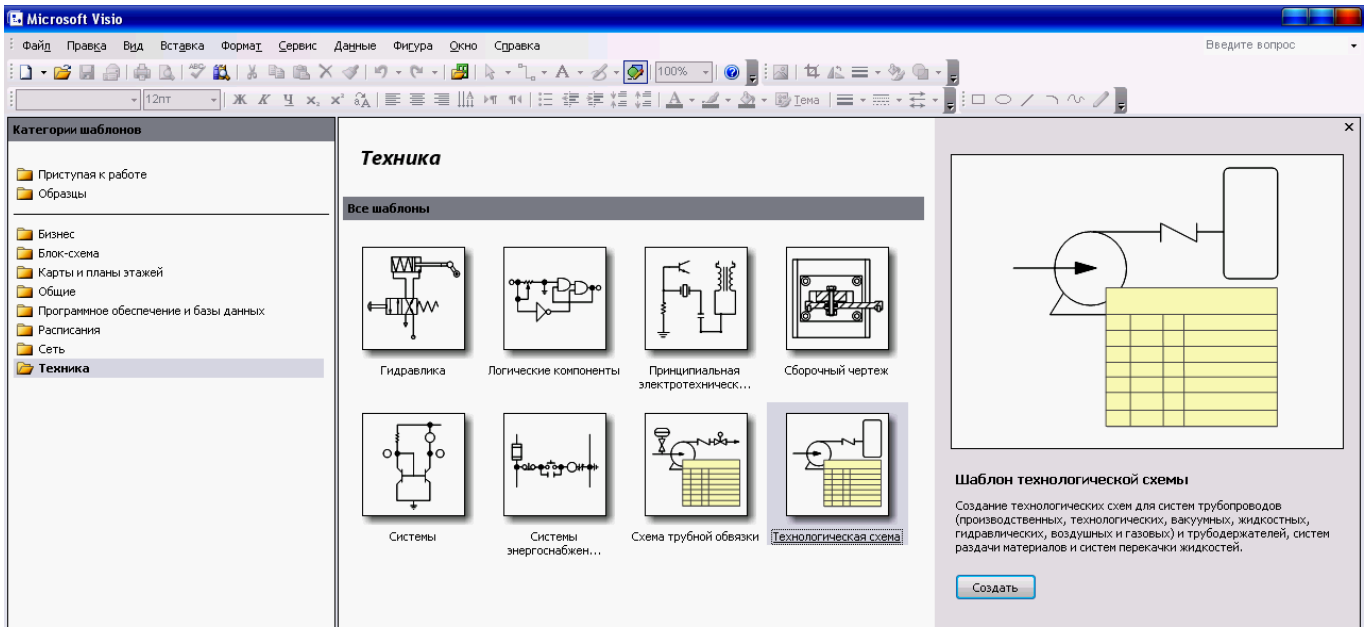
Використовуючи Visio, можна легко і швидко оформити блок-схему алгоритму, зобразити структуру підприємства або, наприклад, послідовність операцій деякого технологічного процесу. При цьому зовсім необов'язково мати навички малювання – програма комплектується великою кількістю готових елементів або «фігур», що підходять для використання в найрізноманітніших ситуаціях. Розмістивши елементи на листі, з'єднавши їх лініями, що вказують зв'язки між об'єктами або хід дій, і постачивши написами, що пояснюють, можна отримати ілюстрацію, яку можна віддрукувати і використовувати як самостійний документ або помістити як малюнок у документ, підготовлений в іншій програмі.

У процесі роботи з документами Visio можна використовувати як набори стандартних графічних об'єктів, так і дані, підготовлені в інших додатках. Також можна помістити в документ фотознімки і текстові фрагменти. Якщо ви працюєте із системами автоматизованого проектування (наприклад AutoCAD), то ви зможете розмістити в документі Visio фрагменти ваших креслень або, навпаки, помістити в креслення ілюстрацію, підготовлену в Visio. У деяких випадках можна використовувати в ілюстраціях інформацію, що зберігається у файлах на твердому диску або в базах даних.

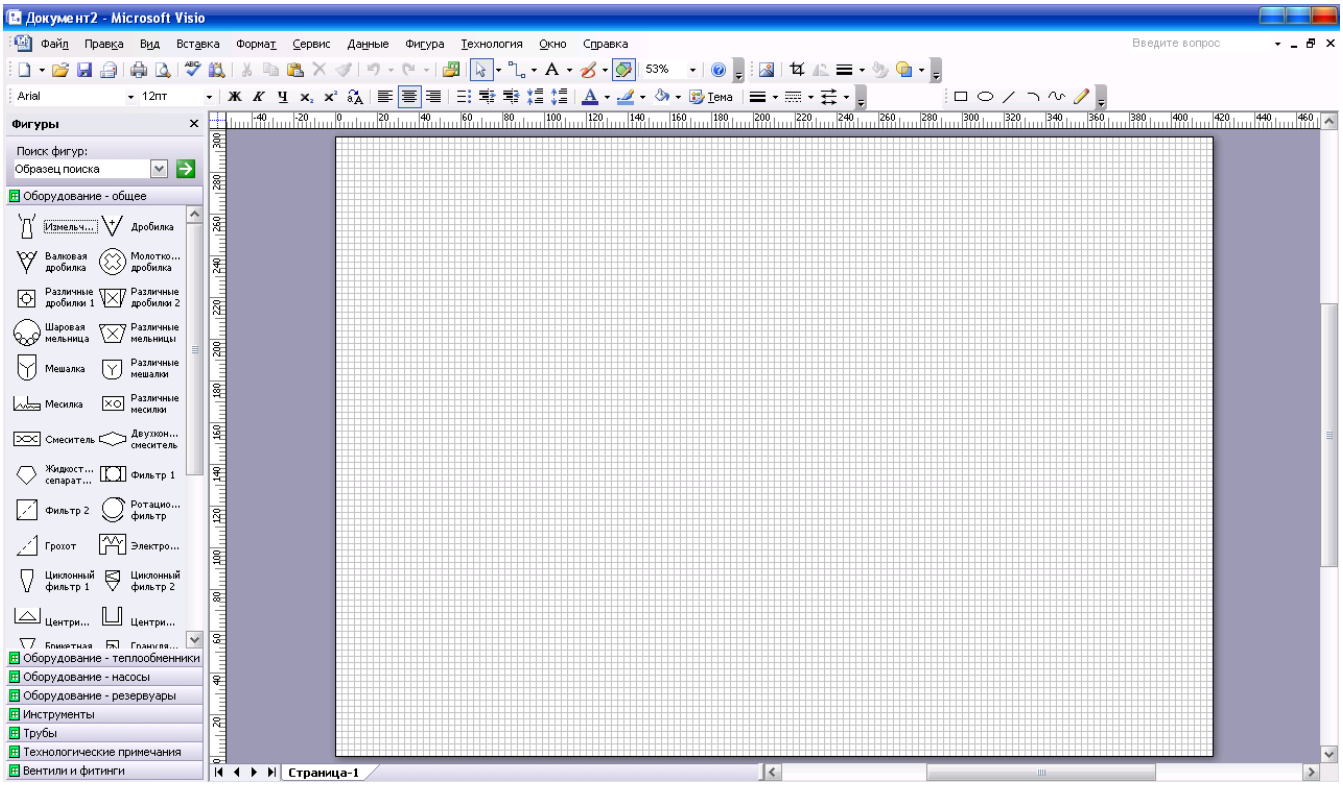
Особливістю Visio є проста й ефективна робота з документами великих форматів. Дякуючи цьому ви зможете підготувати невеликий малюнок для текстового звіту, схему формату А4 або плакат формату А1. При необхідності великоформатний документ може бути автоматично розбитий на кілька фрагментів меншого розміру (наприклад, аркушів формату А1). Це дозволить друкувати великі плакати за допомогою стандартного домашнього або офісного принтера. При наявності широкоформатного принтера (плотера) можна роздруковувати документи на аркушах більшого розміру.

9.1. Запуск програми. Інтерфейс вікна програми MS Visio.

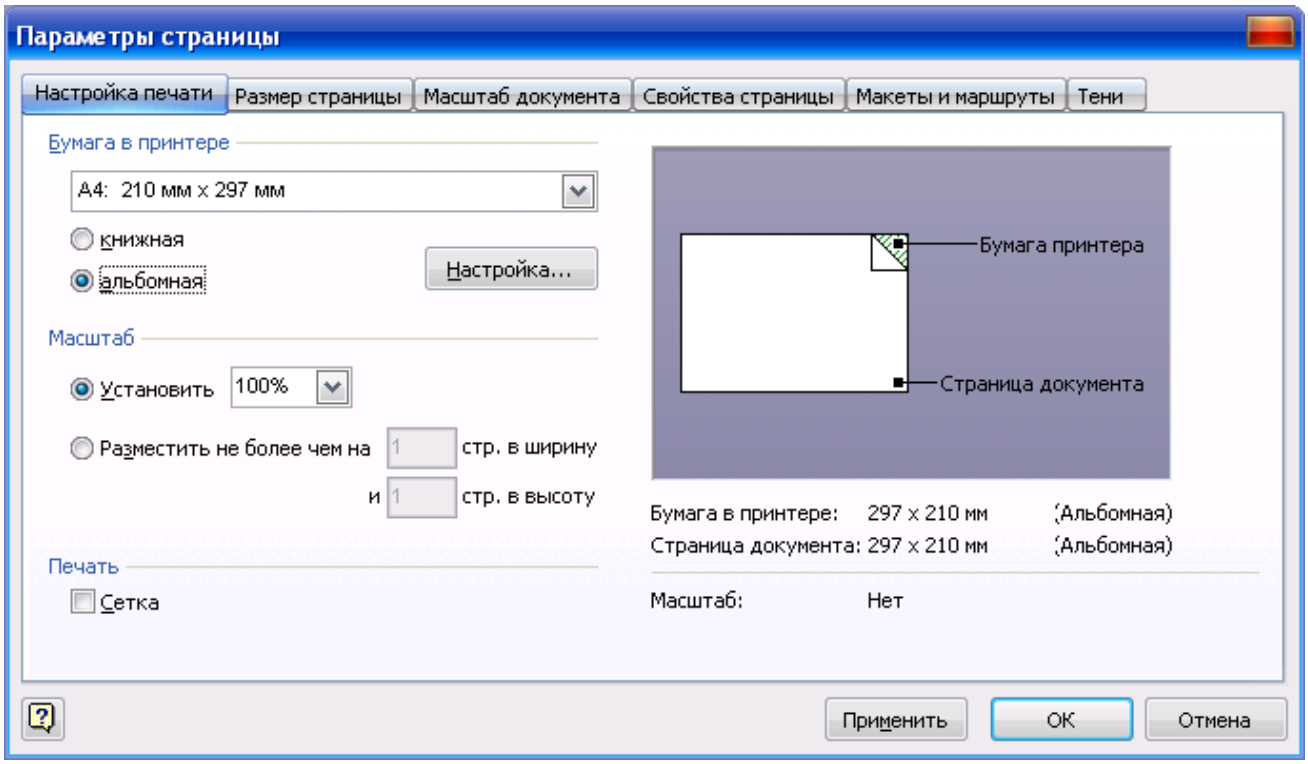
Для запуску програми необхідно зайти в меню Пуск→Програми та зверни пункт Microsoft Office→Microsoft Office Visio 2007. Далі необхідно створити новий документ, для чого в лівому вікні обрати групу шаблонів «Технологічна схема» або на панелі інструментів обрати знак чистого листа



