

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь)

на тему: **Розробка автоматизованої системи управління та контролю технологічного процесу лиття полімерів під тиском**

Виконав: студент (ка) IV курсу, групи КАс-41
спеціальності 151

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Козар В.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

ст.викл. Козбур І.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

доц. Курко А.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

ст.викл. Козбур І.Р.

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2021

АНОТАЦІЯ

В дипломній роботі розроблено систему автоматизованого керування мікропроцесорного типу призначену для автоматизації технологічного процесу лиття полімерів під тиском на термопластавтоматах.

Термопластавтомат з електронним керуванням виконує наступні функції:

Дає цифрові показники параметрів лиття під тиском, які висвічуються на екрані монітора, можливість проведення змін деяких параметрів протягом дії одного циклу лиття під тиском відповідно до встановленої програмою, параметри лиття під тиском можуть бути встановлені з дискети, диска або з пам'яті, а також можуть бути завантажені в пам'ять при первинному встановленні і збережені в базі даних.

Термопластавтомати з електронним керуванням і регулюванням. Завдяки вмонтованому комп'ютерові, що аналізує дані з датчиків, які контролюють процес зміни тисків і температур, дозволяє самостійно пристосувати і відрегулювати параметри лиття під тиском відповідно до виникаючих перебоїв у роботі. Втручання обслуговуючого персоналу можливо тільки у випадку настання перебоїв у роботі і сигналу тривоги.

Термопластавтомат, пристосований для гнучкої системи виробництва. Це ділянка виробництва, що сама себе обслуговує. Заміна і встановлення форм, двигунів, сировини, а також встановлення параметрів процесу відбуваються без зовнішнього втручання.

SUMMARY

In this qualification work the system of the automated control of microprocessor type intended for automation of technological process of molding of polymers under pressure on thermoplastic automatic machines is developed.

Electroplastic thermoplastic machine performs the following functions:

Provides digital indicators of injection molding parameters, which are displayed on the monitor screen, the ability to change some parameters during one cycle of injection molding according to the program set, injection molding parameters can be set from a floppy disk, disk or memory, as well as can be loaded into memory during initial installation and stored in a database.

Automatic molding machines with electronic control and regulation. Thanks to the built-in computer that analyzes data from sensors that monitor the process of changes in pressure and temperature, allows you to independently adjust and adjust the parameters of injection molding in accordance with the interruptions. Intervention of service personnel is possible only in case of interruptions in work and an alarm signal.

The thermoplastic automatic machine adapted for elastic system of production. This is a self-serving area of production. Replacement and installation of molds, engines, raw materials, as well as the establishment of process parameters occur without external intervention.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
SUMMARY	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1 Введення в технологію лиття під тиском	8
1.2 Лиття під тиском термопластів	11
1.3 Основні стадії процесу лиття під тиском	11
1.3.1 Завантаження сировини.....	12
1.3.2 Заповнення конструкційної форми розплавом (упорскування).....	14
1.3.3 Витримка під тиском	22
1.4 Розрахунок процесу лиття термопластів під тиском	25
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	29
2.1 Загальна інформація про термопластавтомати	29
2.2 Підготовчі дії	34
2.2.1 Перевірка термопластавтомата.....	34
2.2.2 Перевірка форми	35
2.2.3 Контроль допоміжного устаткування	36
2.3 Встановлення форми.....	36
2.3.1 Транспортування і кріплення форми	36
2.3.2 Підключення форми.....	38
2.3.3 Перевірка встановлення форми	39
2.4 Встановлення роботи термопластавтомата	40
2.4.1 Настроювання рухів.....	40
2.4.2 Закривання і відкривання форми.....	40
2.4.3 Виштовхування відлитих виробів	43
2.5 Встановлення параметрів системи пластифікації і лиття матеріалу	47
2.5.1 Температура матеріалу	47

2.5.2 Температура лиття $T_{впр}$ (°C).....	47
2.5.3 Температура зони завантаження T_z	49
2.5.4 Температури форми T_f (°C).....	50
2.6 Дозування (пластифікація). Шлях дозування S_f (мм).....	51
2.7 Параметри настроювання термопластавтомата.....	54
2.8 Розробка системи керування технологічним процесом лиття.....	56
2.8.1 Структурна організація мікроконтролера i8051.	57
2.9 Функціональна схема – визначення призначення та складу функціональних вузлів.	65
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	69
3.1 Загальні відомості про систему команд.....	69
3.2 Група операторів пересилки даних.....	70
3.3 Група команд арифметичних операцій.....	73
3.4 Група команд логічних операцій.....	75
3.5 Група команд операцій з бітами.....	75
3.6 Група команд передачі керування.....	75
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	78
4.1 Правила безпеки при експлуатації системи керування та автоматичного контролю термопластавтомату.....	78
4.2 Розробка заходів які зменшують небезпеку виникнення вибухів і пожеж на дільниці в цеху.....	79
4.3 Розрахунок природного освітлення для дільниці цеху.....	81
ВИСНОВОК.....	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	86
ДОДАТКИ.....	88

ВСТУП

Пластмаси – матеріали на основі органічних природних, синтетичних або органічних полімерів, з яких можна після нагрівання й додатку тиску формувати вироби складної конфігурації. Полімери – це високо молекулярні з'єднання, що складаються з довгих молекул з більшою кількістю однакових угруповань атомів, з'єднаних хімічними зв'язками. Крім полімеру в пластмасі можуть бути деякі добавки.

Переробка пластмас – це сукупність технологічних процесів, що забезпечують одержання виробів – деталей із заданими конфігурацією, точністю й експлуатаційними властивостями.

Висока якість виробу буде досягнуто, якщо обрані матеріал і технологічний процес будуть задовольняти заданим експлуатаційним вимогам виробу: електричної, механічної міцності, хімічний стійкості, щільності, прозорості, і т.п.

При переробці пластмас в умовах масового виробництва для забезпечення високої якості виробів вирішують матеріалознавські, технологічні, науково-організаційні й інші завдання.

Матеріалознавські завдання складаються в правильному виборі типу й марки полімеру, таким чином, щоб забезпечити можливість формування виробу із заданими конфігурацією й експлуатаційними властивостями.

Технологічні завдання містять у собі всю сукупність питань технології переробки полімерів, що забезпечують якість виробу:

- підготовку полімерів до переробки,
- розробка-визначення технологічних параметрів процесу,
- розробку оснащення,
- вибір устаткування.

Основні етапи роботи із застосування пластмас у виробі наступні:

- Аналіз умов роботи виробу, розробка вимог до експлуатаційних властивостей.

- Вибір виду пластмаси по заданих вимогах й експлуатаційних властивостях виробу.
- Вибір способу переробки пластмаси у виріб й устаткування.
- Вибір базової марки пластмаси й на її основі марки з поліпшеними технологічними властивостями.
- Конструювання, виготовлення, випробування й налагодження технологічного оснащення й ін.

Правильне встановлення форми і налагодження процесу лиття під тиском є початком процесу випуску продукції, і від них залежить якість продукції, а також рентабельність виробництва.

Ріст вимог до якості і рентабельності, а також необхідність зменшення відходів призводять до того, що в даний час вироби випускаються безупинно (робота в три зміни) автоматичним способом і процес виробництва контролюється і реєструється за допомогою внутрішньої комп'ютерної системи.

Спосіб встановлення форми і хід процесу визначає технолог.

Тип машини, вид оснащення і план підключення технолог описує в технологічній карті, вони не можуть бути змінені самовільно.

Після встановлення форми технолог контролює підключення і виставлення параметрів, а також визначає готовність форми для випробування або виробництва.

Необхідно враховувати той факт, що іноді при встановленні форми необхідне застосування обладнання, яке по вартості перевищує вартість термо-пластавтомата.

При встановленні форми існує загроза травматизму. Тому встановлення повинен проводити тільки кваліфікований працівник.

Операція встановлення повинна проводитись згідно з апробованою схемою. Працівник, що робить встановлення, повинен мати весь необхідний інструмент, а також доступ до допоміжного інструменту.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Введення в технологію лиття під тиском

Лиття під тиском – це метод формоутворення виробів з термоплавких полімерних матеріалів, який базується на нагріванні матеріалу до в'язкого, текучого стану й передавлювання його у закриту ливникову форму, де матеріал її заповнює та здобуває геометричну форму внутрішньої порожнини форми й, у подальшому, затверджується під час охолодження. Цим методом отримують деталі з масою від декількох грамів до декількох кілограмів. Товщина стінок варіюється в межах 1–20 мм (зазвичай 3–6 мм).

Для реалізації лиття під тиском термоплавких полімерів застосовують шнекові або плунжерні ливникові машини (Рис. 1.1), на яких установлюються ливникові форми різної конструкції (Рис. 1.2).

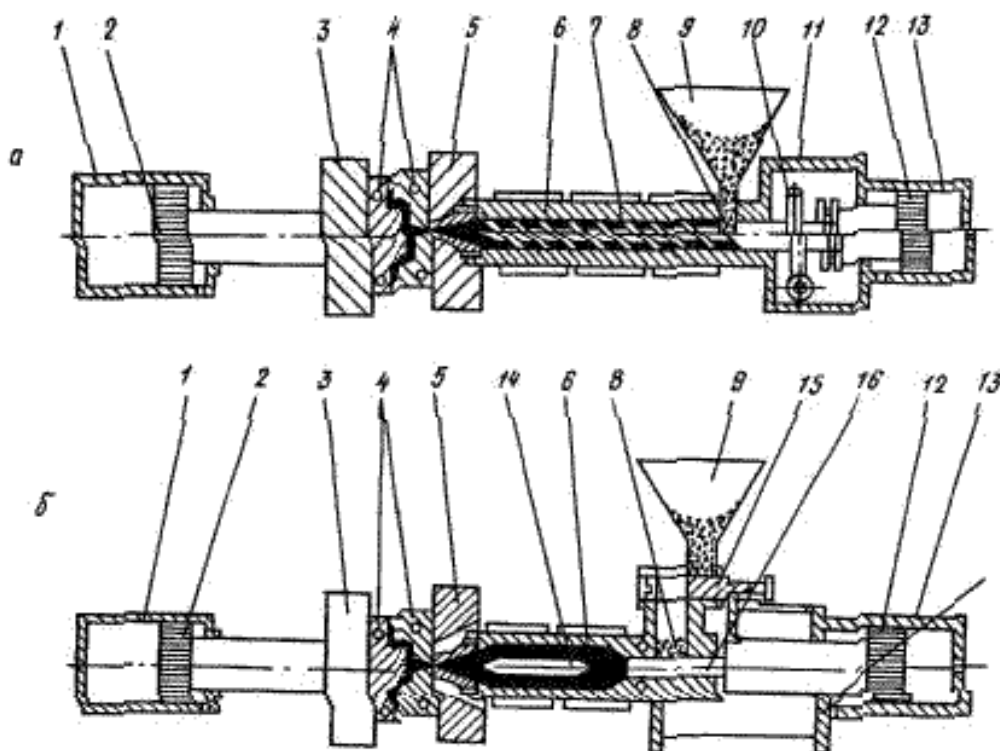


Рисунок 1.1 – Схеми ливникових машини зі шнековою (а) і плунжерною (б) пластифікацією розплаву:

1 - гідроциліндр механізму змикання форми; 2 - поршень гідроциліндра механізму змикання форми; 3 - плита рухлива; 4 – напівформи ливникові; 5 - плита нерухома; 6 - циліндр пластифікаційний, 7 - шнек; 8 - вікно

завантаження циліндра пластифікації; 9 – завантажувальний бункер сировини; 10 - привід шнека; 11 - корпус гідроциліндра механізму упорскування; 12- поршень гідроциліндра витискання матеріалу; 13- гідроциліндр шнека подачі матеріалу; 14- розсікач потоку розплаву матеріалу; 15 – дозатор матеріалу; 16 – робочий плунжер.