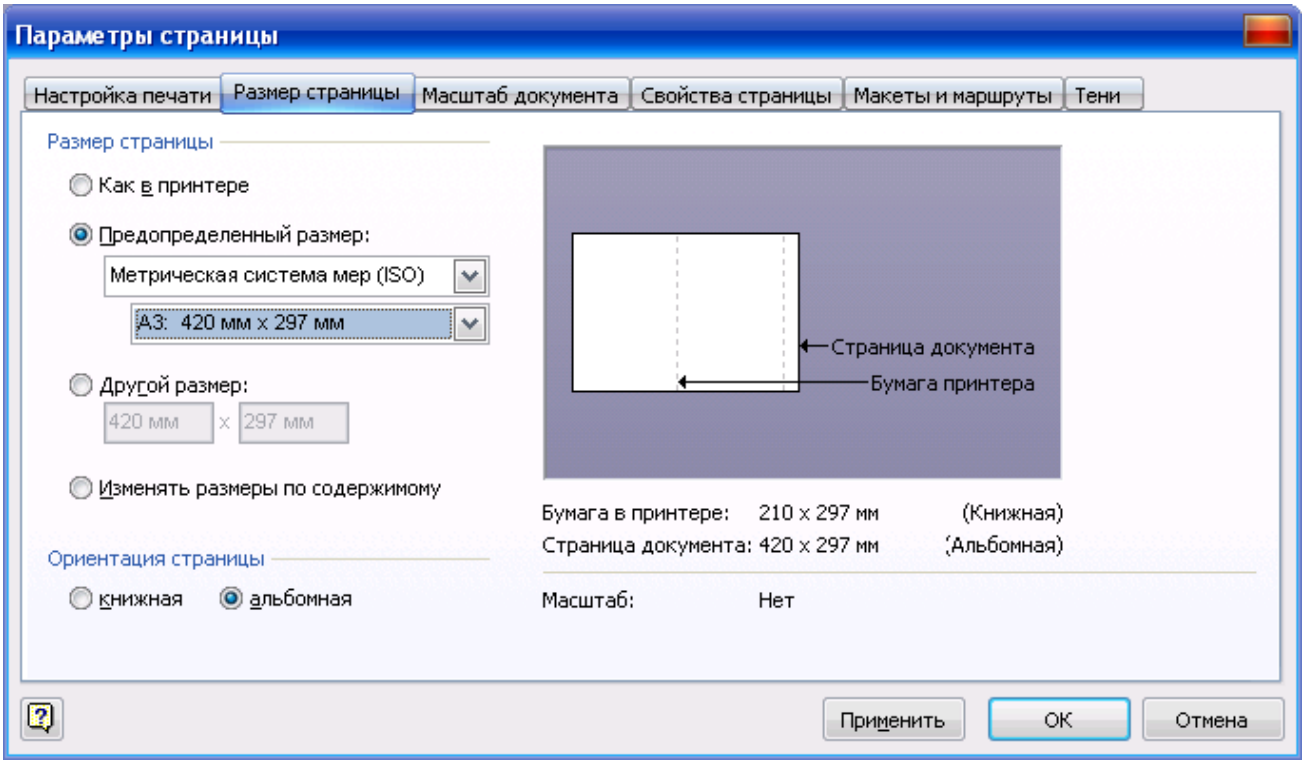
Зверніть увагу, на готовому малюнку сторінка має альбомне розташування, оскільки дану схему так зручніше розташувати. Для зміни параметрів сторінок існує команда *«Настройка страницы»* у меню Файл.



У вікні «*Параметры страницы*» можна змінити: настроювання друку, розміри сторінок, масштаб документа.



Для того, щоб легше було орієнтуватися на листі і вказувати розміри фігур установите метричну систему мір на вкладці «*Размер страницы*». У нашому випадку вона встановлена за замовчуванням.

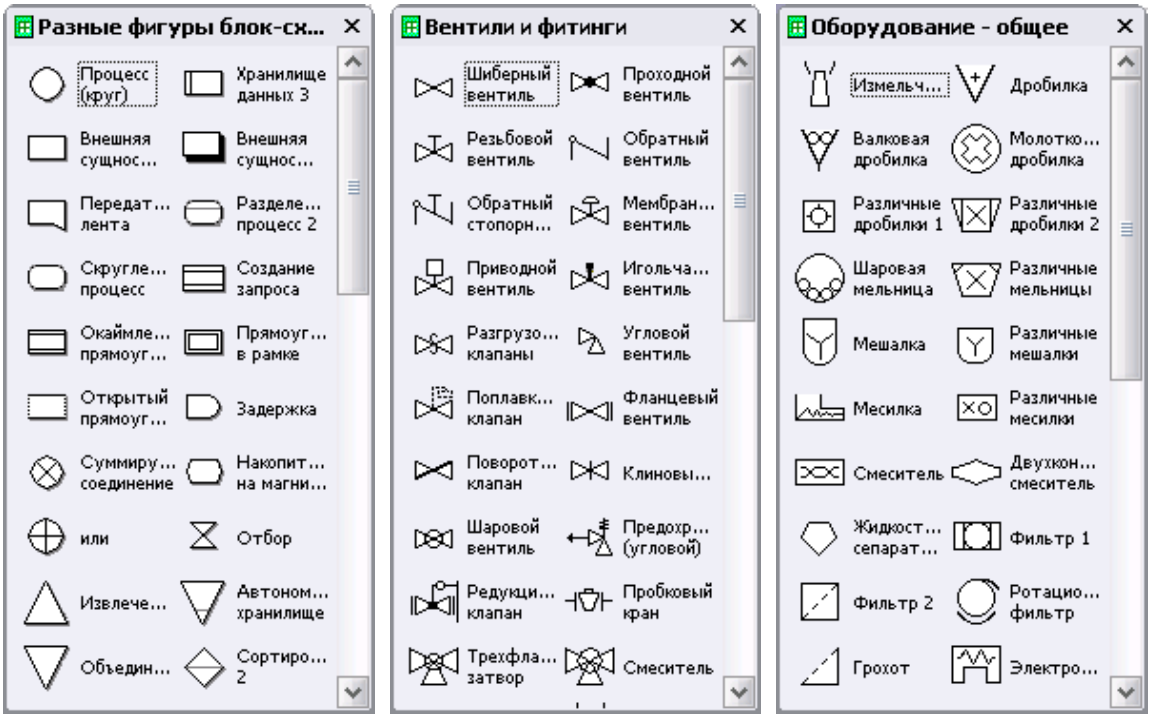


9.2. Створення зображень у MS Visio.

Створювати будь-які зображення, фігури або схеми можна наступними способами:

1) використовуючи панель *«Рисование»*

2) використовуючи шаблони зображень



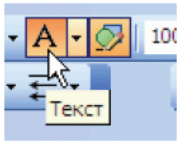
3) використовуючи вставку зображення з інших графічних програм та проводячи редагування за допомогою панелі *«Рисунок»*

Розміри фігур змінюються, за допомогою перетягання маркера виділення, орієнтуючись на лінії сітки або горизонтальну і вертикальну лінійки. Точний розмір фігури вказується в даних про фігуру на панелі *«Размер и положение»*, яке вибирається з меню *«Вид»*.

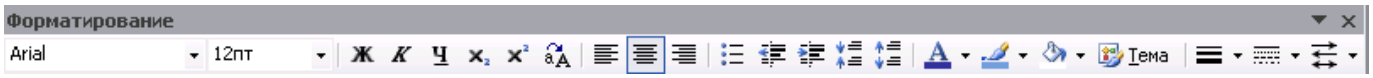
Копіювати фігуру можна, попередньо виділивши її, за допомогою відповідних кнопок на панелі інструментів або сполученням клавіш *Ctrl+C* та *Ctrl+V*.

9.3. Створення текстових елементів.

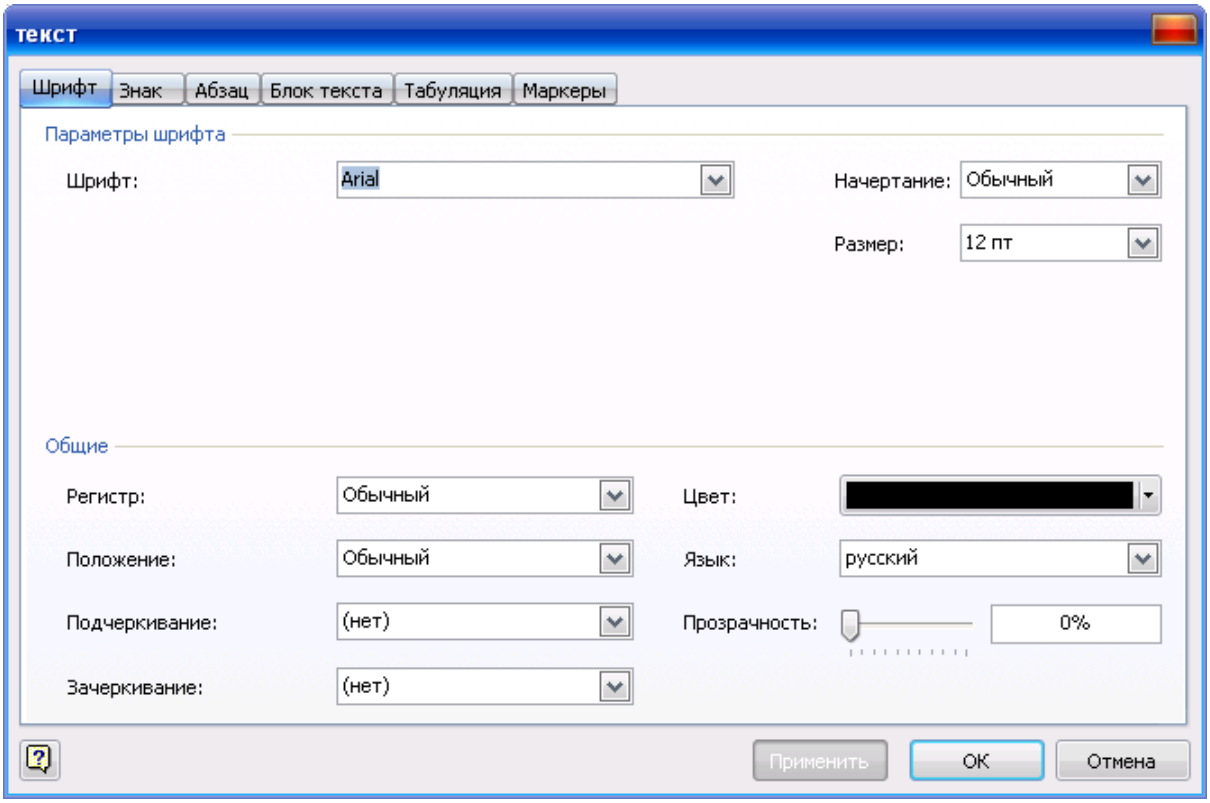
Для створення текстових елементів в MS Visio використовується інструмент «*Текст*», який знаходиться на панелі інструментів **Стандартные** і має вигляд прописної букви **А** та згрупований з інструментом *«Текстовый блок»*. За допомогою цього інструменту можна створити текстовий елемент в любому місці листа.