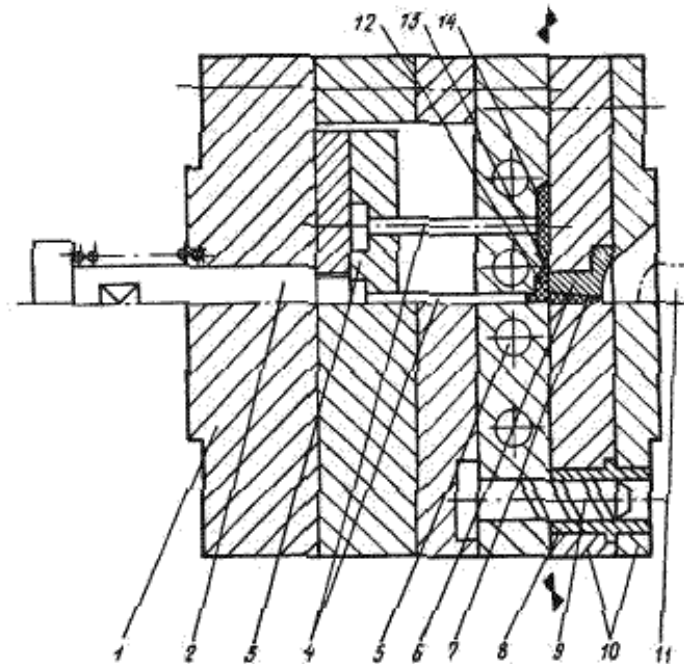


Рисунок 1.2 – Ливникова форма:

1 - рухлива напівформа; 2 - штовхач; 3 - плита, що виштовхує, 4 - виштовхувачі; 5 - канали системи термостатування форми; 6 - ливникова втулка; 7 - центральний літник; 8 – центруюча втулка; 9 - центруюча колонка; 10 - нерухома напівформа; 11 - сопло ливникової машини; 12 - розводящий літник; 13 - впускний літник; 14 - формотворна порожнина

До основних технологічних параметрів технологічного процесу лиття термоплавких полімерів під тиском є наступні чинники:

температура полімерного розплаву T_p ,

температура конструктиву форми T_Φ ,

тиск лиття полімеру P_l ,

тиск у формі P_Φ ,

час витримки у формі під тиском $t_{впд}$,

час охолодження полімеру у формі $t_{\text{охл}}$ або

час отвердіння у формі $t_{\text{отв}}$ для термореактивних матеріалів.

Литтям під тиском формуються деталі як з термопластичних так і термореактивних полімерів, але тип матеріалу є визначальним для фізико-хімічних процесів нагрівання матеріалу та його переходом у твердий фазовий стан, у залежності від типу полімеру. Технологічна схема процесу наведена на мал. 1.3.

Аналіз процесу лиття під тиском може бути проведений по наступних складових: перевід матеріалу у в'язкопластичний стан -> подача його в зону дозування -> нагромадження розплаву -> течія розплаву в системі «сопло-форма» -> течія розплаву в каналах форми й формуючої порожнини -> формування структури виробу.

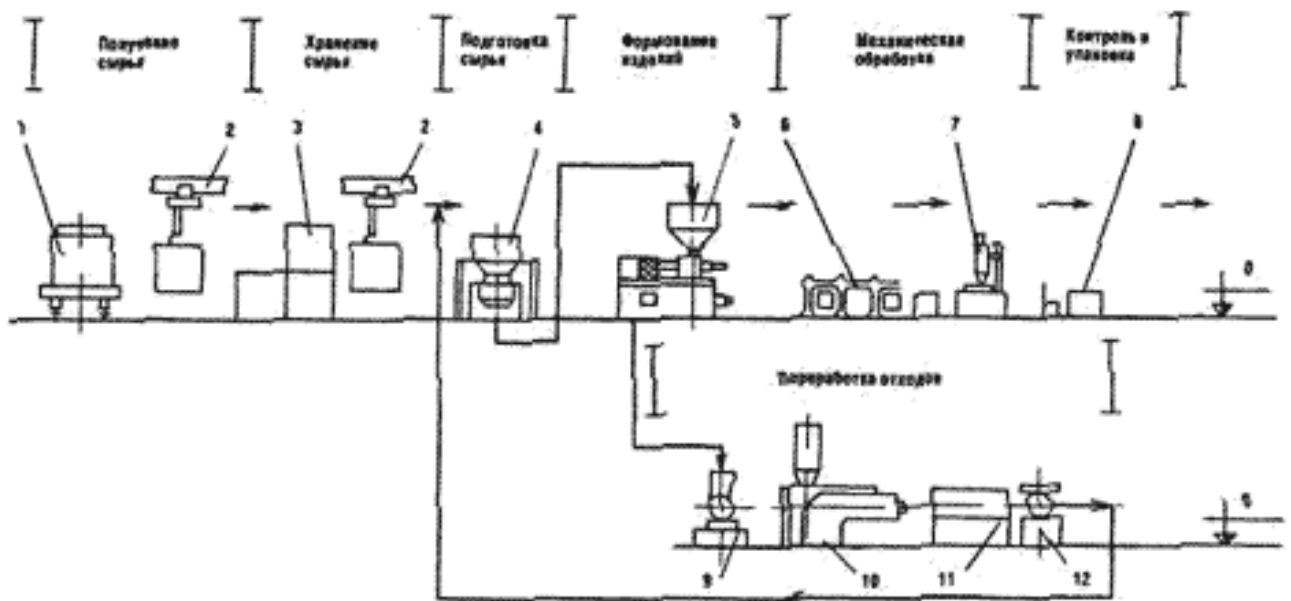


Рисунок 1.3 – Схема технологічна лиття під тиском:

1 - вагон (піввагон, цистерна); 2 - підвісна кран-балка; 3 - склад матеріалу; 4 - вакуумна сушарка; 5 - ливникова машина; 6 - транспортер; 7 - верстат механічної обробки; 8 - стіл упакування; 9 - дробарка; 10 - екструдер; 11 - охолоджуюча ванна; 12 - гранулятор

1.2 Лиття під тиском термопластів

Лиття здійснюється або в режимі інтрузії, або в інжекційному режимі. При інтрузійному режимі розплав поступово подається у форму обертовим шнеком до заповнення її на 70-80%, а потім залишкова частина, дози впорскується у форму за рахунок поступального руху шнека. При інжекційному режимі обертання шнека ведеться тільки в період набору дози матеріалу і його пластифікації в інжекційному циліндрі ливникової машини, а подача розплаву у форму здійснюється тільки за рахунок поступального руху шнека. Режим інтрузії використовується при виготовленні великогабаритних товстостінних виробів, а інжекційний процес одержав більше широке поширення. Для лиття під тиском використовуються в основному гранульовані термопласти (рідше - порошкоподібні) з показником текучості розплаву від 2 до 30 г/10 хв. Перед литтям під тиском необхідно видалити з матеріалу надлишок вологи й летучих компонентів, тому що їхня присутність у розплаві приводить до утворення пор у готовому виробі й тріщин на його поверхні. При переробці полімерів, що мають схильності до гідролітичної деструкції (поліаміди, поліефіри), навіть сліди вологи приводять до зниження молекулярної маси, а отже й експлуатаційних показників виробів.

1.3 Основні стадії процесу лиття під тиском

Технологія процесів лиття під тиском є циклічною. Цикл формоутворення складається з наступних пунктів, – завантаження сировини в циліндр пластифікаційний ливникової машини, підготовка його розплаву (пластифікація), змикання конструкційної форми, заповнення конструкційної форми розплавом, витримування у конструкційній формі під тиском, витримування у формі без тиску, розкриття конструкційної форми, виймання виробу.

1.3.1 Завантаження сировини

Завантаження сировини (полімерні гранули) проводять у бункер завантажувальний з котрого сировина потрапляє у завантажувальне вікно циліндра ливникової машини (мал. 1.1). У циліндрі пластифікації здійснюють нагрів матеріалу з його переходом у в'язкотекучий стан, який ущільнюють тиском за рахунок чоґо проходить гомогенізація розплаву.

Під гомогенізацією розуміємо перемішування, що приводить до рівномірного розподілу температури по масі, що забезпечує рівномірну щільність і в'язкість розплаву. Умови пластифікації не повинні приводити до помітної деструкції матеріалу.

Потрібну температуру розплаву забезпечують за рахунок зовнішнього обігріву робочого циліндра та переходу в теплоту сил тертя, які виникають при деформації матеріалу обертовим шнеком.

Температура полімерного розплаву має задовольняти умовам його в'язкості для заповнення ним конструкційної форми, але не повинна бити вищою за точку деструкції полімерного матеріалу. Зазвичай достатня в'язкість полімерного розплаву досягається для аморфних полімерів за температури вищої на 100–150°C від температури скловидної фази, для полімерів кристалічного типу – при температурі перевищуючій на кілька градусів температуру плавлення.

Максимальна можлива температура розплаву є на 30–40° С нижчою від температури полімерної деструкції. Для в'язкіших розплавів матеріалів можлива більша різниця між температурами деструкції та граничною температурою розплаву, тому що процес пластифікації викликає додатковий прогрів.

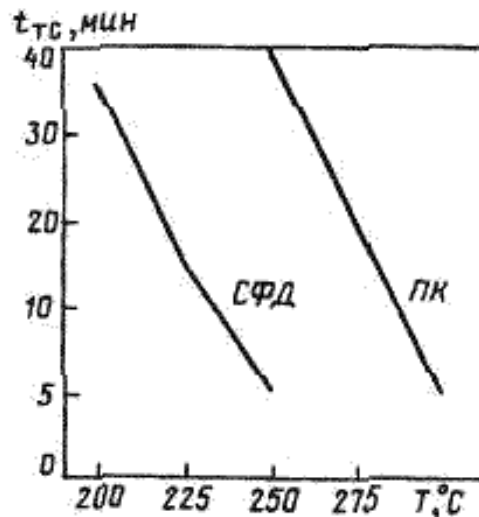


Рисунок 1.4 – Вплив температури на термостабільність t_{mc} розплаву ПК і СФД

Зразкові дані про температурні інтервали лиття під тиском термопластів наведені в табл. 1.1. Різниця між температурою нагрівачів по зонах пластифікаційного циліндра звичайно становить 10–20° збільшуючись від зони завантаження до сопла. Для низьков'язких матеріалів температура сопла встановлюється нижче, ніж у зоні дозування, щоб запобігти витіканню розплаву. Оскільки з ростом температури знижується термостабільність розплаву (мал. 1.5), тоді необхідно враховувати, що тривалість перебування матеріалу в пластифікаційному циліндрі не повинна бути більше часу термостабільності розплаву при даній температурі.

Розплав при закритому соплі накопичується в зоні дозування та за рахунок тиску, що розвивається в матеріалі, шнек переміщається назад. Швидкість відходу шнека регулюється шляхом створення в гідроциліндрі вузла упорскування протитиску. Чим більше протитиск, тим вище щільність розплаву й більше однорідна його температура. Крім того, з ростом протитиску збільшується нагрівання матеріалу в зоні дозування за рахунок зсувових деформацій. Однак з ростом протитиску зменшується пластифікаційна продуктивність ливникової машини, тобто зменшується кількість матеріалу, переводимого в розплав за одиницю часу.

Таблиця 1. 1 – Температурні інтервали лиття під тиском термопластів (у °С)

Полімер	Температура шклування або плавлення	Термо-стійкість	Теоретичний інтервал переробки	Температура розкладання при литті	Практичний інтервал переробки
ПС	100	310	100-310	280	170-250
ПВХ	87	170	87-170	-	170-190
ПММА	105	280	105-280	280	180-240
ПК	150	380	150-380	343	270-320
ПЭВП	136	320	136-320	296	220-280
ПП	176	300	176-300	278	200-300
ПА-6	255	360	225-360	303	230-290
ПА-6,6	255	360	255-360	315	260-280
ПЭТФ	255	380	255-380	300	260-280

Якщо плстифікаційна продуктивність ливникової машини невелика, то за рахунок збільшення часу підготовки нової дози розплаву доводиться збільшувати час перебування вилівка у формі, що знижує продуктивність устаткування.

1.3.2 Заповнення конструкційної форми розплавом (упорскування)

Заповнення конструкційної форми розплавом (упорскування) починають після готовності потрібної дози полімерного розплаву й змикання форми. Під дією зусилля гідроциліндра упорскування, шнек починає поступальний рух і через сопло ливникової системи подає полімерний розплав у порожнину формоутворення. тиск наконечника шнека витрачається на в'язку течію полімерного розплаву й вхідні ефекти, обумовлені в'язкопружними властивостями полімерного розплаву. Відповідно тиск у формі суттєво нижчий від тиску шнеку.

Температура полімерного розплаву, що надходить у форму при упорскуванні ($T_{рв}$), вища, ніж температура в соплі ($T_{спл}$) через дисипації енергії в'язкої течії. Ступінь перегріву пропорційний сумі перепадів тисків у каналах сопла й ливникової системи, обернено пропорційна теплоємності (порівн) і щільності розплаву (ρ_p):

$$T_{рв} = T_{спл} + \frac{\sum \Delta P_{спл} + \sum \Delta P_{л}}{c_p \rho_p} \quad (1.1)$$

У формуючій порожнині тиск знижується в міру видалення від місця впуску розплаву. На мал. 1.5 показана зміна тиску на вході у формуючу порожнину й у точці, максимально вилученій від впуску, протягом циклу лиття. Обидві криві мають однаковий характер, однак тиск наприкінці формуючої порожнини створюється тільки після її заповнення, тому на кривій 2 т. a_2 збігається з т. b_2 . Тиск, що виникає при течії полімеру в порожнині форми, витрачається лише на подолання опору при його течії. Різниця між тиском на початку форми P_1 і наприкінці формуючої порожнини визначає величину втрат тиску у формі при її заповненні.

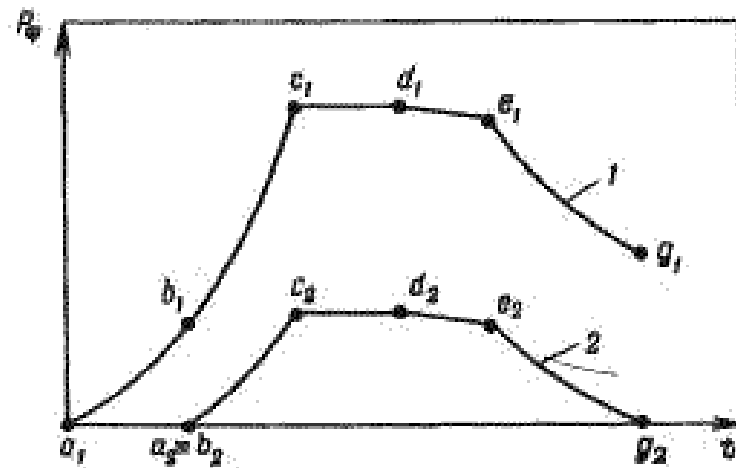


Рисунок 1. 5 – Зміна тиску на вході у формуючу порожнину (1) і її далекої стінки (2) протягом циклу лиття під тиском термопласту.

Пояснення до графіку рис 1.5.

На початковій ділянці кривій 1 у період часу t_1 (ділянка a_1b_1) тиск у формі на вході збільшується в міру надходження розплаву у формуючу порожнину. До моменту b розплав досягає кінця формуючої порожнини, і

там також починається ріст тиску. Але на ділянці *bc* швидкість росту тиску істотно вище, тому що відбувається ущільнення розплаву, що триває доти, поки тиск у гідроциліндрі вузла упорскування не досягне заданого значення P_d (точка *C*).

Заповнення форми може характеризуватися двома режимами: режим постійної швидкості течії й тиску, що збільшується, на вході в сопло й режим убутної швидкості течії.

На мал. 1.6 наведена залежність тиску на вході в сопло $P_{спл}$ (1), тиску на вході у форму P_ϕ (2) і об'ємної швидкості течії Q (3) від часу. Спочатку розплав тече з постійною об'ємною швидкістю (крива 3), при цьому тиск на вході в сопло й у форму росте, що відповідає першому режиму (ділянка I). По досягненні в соплі максимального тиску $P_{спл}^{max}$, обумовленого величиною P_d , об'ємна швидкість течії починає зменшуватися, тому що збільшується довжина течії при постійному перепаді тисків, настає другий режим – режим постійного тиску на вході в сопло й убутної швидкості течії (ділянка II). У цьому режимі тиск на вході у форму постійно росте за рахунок зниження втрат тиску в соплі й у ливниковій системі, тому що швидкість течії в них зменшується. У режимі $Q=const$ заповнення форми йде за рахунок перепаду тисків по довжині форми. Розплав заповнює вільну частину форми.

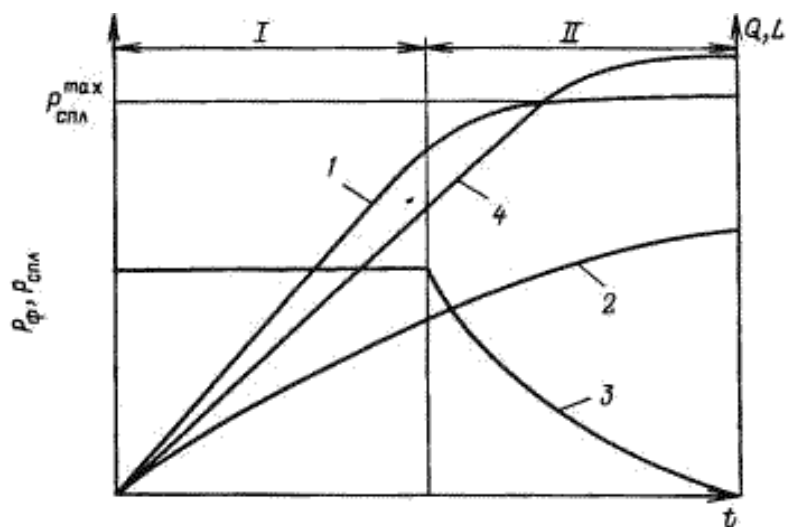


Рисунок 1.6 – Залежність тиску на вході в сопло $P_{спл}$ (1), тиску на вході у форму P_ϕ (2), об'ємної швидкості течії Q (3) і довжини затікання розплаву у форму L (4) від часу:

I - режим постійної об'ємної швидкості течії;

II - режим постійного тиску на вході в сопло

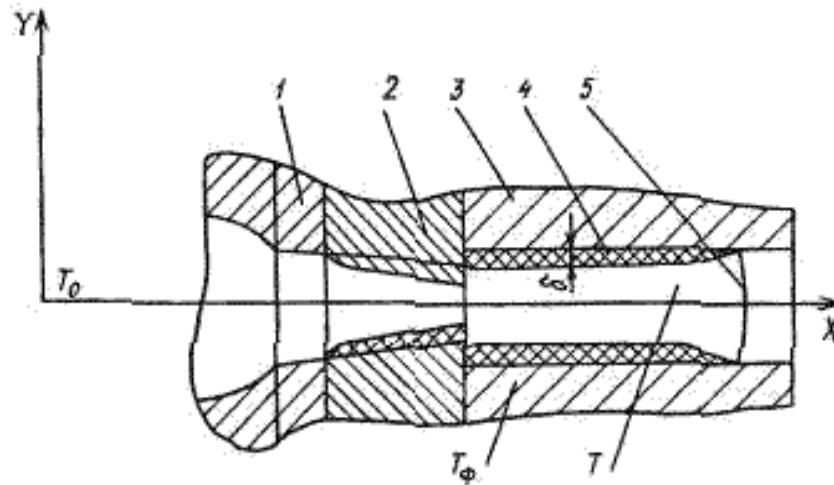


Рисунок 1.7 – Схема формування пристінного шару при заповненні форми розплавом: I – сопло, 2 – ливникова втулка, 3 – форма, 4 – пристінний шар полімеру, 5 – фронт течії розплаву

Рух розплаву термопласта в порожнині форми супроводжується охолодженням розплаву при зіткненні зі стінкою, тому що температура його вище, ніж температура форми. На стінках форми утвориться канал з товщиною стінок δ з високов'язкого нерухомого матеріалу (мал.1.7). Усередині цього каналу тече розплав. У міру заповнення товщина пристінного шару в раніше заповненій частині форми постійно зростає. У режимі $P=\text{const}$ нерухомий шар має більшу товщину, чим при заповненні в режимі $Q=\text{const}$, але в обох випадках поблизу літника товщина пристінного шару мало міняється в міру надходження розплаву, тому що температура розплаву на вході у форму висока. Характер руху розплаву по формуючій порожнині пов'язаний з конструкцією форми. При литті плоских виробів з постійною товщиною через літник, що лежить у площині форми, заповнення йде послідовним рухом розплаву по рівнях, рівновіддалених від літника (мал. 8). Перекручування концентричної форми кіл на протилежному від впуску кінці формуючої порожнини пов'язане із впливом стінок на розподіл швидкостей у потоці. При заповненні форми потік переміщається

послідовним розтягуванням фронтальної плівки (мал. 1.8, 1.9) і просуванням нових порцій уздовж нерухомих шарів уже застиглого полімеру на стінці форми. Швидкість часток у центрі (точка К) потоку полімеру вище, ніж швидкість його фронту. Частки полімеру входять у форму з більшою швидкістю, чим рухається фронт потоку. При наближенні до фронту потоку швидкість часток, що рухаються паралельно загальному напрямку течії, поступово знижується, а при досягненні фронту стає рівної його швидкості. Частка зміщається по лінії фронту до стінки форми; стикаючись із нею, загальмовується і якийсь час сковзає уздовж стінки, що захоплює рухом вищележачих шарів. Очевидно, цей ефект і приводить до орієнтації пристінного шару в напрямку заповнення форми розплавом. Просування фронту потоку за формою супроводжується наростанням тиску на тих ділянках форми, які потік пройшов, що приводить до розгладження хвиль, що утворилися на поверхні. Якщо швидкість заповнення форми мала, то поверхневі шари можуть остудитися до того, як хвилі розгладяться, і на поверхні виробу залишаться їхні сліди.