Основні інструменти форматування тексту, використовувані найчастіше, винесені на панель інструментів **Форматирование**. З їх допомогою можна змінити тип шрифту, його розмір, написання (напівжирне, курсив, підкреслене), горизонтальне вирівнювання і колір.



Крім інструментів, розташованих на панелі інструментів **Форматирование,** в MS Visio є вікно діалогу Текст, яке доступне в меню Формат→Текст.

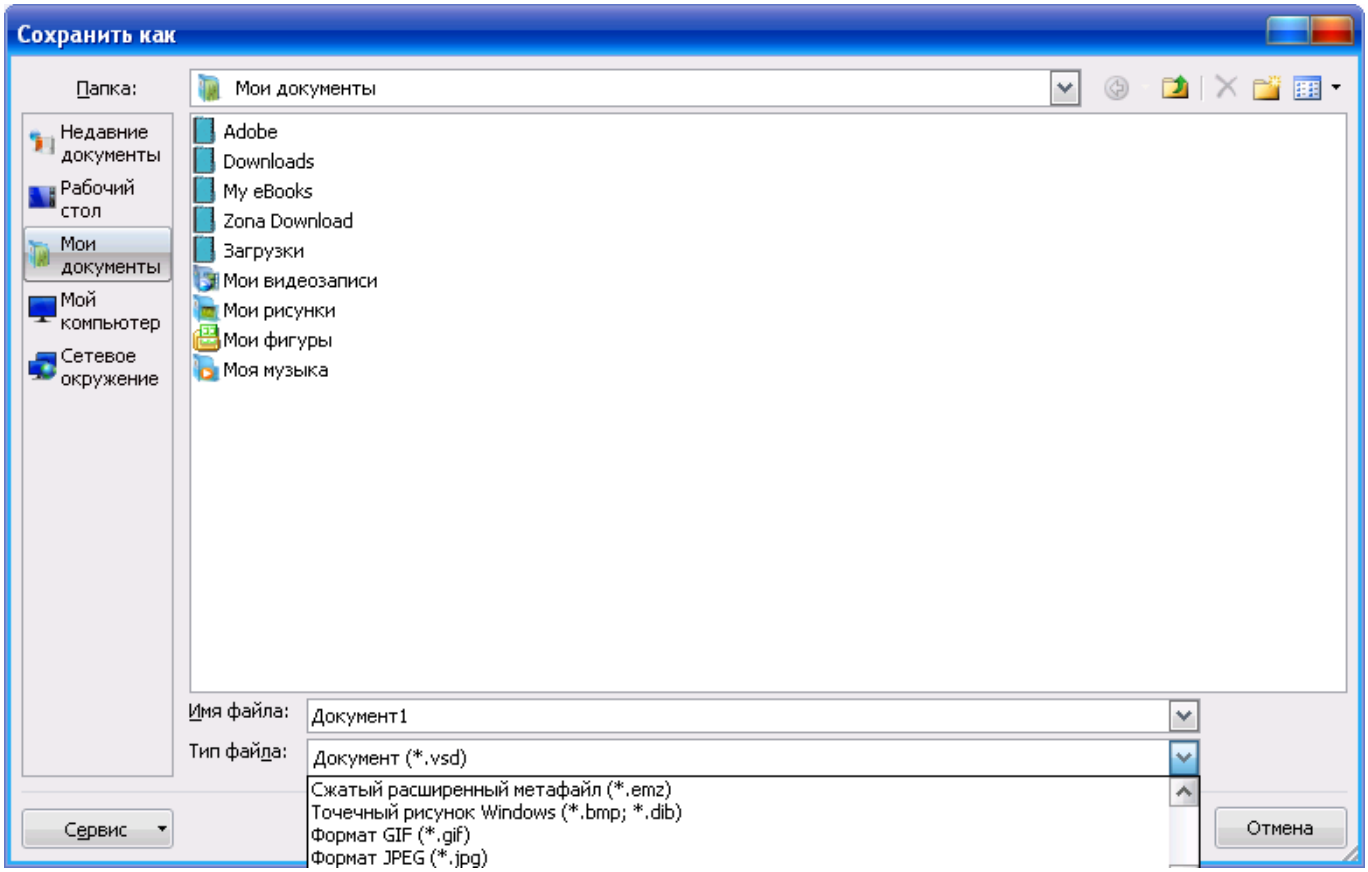


Вікно діалогу Текст має шість вкладок, в яких містяться параметри, що дозволяють змінити всі доступні в MS Visio параметри тексту.

9.4. Збереження результатів креслення.

Для того щоб зберегти схеми та креслення в програмі MS Visio необхідно натиснути на команду **Сохранить как** на панелі інструментів **Стандартная.** Після чого відкривається вікно збереження документу, де можна задати ім’я файла і його тип. В MS Visio є можливість вибору таких форматів документів:

VSD – діаграма або схема,
VSS – фігура,
VST – шаблон,
VDX – діаграма у форматі XML,
VSX – фігура XML
VTX – шаблон XML,
VSL – надбудова,
EMF – расширенный метафайл,
BMP – точечный рисунок Windows,
PDF, JPG, PNG, TIF – формати



Після збереження і завершення роботи з документом, його можна закрити.

Послідовність виконання роботи

1. Ретельно ознайомитися з матеріалом до вивчення теми.

2. В редакторі MS Visio створити рамку та основний надпис креслення на форматі аркушу А3.

3. Виконати в редакторі MS Visio завдання лабораторної роботи № 6 щодо правил нанесення розмірів.

Контрольні питання

1. Як створюється новий документ у середовищі MS Visio?

2. Яким чином змінюються настроювання друку, розмір сторінки, масштаб документу, властивості сторінок?

3. Назвіть способи створення фігур та схем у MS Visio.

4. Опишіть спосіб введення текстових елементів у MS Visio.

5. Яким чином зберігаються результати креслення MS Visio?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

Тема: Особливості виконання технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в програмі MS Visio.

Мета: опанування виконання технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в програмі MS Visio.

Завдання:

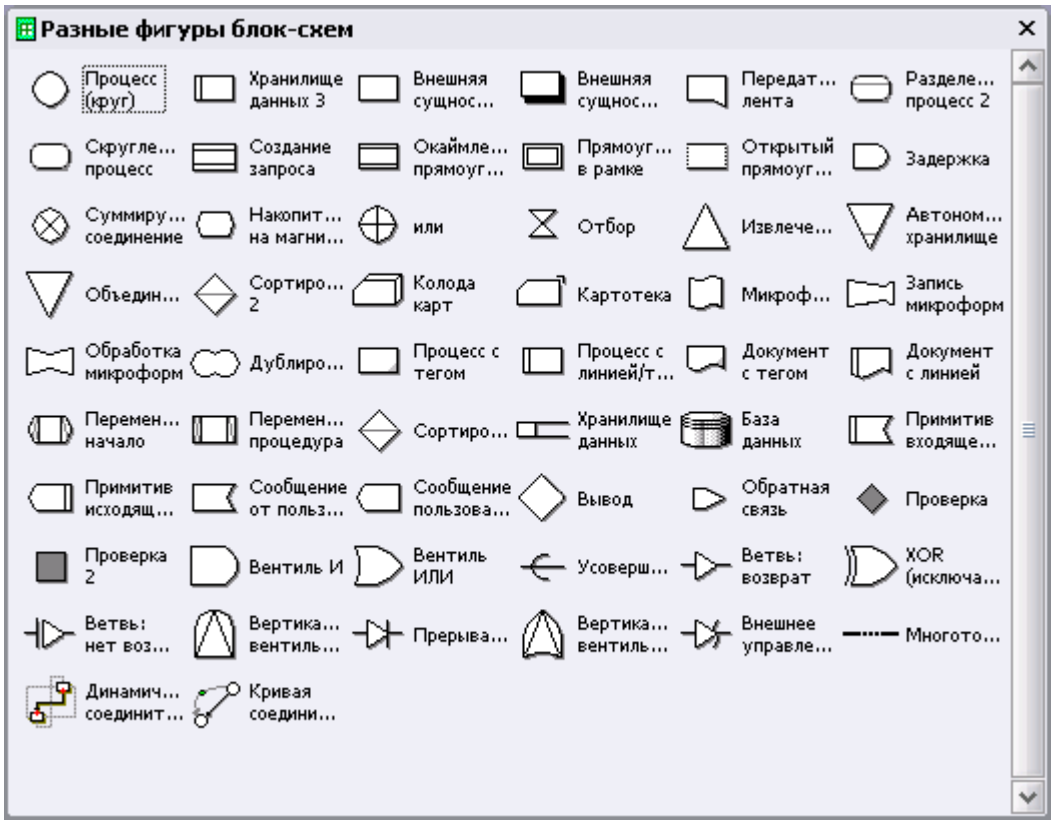
1. Ознайомитися з особливостями виконання технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в редакторі MS Visio.

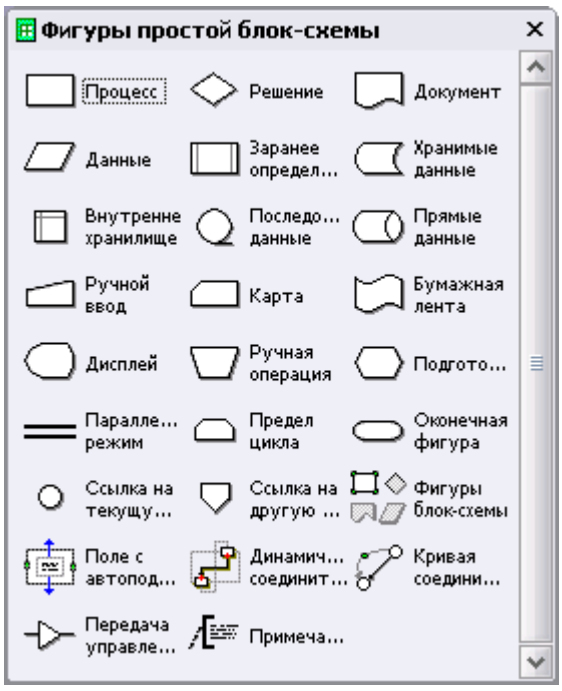
2. Виконати задану технологічну схему виробництва певної молочної або м'ясної продукції із застосуванням інструментарію середовища MS Visio.