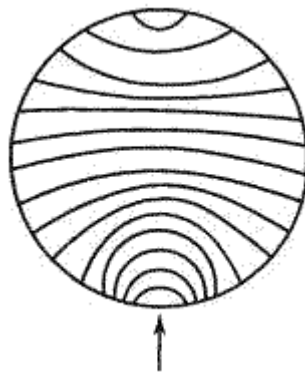


Рисунок 1. 8 – Схема переміщення фронту потоку при заповненні форми типу «диск»

Якщо товщина впуску ливникового каналу набагато менше товщини виробу (точкові впуски), то процес заповнення йде з високою швидкістю, і розплав полімеру надходить у порожнину форми у вигляді окремого безперервного струменя, що, хаотично пульсуючи, просувається вперед (мал. 1.10). Поверхня струменя схожа на поверхню екструдата, що

видавлюється з капілярного віскозиметра при високих швидкостях зрушення. Струминне заповнення форми відбивається на якості поверхні виробу й на його властивостях: погана зварюваність струменя з наступним потоком розплаву приводить до утворення поверхневих дефектів і неміцних місць у виробі. Струминний ефект знижується при збільшенні температури розплаву або форми.

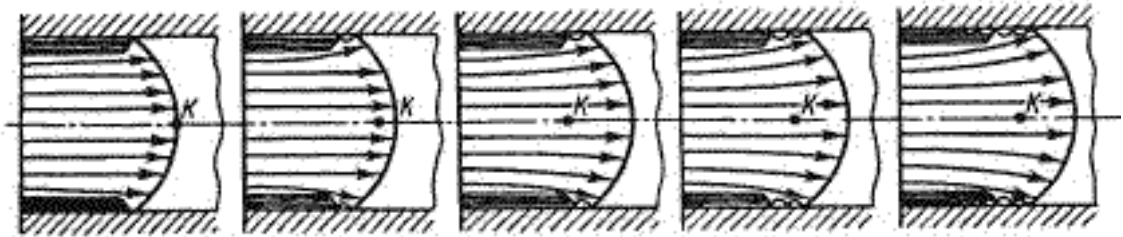


Рисунок 1. 9 – Схема руху полімеру при заповненні форми у фронтальному режимі

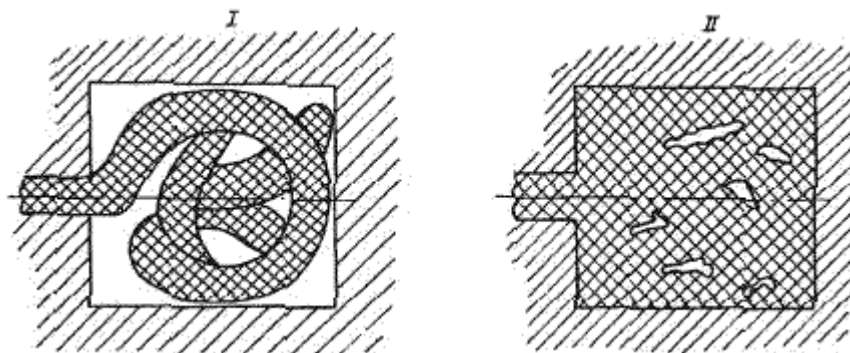


Рисунок 1. 10 – Стадії заповнення форми при струминному режимі:

I - укладання струменя в порожнині форми; II - ущільнення відрізків струменя в порожнині форми

Якщо на шляху потоку розплаву зустрічається перешкода у вигляді вставки у форму, виступу й т.д., то потік розчленовується на окремі потоки (мал. 1.11). При злитті потоків, що утворилися, виникають стикові шви, міцність яких нижче, ніж у монолітному виробі. У процесі заповнення форми температура розплаву міняється як по перерізі каналу, так і по його довжині. Процес має неізотермічний характер. Це відбивається на довжині затікання розплаву у формуючу порожнину як у режимі постійного тиску на вході в сопло, так й у режимі постійної швидкості течії, якщо вона невелика.

Гранична довжина течії розплаву у формі при постійному тиску на вході в сопло становить

$$L = \frac{2\omega_0\theta}{BH_0(n+3)(n+4)} \quad (1.2)$$

де ω_0 – об'ємна швидкість заповнення в початковий момент часу, м/с; B – ширина каналу форми, м; H_0 – висота каналу форми, м; n – показник степеня в реологічному рівнянні для формованого матеріалу; θ – певний час течії розплаву, сек.

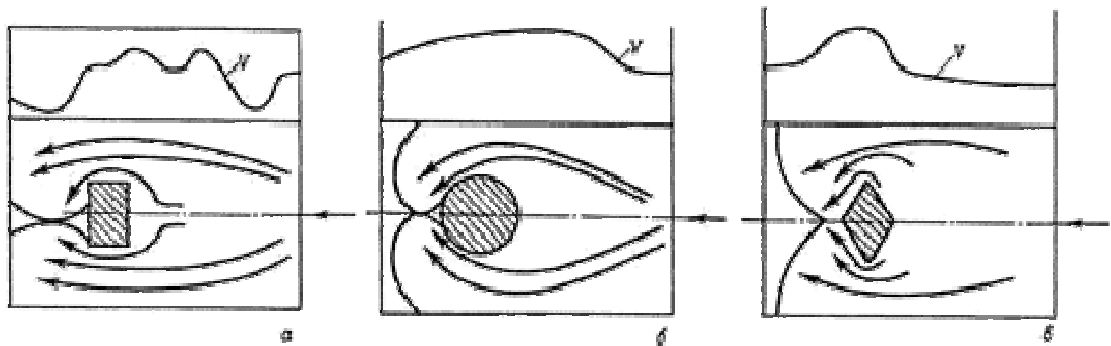


Рисунок 1. 11 – Зміна швидкості течії розплаву у формі при обтіканні перешкод прямокутної (а), циліндричної (б) і ромбовидної (в) форми
Значення θ визначають по формулі

$$\theta = \frac{H^2}{8a} \left[\frac{T_0 - T_T}{T_T - T_\phi} + \frac{q}{c_p(T_T - T_\phi)} + 0.5 \right] \quad (1.3)$$

де T_e , T_ϕ й T_T – температури розплаву, форми й текучості матеріалу відповідно, °С; q – теплота плавлення матеріалу, кДж/кг; c_p – питома теплоємність матеріалу, кДж/(кг·град); a – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, м²/с.

Маса матеріалу, що надійшла у формуючу порожнину форми з початку циклу до завершення витримки під тиском, не міняється після затвердіння літника. Тому щільність й обсяг готового виробу визначаються середньою температурою й тиском у порожнині форми до моменту завершення витримки під тиском. Співвідношення між щільністю (питома обсягом), температурою й тиском для розплаву полімеру описується рівнянням стану

розплаву Спенсера-Джилмора, що є видозміненим рівнянням Ван-дер-Ваальса:

$$(v-\omega)(\nabla+\pi)=P*T/M, \quad (1.4)$$

де v – питомий обсяг полімеру при T й P м³/кг; P -тиск, МПа; T – температура, К; R – універсальна газова постійного [$R=8,29$ кДж/(моль·К)], M – молекулярна маса структурного ланцюга полімеру, кг/моль; ω – об’єм, займаний власне молекулами полімеру, м³/кг, π – внутрішній тиск, МПа.

Експериментально певні значення констант π і ω полімерів у розплаві наведені в табл.2. Рівняння стану дозволяє розрахувати середню температуру розплаву у формуючої порожнини залежно від тиску в ній у період витримки під тиском і з врахуванням цього – час витримки під тиском, необхідний для застигання літника. Температура розплаву у формі $T_{r\phi}$ складе

$$T_{r\phi} = \frac{1}{\beta c_p} \left(\frac{RT_2}{M\pi} + \omega \right) (1 - e^{-\beta P_\phi}) + \frac{T_2 + T_1}{2} - \frac{RT_2}{c_p M} \ln \left(\frac{P_\phi + \pi}{\pi} \right) \quad (1.5)$$

де β – коефіцієнт стискуваності розплаву, МПа⁻¹; c_p – питома теплоємність розплаву, кДж/(кг·град); T_1 и T_2 – температура розплаву перед входом в сопло і в формуючій порожнині після вприску. К; P_ϕ – середній тиск в порожнині форми на стадії підживлювання, МПа; R , ω , π , M – константи матеріалу.

Таблиця 1. 1 Значення постійних у рівнянні стану (1.4)

Термопласт	ρ , МПа	$w \cdot 10^3$, м ³ /кг	$(R/M) \cdot 10^2$, Дж/(кг·К)
ПС	180	0,822	7,98
ПК	67	0,61	3,27
ПММА	210	0,734	8,3
ПЭВП	677	1,11	29,7
ПЭНП	320	0,875	29,7
ПП	160	0,620	19,7
ПА-12	71,7	0,78	4,21
ПА-6	150	0,722	7,33
Сополімер формальдегіду	566	0,599	29,7

1.3.3 Витримка під тиском

Витримка під тиском. Час витримки під тиском (що включає в себе й час заповнення форми) для циліндричного впускного літника можна розрахувати по формулі

$$t_s = \frac{k_p r^2}{5,76\alpha} \cdot 2,31g \frac{1,6(T_{f\phi} - T_\phi)}{T_T - T_\phi} \quad (1.6)$$

для прямокутного впускного літника - по формулі

$$t_s = \frac{k_p S^2 h^2}{\pi^2 \alpha (S^2 + h^2)} \cdot 2,31g \frac{16(T_{f\phi} - T_\phi)}{\pi^2 (T_T - T_\phi)} \quad (1.7)$$

і для центрального впускного літника з радіусом більшим, ніж половина товщини виробу, - по формулі

$$t_s = \frac{\delta^2}{\pi^2 \alpha} \cdot 2,31g \frac{4(T_{f\phi} - T_\phi)}{\pi (T_T - T_\phi)} \quad (1.8)$$

де r , δ , A , S – розміри впускних літників, м (м²); T_T – температура текучості (або плавлення). К; T_ϕ – температура форми. К; K_l – коефіцієнт, що враховує течія розплаву під час підживлення: $K_l = \xi \Delta V / V_l$ [тут ΔV – обсяг розплаву, що нагнітається у форму при витримці під тиском, м³; V_l – обсяг

впускного літника, m^3 ; ξ - коефіцієнт форми для літника (для циліндричного $\xi=2$, для щілинного й кільцевого $\xi=1.5$)].

1.3.4 Охолодження без тиску

Охолодження без тиску завершує процес формування структури виробу у формі (див. мал. 1.5, ділянка eg). На цій стадії швидкість охолодження вище, ніж у період витримки під тиском. Причому чим довше витримка під тиском, тим менша різниця у швидкості охолодження на останній стадії. Тиск у формі на ділянці eg також падає більш інтенсивно, тому що процес теплової усадки вже не компенсується новими порціями розплаву, але до моменту розкриття форми й добування охолодженого виробу у формі зберігається порівняно великий залишковий тиск.