Матеріал до вивчення теми

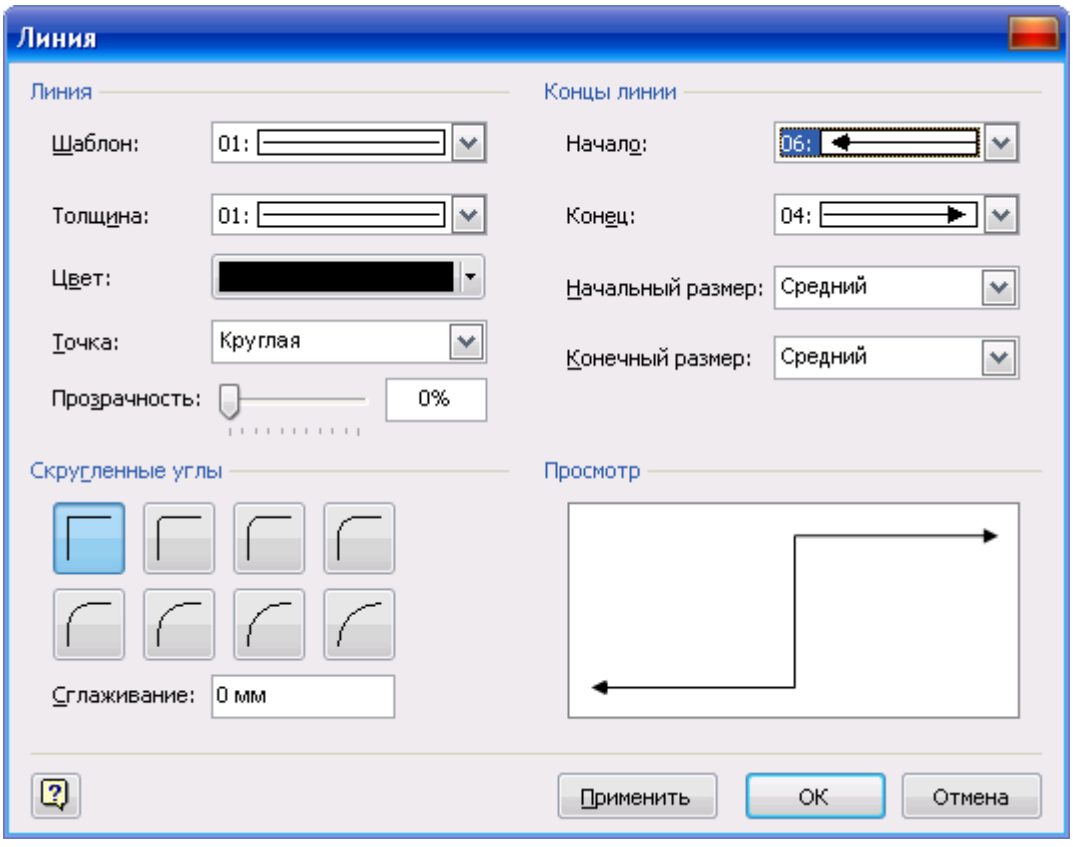
Як відомо, *технологічна схема виробництва* – це графічне представлення, у вигляді блок-схеми, послідовності стадій технологічного процесу виробництва з зазначенням режимів технологічних операцій.

В середовищі MS Visio створений каталог стандартних фігур для виконання блок-схем різного виду. Так, здійснивши наступний перехід «Файл→Фигуры→Блок схема» можна отримати відповідну бібліотеку елементів:





Блоки технологічної схеми повинні бути послідовно з’єднані між собою стрілками, які можна обрати з відповідної бібліотеки або можуть бути накреслені за допомогою інструмента «Линия». Кінці ліній можна змінювати обравши відповідний інструмент на панелі інструментів **Форматирование**.

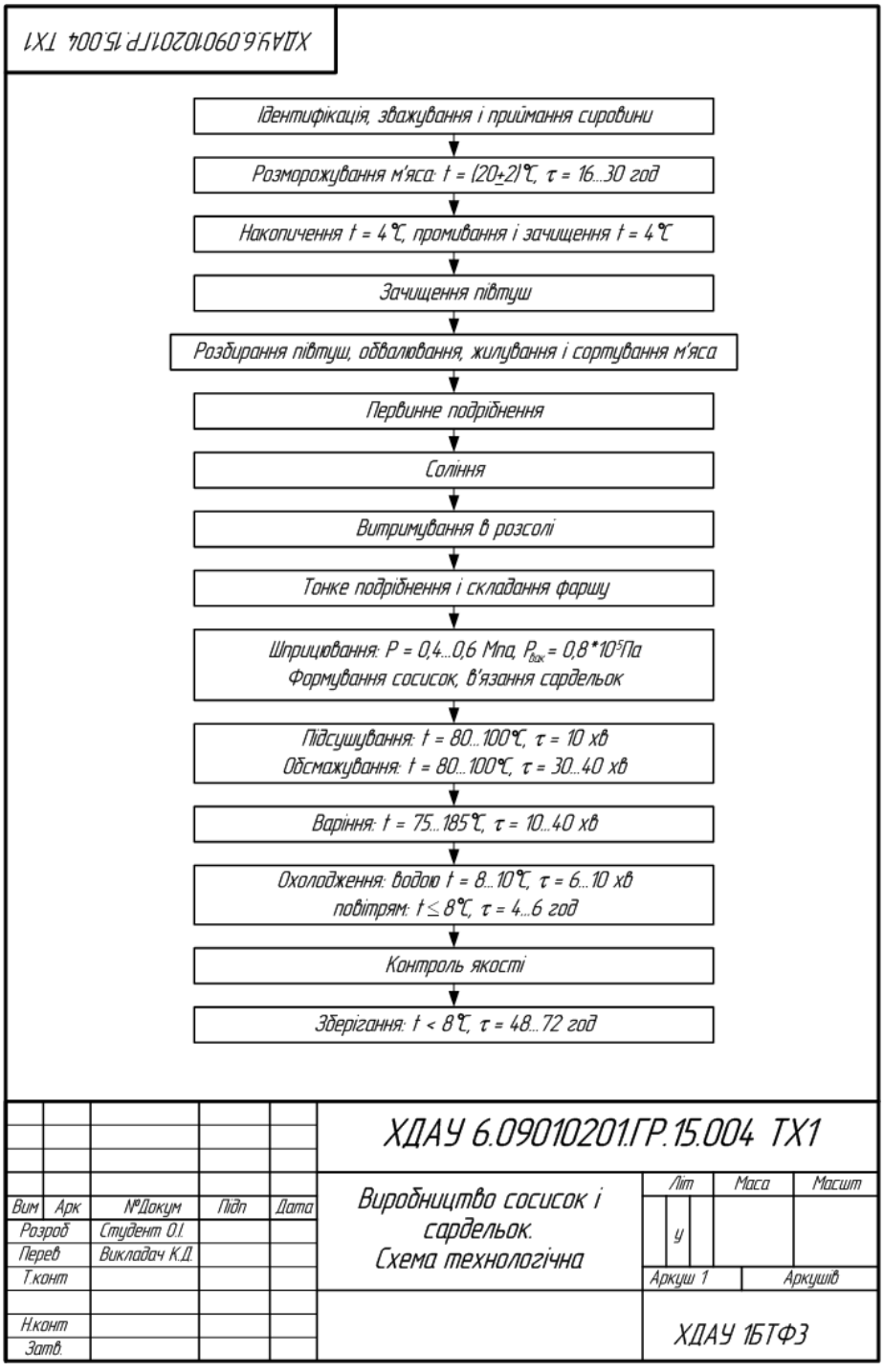


Послідовність виконання роботи

1) На аркуші формату А3 у середовищі MS Visio нанести рамку та основний напис.

2) Використовуючи шаблони елементів та відповідні інструменти програми MS Visio накреслити технологічну схему виробництва певної молочної або м'ясної продукції згідно з варіантом лабораторної роботи №7.

Приклад виконання технологічної схеми виробництва сосисок і сардельок у програмі Visio.



Контрольні питання

1. Поясніть на своєму прикладі етапи та особливості виконання технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в програмі MS Visio.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №11.

Тема: Особливості креслення апаратурно-технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в програмі MS Visio

Мета: опанування виконання апаратурно-технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в програмі MS Visio.

Завдання:

1. Ознайомитися з особливостями креслення апаратурно-технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в редакторі MS Visio.

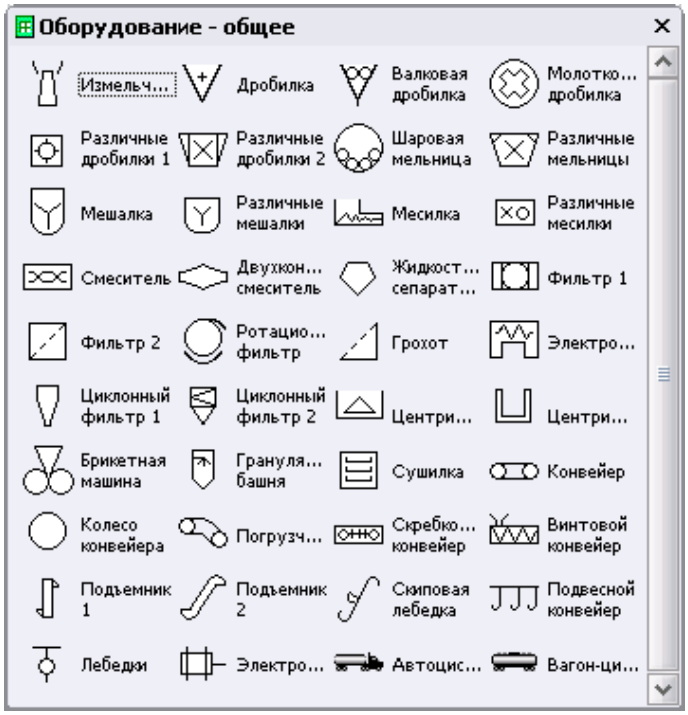
2. Виконати задану апаратурно-технологічну схему виробництва певної молочної або м'ясної продукції із застосуванням інструментарію середовища MS Visio.

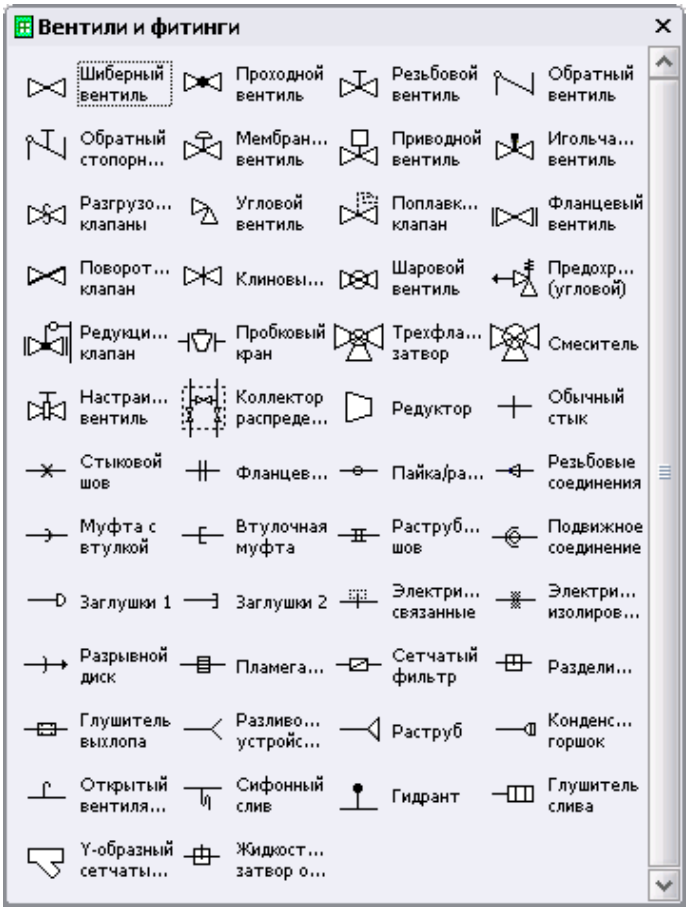
Матеріал до вивчення теми

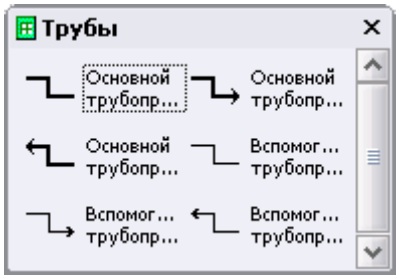
Відомо, що *апаратурно-технологічна схема* – це конструкторський документ, виконаний без масштабу, на якому показано основне обладнання (апарати, машини, насоси і т.ін.); відображено принципи, що забезпечують технологічний процес; вказано зв'язки між елементами у вигляді ліній, які умовно визначають трубопровідний зв'язок чи рух продуктів.

Середовище MS Visio є зручним та повноцінним інструментом для виконання апаратурно-технологічних схем, оскільки даний програмний продукт містить велику бібліотеку фігур для зображення технологічного обладнання, яке використовується у багатьох технологічних процесах. Якщо будь-яке зображення відсутнє, то за допомогою інструментів панелі *«Рисование»* можна накреслити потрібний елемент без великих зусиль.

Для того щоб знайти потрібне зображення технологічних апаратів та машин необхідно здійснити наступний перехід «Файл→Фигуры→Техника→Технология» можна отримати відповідну бібліотеку елементів:







Послідовність виконання роботи:

1) На аркуші формату А3 у середовищі MS Visio нанести рамку та основний напис.

2) Використовуючи шаблони елементів та відповідні інструменти програми MS Visio накреслити апаратурно-технологічну схему виробництва певної молочної або м'ясної продукції згідно з варіантом лабораторної роботи №8.

Контрольні питання

1. Поясніть на своєму прикладі етапи та особливості виконання апаратурно-технологічних схем процесів переробки продукції тваринництва в програмі MS Visio.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12.

Тема: Виконання генеральних планів підприємств з переробки продукції тваринництва в MS Visio.

Мета: опанування основних правил виконання генеральних планів підприємств з переробки продукції тваринництва в MS Visio.

Завдання:

1. ретельно ознайомитися та вивчити принципи виконання генеральних планів підприємств з переробки продукції тваринництва в MS Visio.

2. накреслити, заданий відповідно до варіанту, генеральний план підприємства з виробництва м'ясної або молочної продукції.

Матеріал до вивчення теми

12.1. Загальні положення проектування генеральних планів переробних підприємств

Генеральний план – це площа земельної ділянки зі всіма основними, допоміжними, постійними, тимчасовими проектованими чи реконструйованими будівлями, інженерними мережами і комунікаціями, дорогами, проїздами, площадками і озелененням. Інакше кажучи, генеральний план промислового підприємства – це проектоване взаємне розміщення всіх його будівель, споруд, рельсових і без рельсових доріг, підземних і надземних комунікацій і мереж, організованих в єдине ціле для ефективного функціонування підприємства, що проектується.

У проекті генерального плану вирішують наступні задачі:

– встановлюють виробничо-технологічну взаємозалежність цехів і споруд для найкращої організації процесу і раціонального розподілу території між функціональними групами;

– розробляють проблеми забезпечення зручних, безпечних і здорових умов для працюючих, захисту довкілля;

– визначають архітектурно-планувальну і об'ємно-просторову структури забудови;

– складають конструктивно-будівельну характеристику проектованого підприємства, будівель і споруд;

– встановлюють доцільність застосування того чи іншого виду транспорту, а також необхідність і направленість інженерних комунікацій (енергозабезпечення, пара, вода та ін.);

– формують основні організації проведення будівельних робіт;

– визначають техніко-економічну ефективність загального проектного рішення.

При проектуванні генерального плану варто враховувати протипожежні, виробничі (технологічна потоковість) і санітарно-гігієнічні вимоги. Їхнє раціональне сполучення дозволяє вибрати найбільш економічне й ефективне рішення.

Будівлі на генеральному плані повинні розміщуватись з орієнтацією за сторонами світу і відносно рози вітрів з тим, щоб вітер не заносив шкідливих речовин на виробництво, і навпаки.

Роза вітрів показує ступінь середньої повторюваності вітру в певному напрямку за період часу, який розглядається. Метод побудови рози вітрів наступний:

– на найближчій до заводу метеорологічній станції беруть дані про переважаючі вітри за можливо більший проміжок часу (10-15-50 років і більше) і на основі цих даних складають таблицю за такою формою;

– число днів кожної колонки додають і знаходять загальну за період, що розглядається, кількість днів, в які дув вітер даного напрямку;

– потім підсумок днів кожної колонки виражають в процентах від всього числа вітряних днів. За отриманими даними в масштабі будують розу вітрів за відповідними румбами від центру. Більшому значенню вектора на розі вітрів відповідає переважаючий напрямок вітру (рис. 12.1). Розу вітрів розташовують на генеральному плані в лівому верхньому куті листа.

Таблиця 12.1. Напрямок переважаючих вітрів

Рік	Число днів, на протязі яких переважали вітри румбів							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Всього, %	5	7	6	18	28	22	8	6

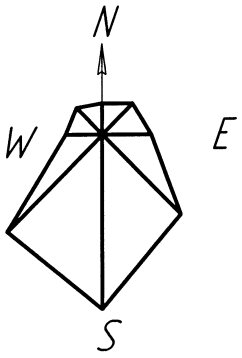


Рис. 12.1. Роза вітрів генерального плану

Молочний завод – це підприємство особливо санітарно-гігієнічного режиму і охорони, через це вся його територія огороджується спеціальними збірними залізобетонними деталями. Допускається блокування підприємств молочної промисловості з наступними підприємствами харчової промисловості: кондитерськими і макаронними фабриками, хліб заводами, заводами безалкогольних напоїв; з іншими підприємствами – за розою вітрів, що відповідає періоду максимального надходження молока.

Головний виробничий корпус на генеральному плані розміщують так, щоб на північ виходили холодильні камери і резервуари для зберігання молока, сироватки, знежиреного молока. Споруди пожежонебезпечні (котельні, склади для тари і клепки та ін.) та ті, що виділяють пил, кіптяву і інші шкідливі речовини, необхідно розміщувати по відношенню до інших споруд з

повітряного боку. Забороняється будівництво підприємств на території бувших кладовищ, скотомогильників і т.п.

При рішенні генерального плану м'ясокомбінату у відношенні взаємозв'язку основних виробничих будинків між собою, з допоміжними і підсобними будинками враховують загальні санітарні норми проектування, а також специфічної санітарно-гігієнічної умови виробництва, що полягають у наступному:

необхідно відокремлювати приміщення, призначені для виробництва харчової і лікувальної продукції, від приміщень з технічною продукцією;

цехи з виробництва конфіскатів і відходів виробництва, шкір, волоса необхідно розташовувати ізольовано від харчових цехів, але в той же час вони повинні мати з цими цехами зручний зв'язок.

12.2. Правила виконання робочої документації генеральних планів

Усі принципи проектування генеральних планів промислових підприємств детально викладено у державних будівельних нормах і правилах СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий» та ДБН Б.2.4-3-95 «Генеральні плани сільськогосподарських підприємств», а також у відповідних літературних джерелах з проектування підприємств м’ясної та молочної промисловості.

Правила виконання схем генеральних планів містяться у ДСТУ Б А.2.4-6:2009 «Правила виконання робочої документації генеральних планів» та ДСТУ Б А.2.4-2:2009 «Умовні познаки і графічні зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту».

Згідно даних нормативних документів план робочих креслень розташовують довгою стороною умовної межі території вздовж довгої сторони аркуша, при цьому північна частина території повинна знаходитися зверху. Допускається відхилення орієнтації на північ у межах 90° вліво чи вправо.

Зображення на кресленнях генерального плану виконують лініями згідно з ГОСТ 2.303:

- суцільними товстими основними - контури проектованих будівель і споруд (крім будівель та споруд на плані земляних мас), "червону" лінію, проектні горизонталі з відмітками, кратними 0,50 м та 1,00 м;

- штриховою тонкою - лінії "нульових" робіт та перелому проектного рельєфу;

- суцільною тонкою - проектовані будівлі, споруди на плані земляних мас та всі інші елементи генерального плану.

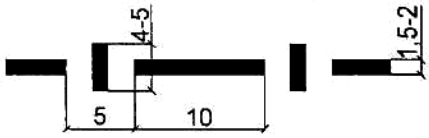
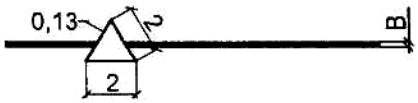
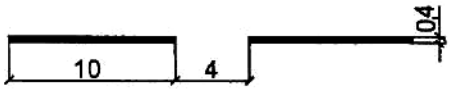
Плани робочих креслень виконують у масштабі 1:200,1:500 або 1:1000, фрагменти планів - у масштабі 1:200, вузли - у масштабі 1:20. Допускається плани виконувати у масштабі 1:2000, вузли -у масштабі 1:10. Масштаб зображення вказують в основному написі після найменування зображення.

Розміри, координати та висотні відмітки вказують у метрах з точністю до двох знаків після коми. Величину кутів вказують у градусах з точністю до однієї мінути, а за необхідності – до однієї секунди.

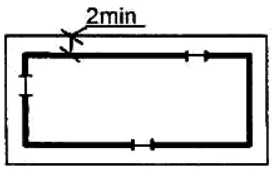
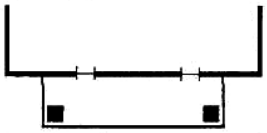
Основні умовні графічні позначення та зображення елементів генерального плану та споруд транспорту приймають згідно з ДСТУ Б А.2.4-2. Зображення наземних і надземних будинків, споруд, інженерних мереж і транспортних будов, що проектуються, виконують суцільною товстою основною лінією, підземних – штриховою товстою лінією, а існуючих - тонкою лінією згідно з ГОСТ 2.303. Межу зміни покриття наносять пунктирною лінією, з обох боків якої вказують скорочену назву матеріалу покриття. Застосовані умовні познаки і графічні зображення, які не увійшли в цей стандарт, необхідно пояснювати на кресленнях.

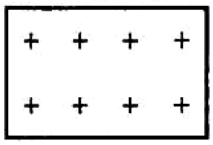
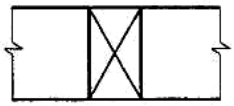
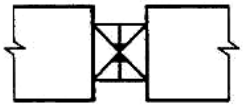
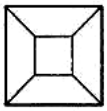
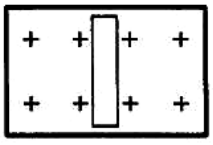
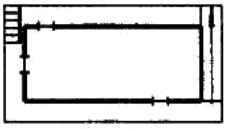
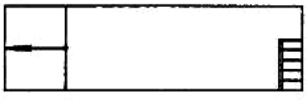
Умовні познаки і графічні зображення виконують у масштабі креслення з урахуванням рекомендованих розмірів, що наведені в таблицях у міліметрах.