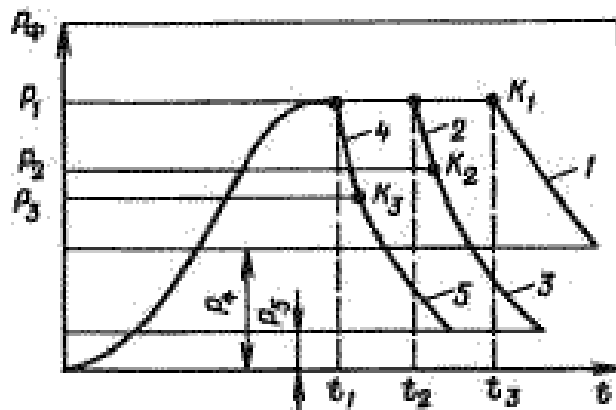


Рисунок 1. 12 – Діаграма «тиск P_{ϕ} – час t » при різній тривалості витримки полімеру у формі під тиском.

Якщо тривалість витримки під тиском скоротити до часу t_2 меншого, чим час затвердіння літника t_3 (мал. 1.12, крива 2), то відбудеться витікання розплаву з формуючої порожнини через незатверділий літник. Тиск різко знижується до такого значення P_2 при якому припиняється витікання полімеру з форми (т. К-з). Значення P_v залежить від середньої температури в обсязі полімеру, досягнутої до моменту відводу сопла від літника. Подальше охолодження відбувається без зміни маси виробу, і тиск змінюється тільки за рахунок зниження температури (крива 3). При цьому у формі до моменту

розкриття зберігається менший залишковий тиск P_5 , чим при тривалій витримці під тиском (t_3 і P_4 відповідно) Якщо тривалість витримки складе $t_1 < t_2 < t_3$, то спад тиску до припинення витікання розплаву з форми складе $P_3 < P_2$, так як середньо об'ємна температура полімеру к моменту t_1 вище. Зниження тиску без зміни маси виробу йде по кривій 5 до значення P_5 . В цьому випадку після витягування виріб може покоробитися.

Тривалість охолодження виробу у формі пов'язана з товщиною виробу і його формою, температуропровідністю полімерного розплаву, перепадом температур T_p й T_ϕ , а також з температурою в центрі виробу в момент його добування з форми T_u .

Повна тривалість охолодження виробу у формі $t_{охл}$ являє собою суму часу охолодження під тиском (тобто часу витримки під тиском t_ϵ) і охолодження без тиску й може бути розрахована з урахуванням ряду допущень по формулі

$$t_{охл} = \ln \left(A \frac{T_0 - T_\phi}{T_x - T_\phi} \right) \frac{\delta^2}{Ca} \quad (1.9)$$

де T_0 , T_ϕ , T_{II} – температури розплаву, форми й виробу відповідно в момент знімання, K , δ – товщина охолоджуваного виробу, м (для плоского виробу $\delta=h$, для циліндричного $\delta=r$), A и C – коефіцієнти, обумовлені формою виробу (для плоского виробу $A=1,27$ і $C=\pi^2$, для циліндра $A=1,6$ і $C=5,76$).

Час охолодження може бути визначено й графоаналітичним методом за значенням критерію Фур'є й середній відносній температурі T .

Тривалість охолодження без тиску визначає рівень остаточного тиску в формі $P_{ост}$. Якщо величина $P_{ост}$ перевищує міцність матеріалу в момент знімання виробу з температурою T_{II} , то при розкритті форми може пройти деформація (і навіть поломка) виробу.

1.4 Розрахунок процесу лиття термопластів під тиском

Розрахунок проводять, задаючи температуру розплаву матеріалу T_p , температуру форми T_f й об'ємну швидкість упорскування Q (або час заповнення). При цьому виходять із вимог, пропонованих до якості виробів по показниках розмірної точності, міцнісним властивостям і зовнішньому вигляду. Орієнтовні режими лиття під тиском деяких термопластів наведені в табл. 1.3.

Температура виробу в момент добування з форми повинна бути не вище температури шклування ($T_{ш} \leq T_c$) для аморфних полімерів і теплостійкості по Мартенсу ($T_{и} \leq T_m$) для кристалічних полімерів, щоб забезпечувалася достатня твердість виробів при розкритті форми.

Таблиця 1. 1 Орієнтовні режими переробки термопластів литтям під тиском

Термопласт	Температура, °С		Питомий тиск лиття, МПа	Різниця температур циліндра між сусідніми зонами, °С
	розплаву	форми		
ПС	170-250	40-70	80-120	20-30
ПК	250-290	70-120	90-170	10-15
ПММА	185-230	40-80	100-160	5-10
АБС-пластик	180-280	70-90	90-170	10-20
ПЭВП	180-280	30-80	70-120	15-20
ПЭНП	160-260	20-60	60-120	10-20
ПП	190-220	40-90	100-120	15-20

Продовження таблиці 1.3				
ПА-12	220-280	30-100	80-140	10-20
ПА-610	230-270	50-90	80-140	10-15
ПА-16	230-290	60-110	80-150	15-20
СФД	175-220	60-110	80-160	15-20
ПФ	200-220	60-120	80-160	10-15
ПЭТФ	260-280	140-160	70-150	5-10
ПБТФ	235-270	60-110	80-140	5-10

Температура форми в співвідношенні з температурою розплаву ($T_p - T_\phi$) впливає на швидкість охолодження розплаву, що надходить у форму. Це позначається як на орієнтації полімерів у поверхневому шарі при заповненні форми, так і на умовах кристалізації при литті полімерів, що кристалізуються.

Розрахунок тиску лиття P_L , необхідного для заповнення форми й формування в ній виробу з необхідною щільністю, проводиться результату зі значення тиску у формі P_ϕ і суми втрат тиску ΔP_m – у циліндрі ливникової машини, $\Delta P_{cнл}$ – при течії полімеру через сопло, $\Delta P_{л.з}$ – при течії полімеру по ливникових каналах й P_ϕ – при заповненні форми полімером:

$$P_L = \sum \Delta P + P_\phi \quad (1.10)$$

Тиск у формі, необхідне для формування виробу із заданою щільністю, може бути знайдене шляхом спільного рішення рівнянь стану для термопласта, що перебуває при кімнатній температурі й при температурі розплаву [див. формулу (1.4)].

Втрати тиску ΔP_m у циліндрі ливникової машини визначаються коефіцієнтом втрат $K_n=1,00 \div 1,12$; втрати тиску в соплі $\Delta P_{cнл}$, ливникових

каналах і при заповненні форми можуть бути розраховані для циліндричного каналу по формулі

$$\Delta P = 2\tau(l + mR) / R \quad (1.11)$$

для прямокутного - по формулі

$$\Delta P = 2\tau(l + mh)(b + h) / (hb) \quad (1.12)$$

де l - довжина каналу, м, h й b - глибина й висота прямокутного каналу, м; m - входовий поправочний коефіцієнт, τ - напруження зсуву при T_p і швидкості зсуву, реалізованої в каналі, МПа.

Швидкість зсуву може бути розрахована для циліндричного каналу по формулах (17) і (18), для прямокутного - по формулах

$$\gamma = \frac{(3n + 1)}{n} \cdot \frac{Q}{\pi R^3 c} \quad (1.13)$$

$$\gamma = \frac{2(2n + 1)}{n} \cdot \frac{Q}{(h + b) \cdot h^2 c} \quad (1.14)$$

де Q - об'ємна витрата розплаву через канал, м³/з; n - показник ступеня в рівнянні течії розплаву; c - число паралельних каналів на розрахунковій ділянці.

У тому випадку, якщо розрахований тиск лиття P_L перевищує номінальний для використовуваної машини не більше ніж на 30%, проводиться коректування температури матеріалу й об'ємної швидкості упорскування. Якщо розрахунковий тиск лиття перевищує номінальний більше, ніж на 30%, вибирають марку матеріалу з меншою в'язкістю.

Розрахунок усадки ливникових виробів проводиться виходячи з розмірів формуючої порожнини (l_ϕ) і відповідних розмірів виробу (l_u). Абсолютна усадка Y_a дорівнює

$$Y_a = l_\phi - l_u \quad (1.15)$$

а відносна усадка B_0 дорівнює

$$Y_o = \frac{l_\phi - l_u}{l_\phi} \cdot 100\% \quad (1.16)$$

Попередній розрахунок усадки може бути проведений з використанням рівняння стану (4). Об'ємна усадка матеріалу у виробі Y_v складе

$$Y_v = \frac{v_p - v_k}{v_p} \cdot 100\% = \frac{RT_{p\phi}(P_{\phi\max} + \pi) - RT_k(P_{\phi\max} + \pi)}{M_{\phi} + RT_{p\phi}(P_{\phi\max} + \pi)} \cdot 100\% \quad (1.17)$$

де v_p – питомий обсяг розплаву матеріалу в момент закінчення заповнення форми й стиски до P_{ϕ} максимального; v_k – питомий обсяг матеріалу у виробі при кімнатній температурі $T_k=298$ К; $T_{p\phi}$ – температура розплаву у формі до моменту досягнення P_{ϕ} максимального, К; π , M , ш – константи матеріалу.

Час витримки під тиском розраховується по рівняннях (1.6) – (1.8) з урахуванням форми ливникових каналів.

Час охолодження виробу у формі розраховується по рівнянню (1.9)

2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Загальна інформація про термопластавтомати

Промисловість має у своєму розпорядженні безліч типів термопластавтоматів, що відрізняються конструкцією механізму і системою керування. У термопластавтоматів з колінчато-важельним приводом і гідравлічною системою змикання-роз'єму форми застосовуються різні способи встановлення форми і параметрів її руху.

Принципова різниця при визначенні параметрів лиття під тиском – у системі управління:

- А. Термопластавтомат з контакторним керуванням (електромеханічним) вимагає ручного виставлення параметрів лиття під тиском:
- шляхів і зміни швидкості – за допомогою шляхового вимикача;
 - часу – за допомогою реле часу;
 - температур – за допомогою терморегуляторів;
 - тисків – відповідно до показань манометрів;
 - витрат мастил – відповідно до шкали;
 - циклів роботи – за допомогою перемикачів регуляторів, при цьому не існує можливості регулювати процес лиття в момент його протікання; швидкості лиття під тиском, тиску дотиску, обертів шнека, протитиску.
- В. Термопластавтомати з електронним керуванням мають:
- цифрові показники параметрів лиття під тиском, які висвічуються на екрані монітора;
 - можливість проведення змін деяких параметрів протягом дії одного циклу лиття під тиском відповідно до встановленої програмою;
 - параметри лиття під тиском можуть бути встановлені з дискети, диска або з пам'яті, а також можуть бути завантажені в пам'ять при первинному встановленні і збережені в базі даних.

- С. Термопластавтомати з електронним керуванням і регулюванням. Завдяки вмонтованому комп'ютерові, що аналізує дані з датчиків, які контролюють процес зміни тисків і температур, дозволяє самостійно пристосувати і відрегулювати параметри лиття під тиском відповідно до виникаючих перебоїв у роботі. Втручання обслуговуючого персоналу можливо тільки у випадку настання перебоїв у роботі і сигналу тривоги.
- Д. Термопластавтомат, пристосований для еластичної системи виробництва. Це ділянка виробництва, що сама себе обслуговує. Заміна і встановлення форм, двигунів, сировини, а також встановлення параметрів процесу відбуваються без зовнішнього втручання.

Термопластавтомати з керуванням типу:

А, Б, В – потребують ручної закладки і закріплення форми.

А – вимагає щораз вручну встановлювати параметри лиття у відповідності з технологічною картою, а також їхньої реєстрації в даній карті.

Б, В, Г – тип циклу і параметри лиття встановлюються відповідно до програми.

Г – встановлення та заміна форм і ливарних циліндрів виконується автоматично.

Зараз щораз більше – особливо при виготовленні пресованих технічних виробів – для точного налагодження механічних рухів термопластавтомата, а також технологічних параметрів, є відповідна професійна підготовка і навчання процесів програмування. Використання комп'ютера при встановленні сучасного термопластавтомата набагато практичніше, ніж встановлення відповідних положень клапанів і реле конвенціонального термопластавтомата. Пульти керування і картина на моніторі (мал. 2.2) дозволяють робити діалог працівника з машиною – це можна порівняти з заповненням анкети на цифрових носіях.

Легкість роботи, можливість користуватися даними, що вже знаходяться в пам'яті комп'ютера, а також підказки при постановці завдань роблять процес встановлення і контролю ходу процесу лиття цікавим і захоплюючим.

Час заміни форми повинен бути обмеженим до мінімуму, а тому цей процес повинен бути відповідним чином підготовлений.

Підготовчі дії по заміні форми, разом з переміщенням форми, її оглядом, підготовкою інструментів і устаткування, заповненням технологічної картки повинні бути виконані за рахунок робочого часу термопластавтомата;

Найбільш тривалим процесом є термічна підготовка термопластавтомата і форми, незалежно від того – чи це зміна форми для інших виробів чи проведення випробування форми і встановлення технологічних параметрів. При виготовленні пресованої технічної продукції, коли форма повинна мати температуру 60– 120°C, велику економію часу дає попередній підігрів форми перед встановленням її в термопластавтомат (мал. 2.1). Ще більшу економію часу по заміні форми, – до декількох хвилин, – дає автоматична подача і закріплення форми за допомогою невеликих двигунів.

Встановлюючи технологічні показники необхідно усвідомлювати, що значення, які встановлюються, напр.: гідравлічний тиск, температура циліндра або дозування відрізняються від підсумкових значень, реальних температур, що утворюються, і тисків, напр., всередині матеріального циліндра або в гнізді форми.

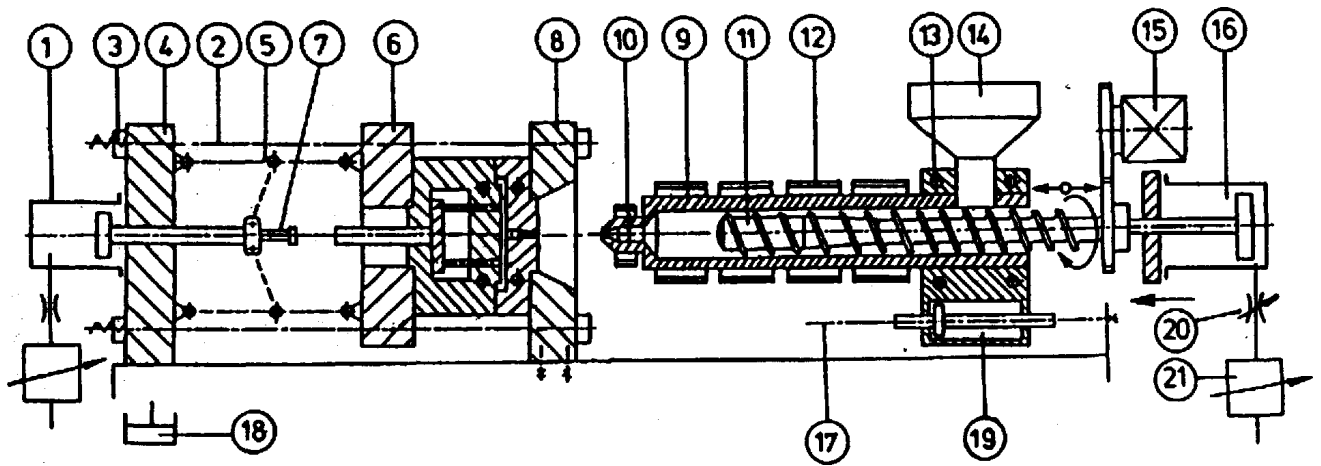
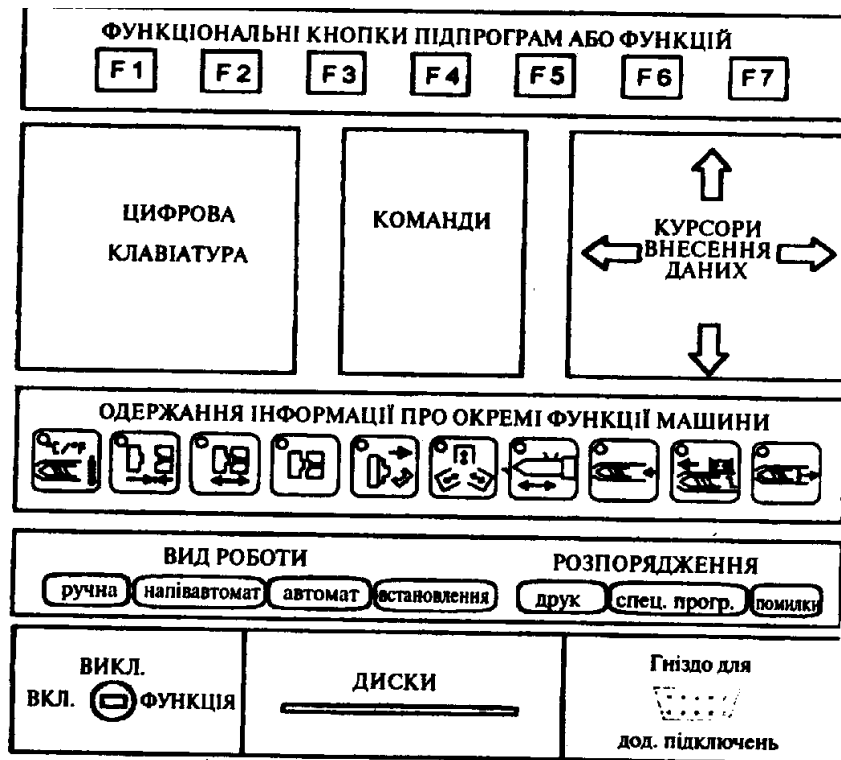


Рисунок 2.1 – Схема шнекового термопластавтомата з колінчато-важельною системою змикання

1 - гідродвигун приводу стола; 2 - направляючі колонки; 3 - гайки регулювання висоти форми; 4 - задній стіл; 5 - механізм змикання-роз'єму форми; 6 - рухомий стіл, 7 - упор термопластавтомата, 8 - стіл нерухомий; 9 - ливарний циліндр; 10 - сопло; 11 - шнек; 12 - нагрівані; 13 - охолодження зони завантаження циліндра; 14 - завантажувальний бункер; 15 - привід обертального руху шнека; 16 - гідродвигун приводу шнека; 17 - направляюча блоку циліндр-шнек; 18 - резервуар мастила; 19 - гідродвигун переміщення блоку циліндр-шнек; 20 – регулятор витрати мастила; 21 - регулятор тиску мастила.

ВИРОБНИЧІ ДАНІ	ДАТА: 94-05-09	14:15
НОМЕР ФОРМИ	У-29	
НОМЕР ВИРОБУ	1166	
МАТЕРІАЛ	Тарнамід Т-27	
НОМЕР МАШИНИ	16	КОНТР.
ТЕРМОСТАТ 1 № S-8	ТАК	<input type="checkbox"/>
ТЕРМОСТАТ 2 № S-2	ТАК	<input type="checkbox"/>
АВТОМАТ. ЖИВЛЕННЯ ЗАВАНТАЖ. БУНКЕРА	ТАК	<input type="checkbox"/>
ПІДСУШУВАННЯ ПЛАСТМАСИ	ТАК	<input type="checkbox"/>
РОБОТ-ПРИЙМАЛЬНИК	НЕМАЄ	<input type="checkbox"/>
УСТАНОВЛЕНИЙ ЧАС ЦИКЛУ	12 с	<input type="checkbox"/>
РЕАЛЬНИЙ ЧАС ЦИКЛУ	12,4 с	<input type="checkbox"/>
КІЛЬКІСТЬ ГНІЗД	2	<input type="checkbox"/>
РОЗМІР ЗАМОВЛЕННЯ	102,000 шт.	<input type="checkbox"/>
ЗАЛИШИЛОСЯ ДО ВИКОНАННЯ	6,241 шт.	<input type="checkbox"/>
ЧАС, ЩО ЗАЛИШИВСЯ ДО ЗАКІНЧЕННЯ ЗАМОВЛЕННЯ	10,8 год.	<input type="checkbox"/>
ВАГА ВИРОБУ	40 г	
КІЛЬКІСТЬ ПЛАСТМАСИ ДО ЗАКІНЧЕННЯ ЗАМОВЛЕННЯ	250 кг	
ПРИЧИНА ПОМИЛКИ		
АВТОМАТИЧНА РОБОТА		
ДОДАТКОВІ ПРОГРАМИ	ПОТОЧНИЙ ЦИКЛ РОБОТИ	ФУНКЦІ КНОПОК
ЗМІСТ	ДОПОМОГА	

КОНТРОЛЬНА КАРТИНА НА МОНІТОРІ



ПАНЕЛЬ КЕРУВАННЯ

Рисунок 2.2 – Типовий екран і таблиця комп'ютерного керування сучасним термопластавтомата

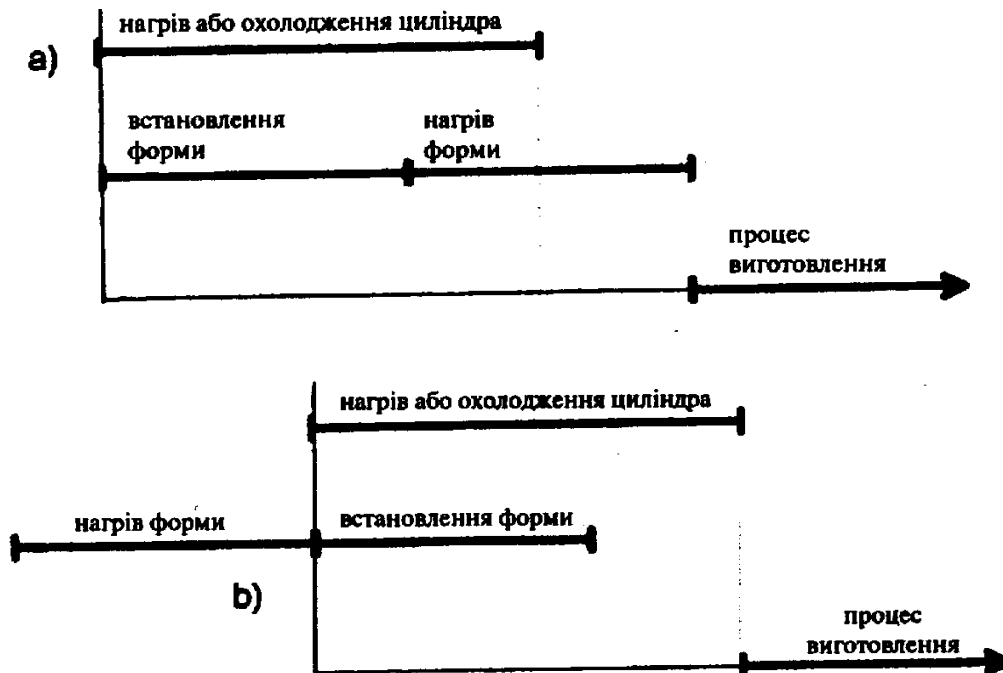


Рисунок 2.3 – Прискорення циклу настроювання термопластавтомата:

- а) з одночасним нагріванням циліндра і встановленням форми;
- б) з попереднім нагріванням форми

2.2 Підготовчі дії

2.2.1 Перевірка термопластавтомата

Перевірити чи рекомендації з встановлення форми відносяться до термопластавтомата, зазначеного в технологічній карті.