Таблиця 12.1. Умовні графічні зображення меж територій

Найменування	Зображення
1 Межа землекористування (землеволодіння)	
2 Межа відведення земель для залізниці і автомобільних доріг (смуга відводу). Проектна – червоним кольором, існуюча – чорним кольором.	
Примітка. Товщину лінії зображують на планах масштабів 1:500 B=1,0 мм , 1:1000 B=0,7 мм, 1:2000 B=0,5 мм, 1:5000 B=0,3 мм	
3 Умовна межа території підприємства, споруди, житлово-цивільного об'єкта, що проектується	
4 "Червона" лінія	
5 Межа регулювання забудови	
6 Межа зони санітарної охорони	

Таблиця 12.2. Основні умовні графічні зображення будинків і споруд, що проектуються

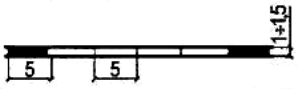
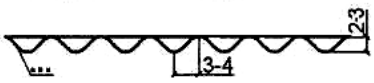
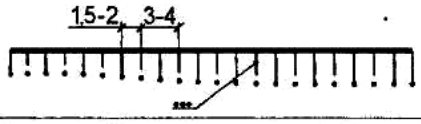
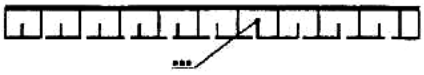
Найменування	Зображення
1 Будинок (споруда): а) наземний	
б) підземний	
в) нависла частина будинку	

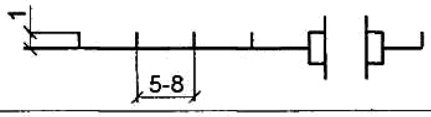
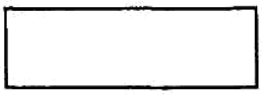
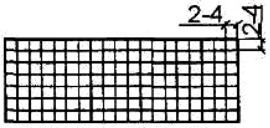
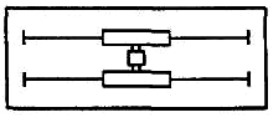
Найменування	Зображення
2 Навіс	
3 Проїзд, прохід на рівні першого поверху будинку (споруди)	
4 Перехід (галерея)	
5 Вишка, щогла	
6 Естакада кранова	
7 Висока платформа (рампа) біля будинку (споруди)	
8 Платформа (з пандусом і сходами)	

Примітка 1. Ґанки і входи в будівлю зображають аналогічно 7 та 8.

Примітка 2. Ґанки сходами наверх зображають не менше ніж трьома суцільними лініями, щоб даний знак відрізнявся від знака "приямок".

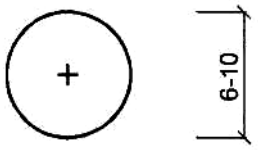
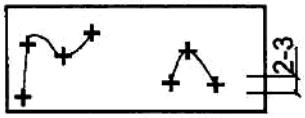
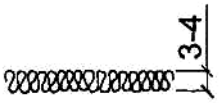
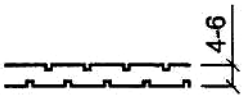
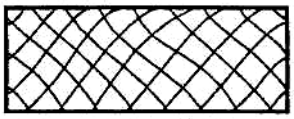
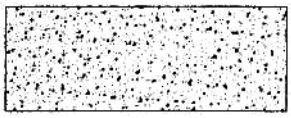
Примітка 3. Ґанки сходами вниз і відкриті входи в підземні частини будівель потрібно зображувати з розривом посередині лінії умовного знака.

9 Стінка підпірна	
10 Контрбанкет, контрфорс	
11 Берегоукріплення, яроукріплення	
Примітка. Замість крапок проставляють назву матеріалу укріплення.	
12 Укіс: а) насип	
в) виїмка	
Примітка 1. Штриховку укосу при значній довжині показують ділянками. **Примітка 2.** Замість крапок проставляють назву матеріалу укріплення і крутість укосу. **Примітка 3.** Зображення каналів та кюветів у каналі або виїмці виконують сумісно з 2 таблиці 6.	

Найменування	Зображення
13 Огорожа території з воротами	
14 Майданчик, стежка, тротуар: а) без покриття	
б) з булижним покриттям	
в) з плитковим покриттям	
г) з устаткуванням	
Примітка 1. У випадку використання інших матеріалів покриттів використовують графічне зображення 14а, доповнюючи його повною або скороченою назвою матеріалу, яке вказують на полиці лінії-виноски. **Примітка 2.** В умовному зображенні 14г для прикладу показано однобалковий мостовий кран на майданчику без покриття.	

На планах наводять експлікацію будівель та споруд згідно з формою, представленою на рисунку 12.2. Допускається для найпростіших генпланів (з кількістю будівель до п'яти) експлікацію або відомість будівель та споруд наводити на аркуші загальних даних по робочих кресленнях. У таких випадках експлікацію наводити на планах не обов'язково.

Таблиця 12.3. Умовні графічні зображення елементів озеленення

Найменування	Зображення
1 Дерево	
2 Чагарник: а) звичайний;	
б) такий, що в'ється (ліани);	
в) живопліт (стрижений)	
3 Квітник	
4 Газон	

У колонках експлікації будівель і споруд вказують:

- у колонці "Номер на плані" - номер будівлі, споруди;

- у колонці "Найменування" - найменування будівлі, споруди;

- у колонці "Координати квадрата сітки" - координати нижнього лівого квадрата будівельної геодезичної сітки, у межах якого на зображенні будівлі та споруди нанесений його номер (за необхідності).

Приклад оформлення експлікації будівель та споруд наведений на рисунку 12.3.

Рис. 12.2. Форма для виконання експлікації будівель і споруд

Номер на плані	Найменування	Повер-ховість	Площа забудови, м²	Координати квадрату сітки
1	Допоміжний корпус	2	200	5А; 1Б
2	Виробничий корпус	1	700	2А; 3Б
3	Резервуар для води	1	50	16А; 7Б
4	Їдальня	1	150	12А; 4Б

Рис. 12.3. Приклад оформлення експлікації будівель та споруд

Послідовність виконання роботи

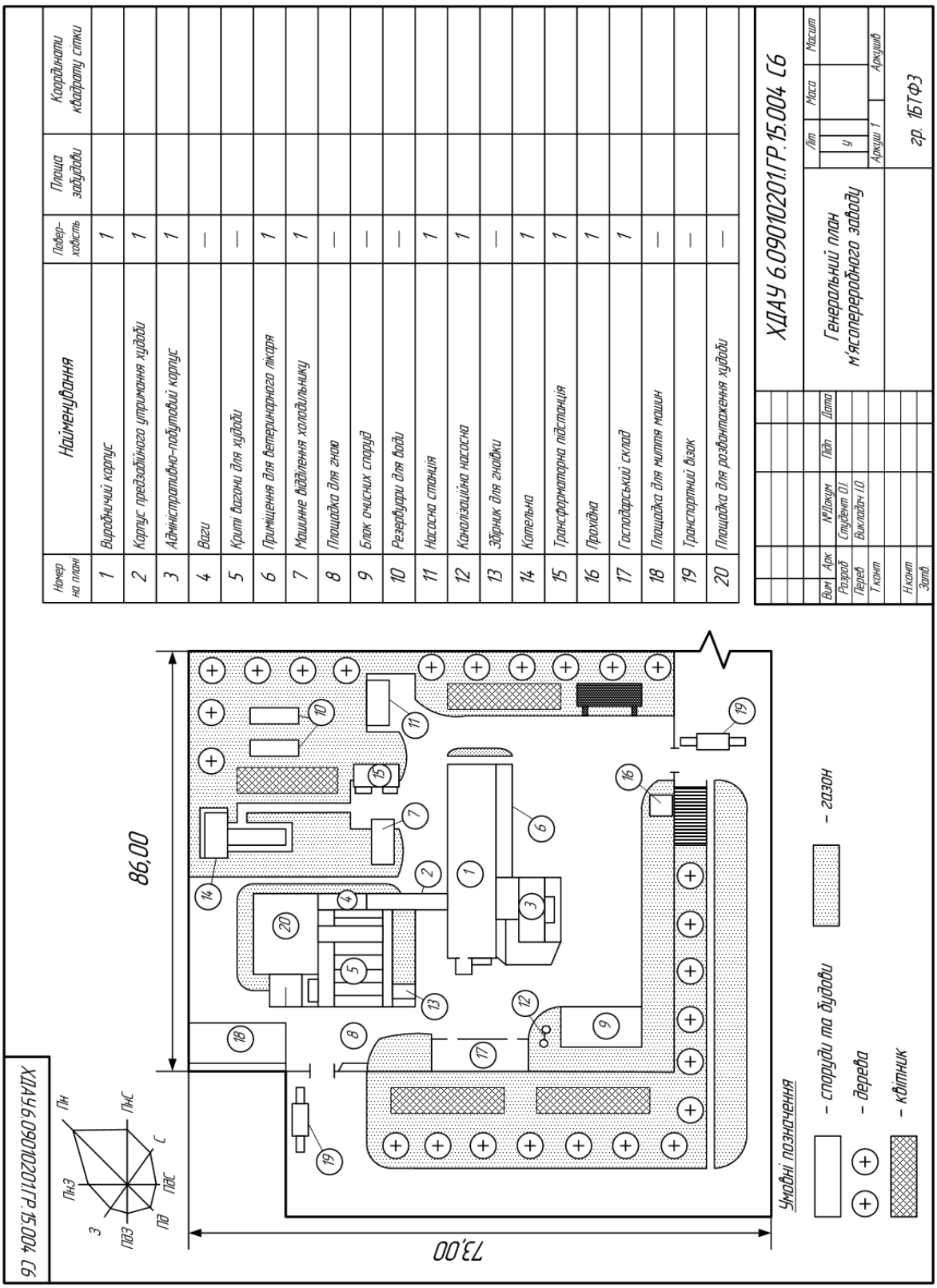
1. Уважно ознайомитися та вивчити правила виконання генеральних планів підприємств.

2. Накреслити у програмі Visio, заданий відповідно до варіанту, генеральний план підприємства з виробництва м'ясної або молочної продукції. На кресленні обов'язково нанести експлікацію будівель і споруд.

Стосовно виконання генеральних планів у середовищі MS Visio, даний програмний продукт має розширену бібліотеку символів та фігур для зображення генеральних планів, яку можна знайти за наступними переходами:

- Файл → Фигуры → Карты и планы этажей → План здания → Стены, двери и окна
- Файл → Фигуры → Карты и планы этажей → План здания → Структурные элементы
- Файл → Фигуры → Карты и планы этажей → План здания → Фигуры плана участка
- Файл → Фигуры → Карты и планы этажей → План здания → Стоянки и дороги
- Файл → Фигуры → Карты и планы этажей → План здания → Растения
- Файл → Фигуры → Карты и планы этажей → План здания → План отопления, вентиляции и кондиционирования, канализация
- Файл → Фигуры → Карты и планы этажей → План здания → Орошение

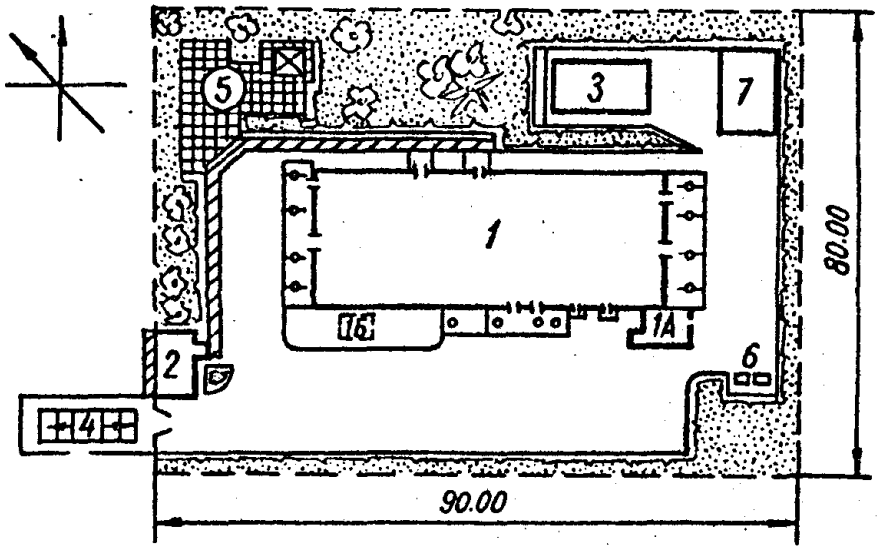
Приклад виконання генерального плану наведений нижче.



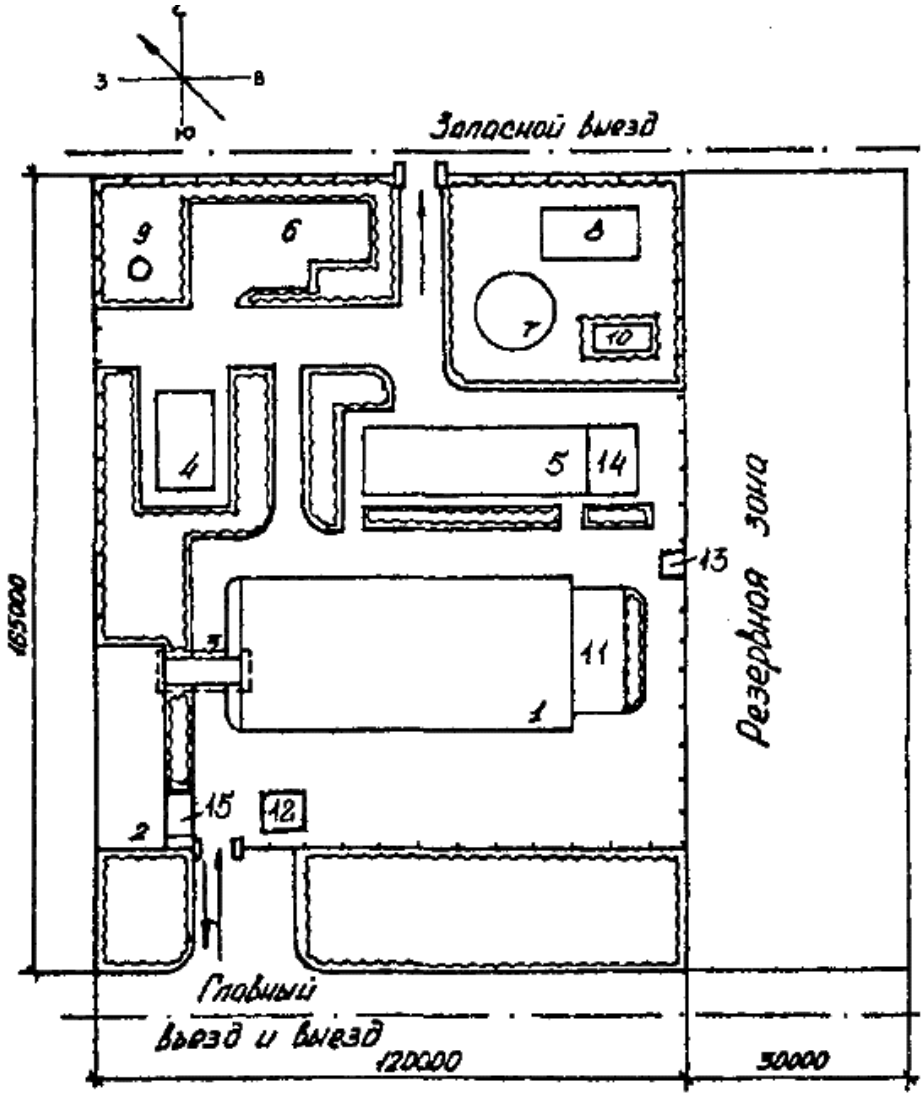
Варіанти завдань до виконання генеральних планів.

1. Генеральний план м'ясопереробного підприємства продуктивністю 2 т м'яса і 1 т ковбасних виробів і копчених виробів у зміну: 1 – цех забою (потужність 2 т у зміну) з ковбасним цехом (потужність 1 т у зміну); 1А – насосна; 1Б – приймань для канигозбірника (канига - уміст шлунка жуйних тварин; напіврідка зеленувата маса, що складається з часток неперетравленого

корму); 2 – прохідна; 3 – очисні спорудження; 4 - дезінфекційний бар'єр; 5 – площадка для відпочинку; 6 – площадка для сміттєзбиральника; 7 - площадка для збереження обпилювань.



2. Схема генерального плану міського молочного заводу потужністю 100 т переробки молока в зміну:



1 – виробничий корпус; 2 – адміністративно-побутовий корпус; 3 – галерея; 4 – котельня (12х20м); 5 – допоміжний корпус; 6 – відкрита складська площадка; 7 – резервуар для повторного використання води (d = 14 м); 8 – блок складів (9х18м); 9 – резервуар для сироватки (d = 6м); 10 – градирня (6х12м); 11 – прийомне відділення (12х24м); 12 – пункт мийки і дезінфекції автомашин (12х18м); 13 – трансформаторна (4х4м); 14 – навіс для тари (12х 12м); 15 – контрольно-пропускний пункт (6х9м)

Контрольні питання

1. Що таке генеральний план?
2. Назвіть основні задачі, що вирішують при проектуванні генеральних планів.
3. Що таке роза вітрів? Як вона будується?
4. Назвіть основні правила виконання генерального плану на своєму прикладі.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Барало О. В., Самойленко П. Г., Гралап С. Є. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування : навч. посіб. К.: Аграр. освіта, 2015. 557, с

2. Бендера І. М., Дуганець В.І та ін. Проектування технологічних процесів в переробній галузі: навчальний посібник для виконання дипломних проектів з механізації переробки та зберігання сільськогосподарської продукції / методичні рекомендації. Кам'янець- Подільський, 2010. 460 с.

3. Іноземцев Г. Б. Математичне моделювання та оптимізація систем електроспоживання у сільському господарстві : навч. посібник. К. : Видавничий центр НУБіП України, 2012. 140 с.

4. Скляр О.Г. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.

5. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

6. Роговий В.Д. Посібник по курсовому та дипломному проектуванню з механізації виробництва продукції тваринництва. Мелітополь, 2017. 260 с.

7. ДСТУ Б А.2.4-2:2009. Умовні познаки і графічні зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту.

8. ДСТУ Б А.2.4-6:2009. Правила виконання робочої документації генеральних планів.

9. Скляр О.Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. Посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2014. 720 с.

10. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва : підр. для студ. вищ. навч. закл. К.: Кондор, 2009. 731 с.

11. Тарасенко Р.О. Інформаційні технології: навч. посіб. / Тарасенко Р.О., Гаріна С.М., Робоча Т.П. К.: Алефа, 2008. 312 с.

12. ДСТУ 3321_2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2005. 51 с.

13. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1994. 93 с.

14. Стенін О. А., Лапковський С. В., Солдатова М. О. Використання сучасній промисловості CALS-технологій в Адаптивні системи автоматичного управління :міжвідомчий науково-технічний збірник. 2011. С. 114–123.

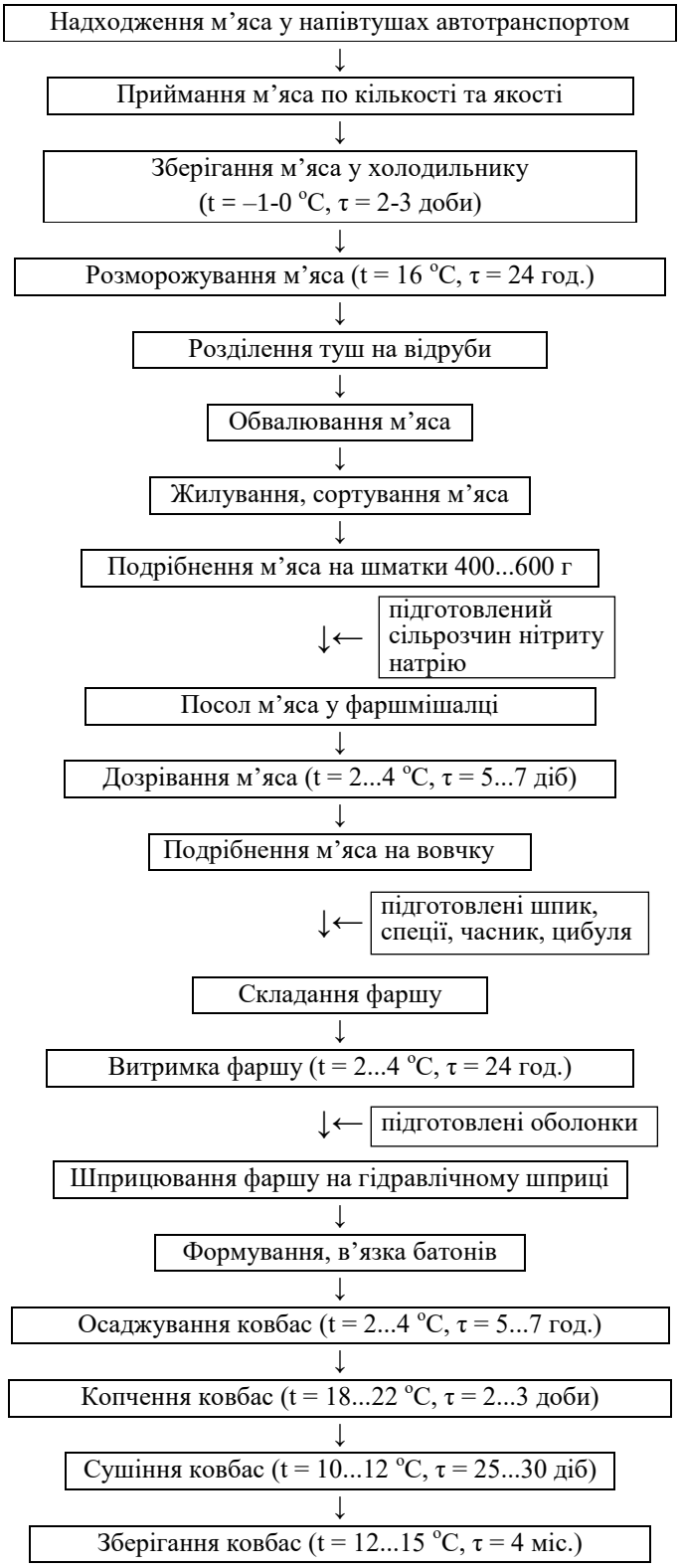
15. Історія бренду AutoCAD. САПР-журнал. URL: http://sapr-journal.ru/wiki/istoriya-brenda-autocad/ (дата звернення 11.01.2024).