Перевірити чи термопластавтомат очищений від залишків попереднього матеріалу.

Перевірити, чи термопластавтомат знаходиться в справному стані і чи послідовність рухів може регулюватися циклом «ручне керування».

Підтвердити справність аварійних вимикачів, сигналів тривоги у випадку неполадок, а також захисних вимикачів. Визначити чи термопластавтомат має все необхідне комплектне і вмонтоване інтегральне оснащення (яке є частиною машини):

- шнек і циліндр визначеного діаметру;
- відповідний тип сопла: відкритий, закритий поршневий або голчастий;
- шнек без насадки, з насадкою або зворотним клапаном;
- завантажувальний бункер з обігрівом чи без;
- механічний упор чи гідравлічний виштовхувач термопластавтомата;
- під'єднувальні приводи охолодження резервуару мастил, зони завантаження циліндра чи столів термопластавтомата;
- систему регулювання температури з водоміром для регулювання витрат води окремих зон, чи водяний або масляний термостат.

Визначити вид і місце підключень напруги, води і стисненого повітря.

Переконайтеся, що термопластавтомат не має видимих механічних ушкоджень, зокрема чи немає:

- пошкоджень країв центруючого отвору збоку сопла;
- пошкоджень сопла;
- забруднення або зрушення столів;
- пошкодження гвинтових отворів для кріплення форми;
- сліди задирання на колонках;

- нерівномірність руху (стрибкоподібний рух);
- перегорання ізоляції, пошкодження вилки чи проводів;– витікання сировини з циліндра вздовж гвинта сопла.

Наладчик повинен підтвердити, що він ознайомлений із системою керування й обслуговування даного термопластавтомата.

2.2.2 Перевірка форми

Перевірити, чи форма має належно вкручені рим-болти.

Перевірити, чи форма захищена від відкривання під час транспортування.

Перевірити, чи розміри форми – висота і ширина дозволяють установити форму між колонками термопластавтомата.

Перевірити, чи перед установкою форми не були демонтовані гідродвигуни, що приводять у рух бічні знаки (в деяких термо-пластавтоматах можливе зняття колонок, що проводиться для полегшення монтажу форми).

Перевірити, чи центруючі кільця відповідають типові даної машини.

$$\begin{aligned} r_{\text{к втулки}} &\geq (1-2 \text{ мм}) + R_{\text{к сопла}} \\ d_{\text{втулки}} &\geq (0,5-1 \text{ мм}) + D_{\text{сопла}} \end{aligned}$$

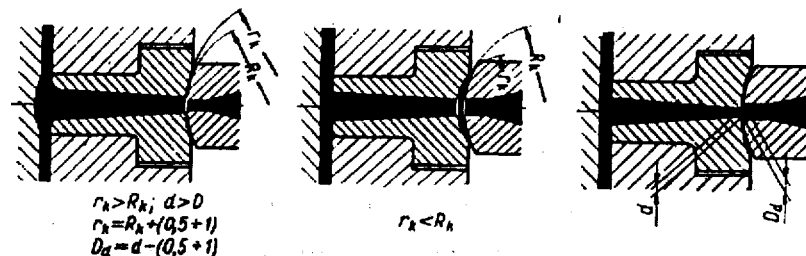


Рисунок 2.4 – Спряження сопла з ливниковою втулкою:

а) правильна; б), в) неприпустима

Перевірити, чи дотримуються наступні співвідношення радіуса й отвором ливникової втулки форми термопластавтомата з радіусом:

Перевірити, чи втулка гарячеканальна відповідає соплу термопластавтомата (мал. 2.4).

Проконтролювати довжину упора форми і перевірити, чи існує можливість спільної роботи з упором машини для одержання відповідного ходу виштовхувача.

Перевірити, яка система підключення охолоджувального циклу – швидкоз'ємна, хомутова.

озкрити форму і переконатися, що вона була оглянута і законсервована.

При виявленні слідів іржі або патьоків на поверхні, зробити ремонт форми і провести випробування.

Розконсервувати форму (м'які текстильні відходи).

2.2.3 Контроль допоміжного устаткування

Вибрати засіб транспортування з огляду на:

- вагу форми;
- спосіб доступу до термопластавтомата;
- безпеку праці.

Переконатись, чи підготовлене необхідне допоміжне знаряддя:

- близьке транспортування необхідної сировини і відливок
- сепаратор відлитих виробів;
- технологічні приспособлення.

2.3 Встановлення форми

2.3.1 Транспортування і кріплення форми

Перевірити чи попередня програма роботи термопластавтомата переставлена на відповідну чи стандартну.

Перевести термопластавтомат у режим «ручне обслуговування».

- * Перед встановленням форми виміряти її висоту і відповідно до неї, з певним запасом, зробити установку столів термопластавтомата.
- * Відкрити столи термопластавтомата і зняти захисний кожух.
- * Вимкнути привід гідродвигуна.

На нижні колонки чи на раму термопластавтомата покласти дошки, що захистять форму від випадання (якщо це не буде перешкоджати при встановленні).

Підняти форму за рим-болти за допомогою підйомника і поставити або встановити її за допомогою візка зі стрілою.

Увага:

- для скорочення часу запуску форма попередньо може бути підігріта;
- форма повинна бути захищена від випадання, не можна стояти під формою.

Помістити форму між столами термопластавтомата й установити її на центруючому кільці, з боку сопла; найчастіше, з огляду наспільну вісь сопла, допустимий зазор складає 0,1 мм.

У більшості великих термопластавтоматів для полегшення встановлення форми можна висунути одну із направляючих колон, що знаходиться в робочому просторі між столами (це, само собою, не відноситься до термопластавтоматів без колон).

Безпосередньо гвинтами або прижимами прикріпити опорну плиту форми до основного столу термопластавтомата.

Увага:

- опорна частина затискаючих прижимів повинна мати таку ж саму висоту як і товщина плити кріпильної форми (в іншому випадку форма може випасти);
- кріпильні болти повинні бути вкручені на глибину щонайменше 1,5 діаметра гвинта;
- між прижимами і головкою болта використовувати шайби.

Зняти захисну дошку чи інший механічний захист.

Ввімкнути гідравлічний двигун.

Повільно присунути (при зменшеній швидкості відкривання–закривання) до форми рухомий стіл.

Присунути вручну або за допомогою двигуна рухомий стіл до повного виправлення колінчато-шатунного механізму.

Прикріпити рухому половинку форми до стола термопластавтомата.

Відкрутити, (якщо вони виступають), планки, що захищають половинки форми від розімкнення.

- * Форму зняти з підйомника або висунути візок.
- * Відхилити форму і загвинтити гайки направляючих колон ^аблизько 1/4 обороту.
- * Перевірити справність закривання, уживши зусилля замикання.
Увага! Можливе звисання може бути викликане зношенням направляючих елементів форми або втулок, які направляють стіл термопластавтомата.
- * Перевірити справність функціонування програми захисту форми.
- * Дотягнути закріплюючі гвинти при повному замиканні (особливо, якщо підкладені ізоляційні плити).

2.3.2 Підключення форми

При наявності форми з боковими приводами знаків підключити гідравліку або пневматику до привідних двигунів.

Напіввідкрити форму.

Увага! У формах з бічними знаками перед відкриванням увімкнути програму «висування знаків». Висунути знаки для уникнення можливої колізії з виштовхувачами.

Встановити висоту виштовхувача за допомогою регулювання кручення упору термопластавтомата.

Увага! Максимально можливе переміщення плити виштовхувачів повинне бути на 5мм менше від її крайнього положення, визначеного будовою форми. Існують форми, у яких упор термопластавтомата з'єднаний муфтою з упором форми.

Альтернативне під'єднати упор форми з штоком гідравлічного виштовхувача термопластавтомата.

Увага! Пам'ятайте про встановлення програми «гідравлічний виштовхувач». У розгорнутих формах з центральним зовнішнім привідним шпинделем прикрутити привідну гайку до упору і забезпечити її положення щодо шпинделя.

Підключити зони регулювання температури, відповідно до плану підключення, викладеного в технологічній карті.

Неприпустиме будь-яке довільне з'єднання замкнутої системи регулювання температури, (помилка свідчить про брак навичок)

Увага! З'єднувальні шланги не повинні мати згинів, рекомендуються стандартні з'єднувальні деталі, так звані "швидкоз'єднувачі", не рекомендується використовувати зажими, виготовлені за допомогою скрученого дроту (загроза перерізу шланга).

Перевірити герметичність.

Підключити пневматичну проводку допомоги виштовхуванню.

* Підключити проводки нагрівання і терморегуляції у формах згарячими каналами, з огляду на відповідність нумерації зон зонамтерморегулятора.

* Дати встановлену форму на перевірку.

2.3.3 Перевірка встановлення форми

Проводиться технологом або майстром по контролю і включає:

1. Перевірку готовності термопластавтомата до технологічного процесу і можливості використання встановленої форми.
2. Перевірку правильності закріплення форми.
3. Співвісність і контакт сопла термопластавтомата з ливниковою втулкою (зробити паперовий відбиток).
4. Рухи механізмів форми, тим самим можливості самовільного переміщення, напр., повзунів або випадання вставок.
5. Запобігання можливості колізії елементів.
6. Хід виштовхування.
7. Відповідність підключень зон охолодження схемам підключень технологічній карті.
8. Безпека енергетичних підключень форми.
9. Забезпечення безпеки праці.

2.4 Встановлення роботи термопластавтомата

2.4.1 Настроювання рухів

- Форма встановлена, підключена і перевірена.
- Ввімкнене нагрівання циліндра і сопла
- Ввімкнене охолодження (термостатування), резервуара мастил, циліндра і плит термопластавтомата.

2.4.2 Закривання і відкривання форми

А. Для кривошипно-шатунної системи

Метод відкривання в більшості випадків не залежить від висоти форми і може бути змінений.

- * Змикання форми відбувається за допомогою руху колінчатих важелів.
- * Змикання форми силою змикання відбувається завдяки тому, що після повного розправлення важелів настає пружинна деформація колонок термопластавтомата.
- * Сила змикання може бути збільшена або зменшена тільки за допомогою загвинчування або вигвинчування регулювальних гайок колонок. Не можна робити регулювання за допомогою зміни тиску.

Увага! З метою зменшення сили змикання необхідно викрутити гайки вліво і заново закрутити вправо, завдяки чому досягається необхідний зазор.