16. David E. Weisberg The Engineering Design Revolution. URL: http://cadhistory.net/ (дата звернення 11.01.2024).

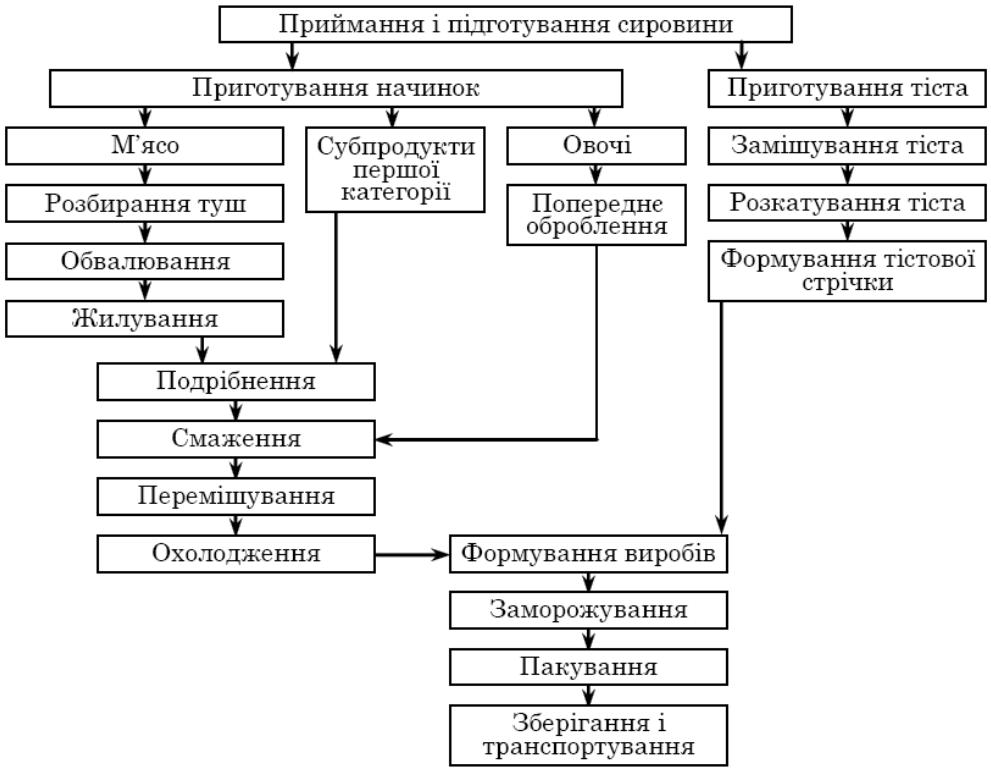
ДОДАТОК А. Приклади технологічних схем виробництв.

Технологічна схема виробництва варених ковбас

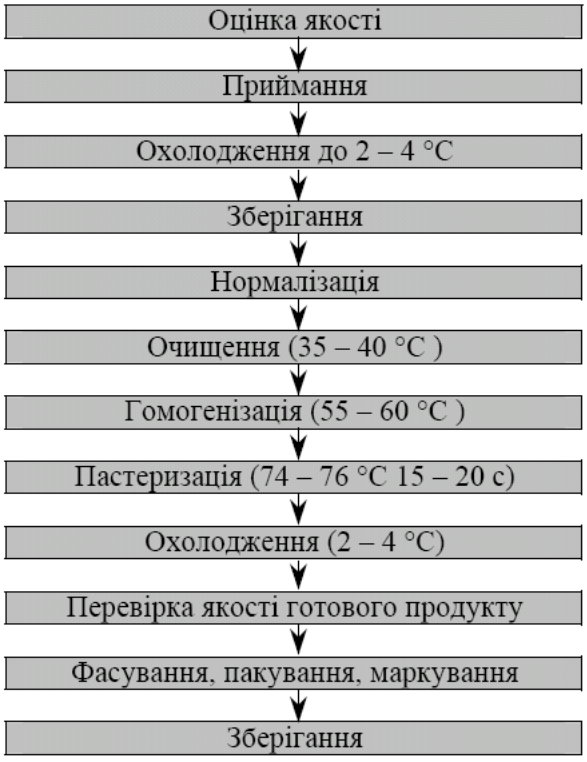
Технологічна схема виробництва сирокопчених ковбас



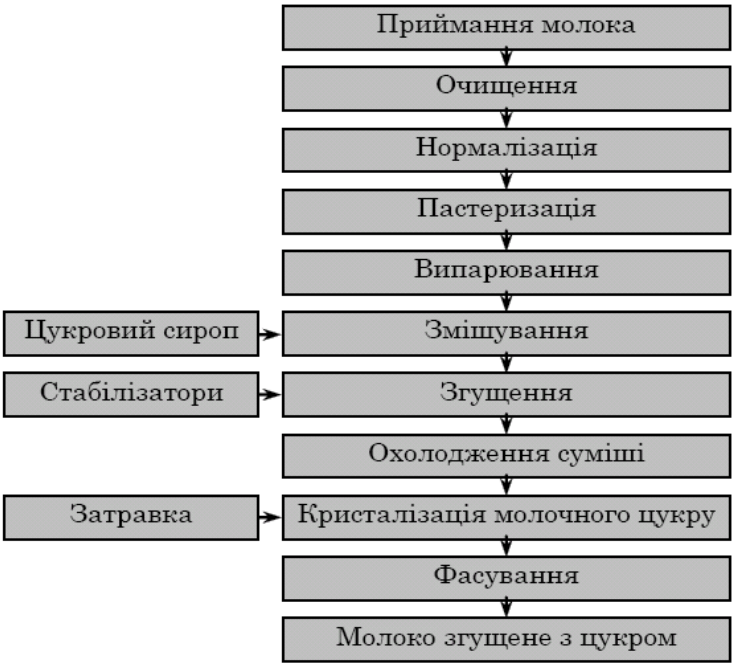
Технологічна схема виробництва швидкозаморожених виробів із тіста



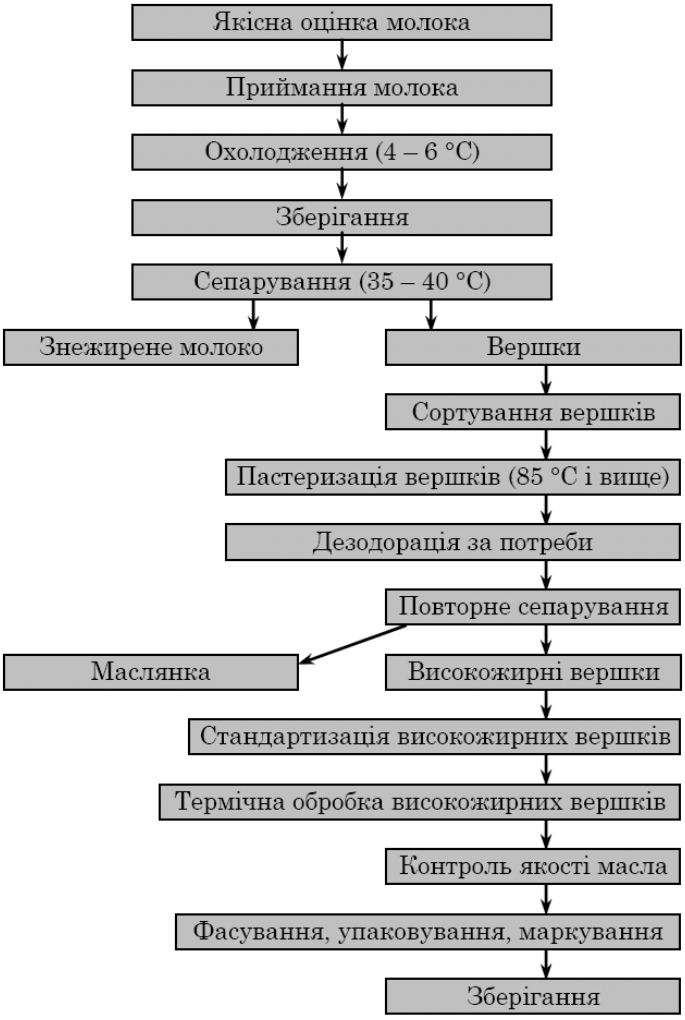
Технологічна схема виробництва питного молока



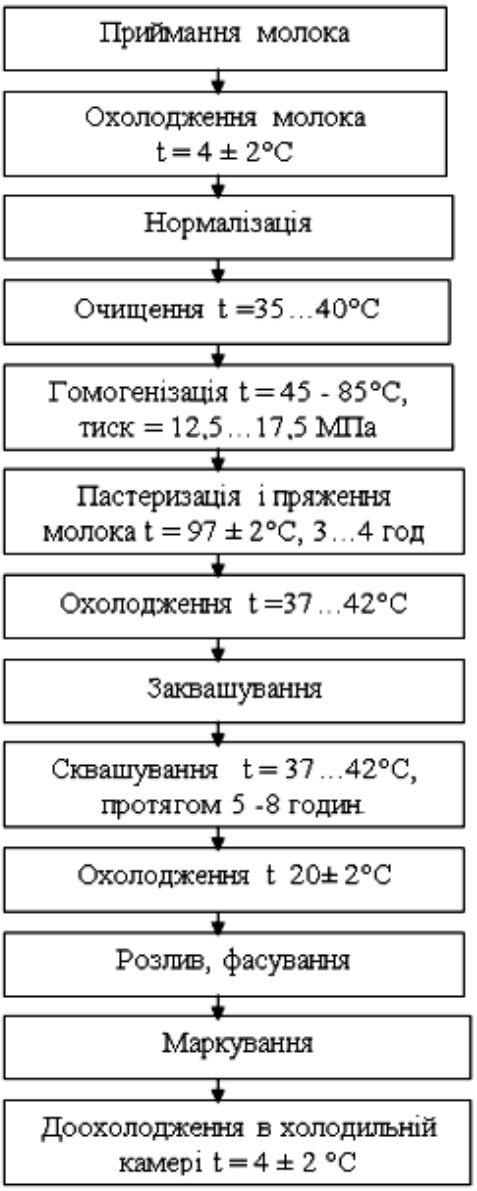
Технологічна схема виробництва згущеного молока з цукром



Технологічна схема виробництва масла способом перетворення вершків на масло



Технологічна схема виробництва ряжанки



Херсонський державний аграрно-економічний університет,
73006, м. Херсон, вул. Стрітенська (Рози Люксембург), 23

Тираж __

Херсон-2024