- * При неоднаковому затисненні гайок під час лиття може наступити надмірна напруга і тріщина в одній з колонок. У більш сучасних термопластавтоматах усі гайки підігнані централізовано, і тому рівномірність напруги колонок може контролюватися автоматично з виведенням на екран монітора.
- * Важелі мають гідравлічний привід, у старіших машинах мастило подається до двигуна за допомогою системи двох насосів: першого – низького тиску і великої витрати, другого – високого тиску і малої витрати. У сучасніших конструкціях використовуються насоси із змінною подачею.

- * Рухи по змиканню і розмиканню форми повинні здійснюватися відповідно до принципу: повільно-швидко-повільно. У конструкціях із двома насосами керування цим рухом здійснюється за допомогою кулачків або кінцевих вимикачів із встановленням вручну витрат мастила. У конструкціях із пропорційним регулюванням швидкості руху по закриванню запрограмовані.

Б. Для безпосередньо гідравлічних систем.

Шлях відкривання залежить від висоти форми: чим вища форма, тим менший запас шляху на відкривання і виштовхування відлитих виробів.

Змикання форми відбувається за допомогою висування одного блоку штока поршня циліндра – з малим діаметром, швидким рухом і великим шляхом, а потім другого – з повільним рухом, малим шляхом (10-20 мм), але з великим діаметром, за рахунок чого можливий натиск більшої сили.

Рух закриваючого циліндра можна почати тільки після блокування двигунів швидкого руху.

При перевищенні номінальної сили змикання зростає тиск в гідродвигуні, а це призводить до вмикання запобіжного клапана безпеки системи. При цьому не відбувається перевантаження направляючих колон. Сила змикання F_z встановлюється відповідно до формули

$$f_z = \frac{A \cdot p_f}{0.8 \cdot 100} \text{ [kN]}$$

де: A – проекція поверхні відлитих виробів, так звана, поверхня лиття см^2 ;

p_f – тиск, створюваний у формі під час лиття (бар) – див. мал. 2.5.

Для матеріалів із середньою текучістю приймається також:

PS, SB, SAN, CA, CAB, PE, PP, PVC_m – 250-400 бар

ABS, PC, PES, PSO, PA, POM, PBT, PVC_{lw} - 500-800 бар

Увага! Встановленою одиницею тиску відповідно до S/εMPa, але відповідно до норм DIN і в каталогах виробників термопластавтоматів використовується бар (1 бар = 0,1 МПа).

Досягнення більш високої економічності за допомогою більш високої швидкості змикання і розмикання може бути обмежене конструкцією форми (бічні повзуни, різьбові знаки і т.д.)

Швидкість розмикання також залежить від:

форми відливаного виробу, а саме:

- зношення (конусності) бічних стінок; може викликати підтоплення матеріалу в результаті тертя (поздовжні риси);

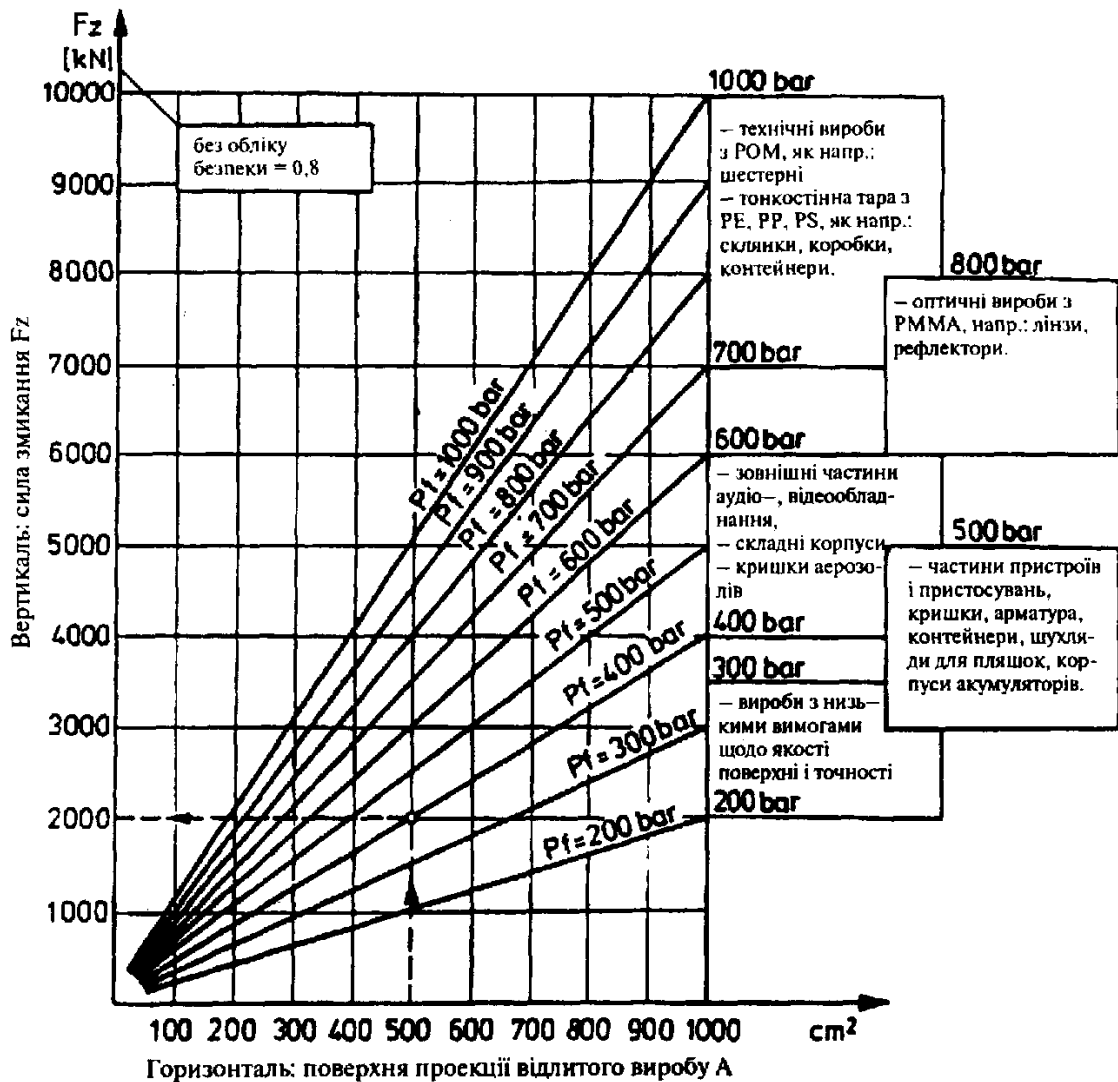


Рисунок 2. 5 – Діаграма визначення сили змикання форми P_T у залежності від середнього тиску p у формовочному гнізді і проєкції поверхні всіх відливок A [2].

- товщини стінок; можливість заклинювання форми;
- виникнення вакууметричного тиску, особливо в нижній частині тонкостінних відлитих виробів (посуда); деформація аб отріщини;

будови форми:

- дії її механізмів;
- піддатливості до деформації, що виникає в процесі лиття, спричиняючи ефект заклинювання;

Матеріали:

Іноді наступає, незважаючи на відділяючі засоби, дуже сильна адгезія (прилипання) матеріалу до добре відполірованих формуючих елементів (PVC м'які, PE малої густини, EVA, PU (термопластичні і т.п.).

Швидкість руху встановлюється за допомогою регулювання витрат мастил вручну або за допомогою відповідної програми (мал. 2.6).

покажчик, (індикатор) дійсного положення форми

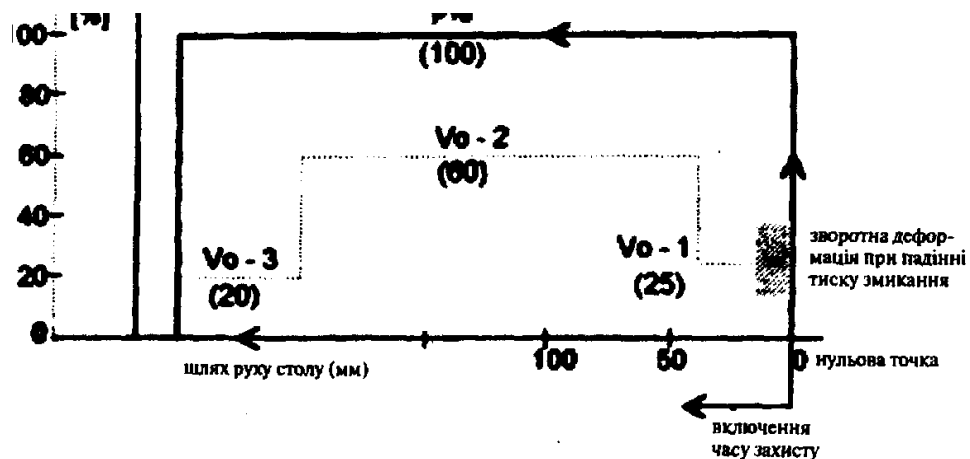


Рисунок 2. 6 – Приклад встановлення профілю швидкості і тиску при розкритті форми.

В іншому випадку в момент початку процесу розкриття включений «час захисту», що контролює час циклу.

Хід роз'єму не повинен бути більшим, ніж цього вимагає процес витягу відлитих виробів або додаткові маніпуляції, напр., закладання вставок, рух плеча роботи.

2.4.3 Виштовхування відлитих виробів

Необхідна сила і припустима швидкість виштовхування залежать від:

- форми відлитого виробу і кількості гнізд;
- усадки (властивості матеріалу, параметрів переробки, товщина стінки);

- температури $T_{и}$;
- гладкості поверхні пуансона (прилипання);
- схильності матеріалу до прилипання;
- міцності відливки (товщини стінок, твердості і витривалості матеріалу);
- можливості використання мастильних засобів;
- способу усунення вакуумметричного тиску (вакууму) між відливкою і пуансоном;
- конструкції системи виштовхування (напр., місця відділення, геометрії і кількості виштовхувачів);
- допомоги при виштовхуванні;
- вимог, що стосуються автоматизації;
- спільної роботи з роботом чи маніпулятором.

Що стосується упорів:

- звичайні пересувні з регульованою довжиною;
- пересувні, з роз'єднувальною або стаціонарною муфтою;
- гідравлічні (гідравлічні виштовхувачі).

Хід виштовхування повинен забезпечити повне зсування чи виштовхування відлитого виробу, але одночасно він повинен бути по можливості якнайменшим.

Між плитою виштовхувача і плитою форми повинен залишатися зазор щонайменше 5–10 мм.

При наїзді упору форми на упор термопластавтомата виштовхування відбувається наприкінці шляху роз'єму форми із силою і швидкістю, яка залежать від зусилля рухомої плити термопластавтомата. Необхідно пам'ятати про встановлення кулачка шляхового вимикача, що забезпечує сповільнення руху перед початком шляху виштовхування.

При використанні гідравлічного виштовхувача виштовхування може відбутися в будь-який момент роз'єму форми (скорочення циклу) або після її відкриття.

При гідравлічному виштовхуванні централізовано керуються:

- шлях виштовхування, що починається з пункту 0 (мал. 2.6, 2.7)
- час початку виштовхування: під час відкриття форми або під час перерви;
- швидкість виштовхування: відповідно до принципу повільно
- швидко-повільно;
- сила виштовхування;
- кількість ходів виштовхування.

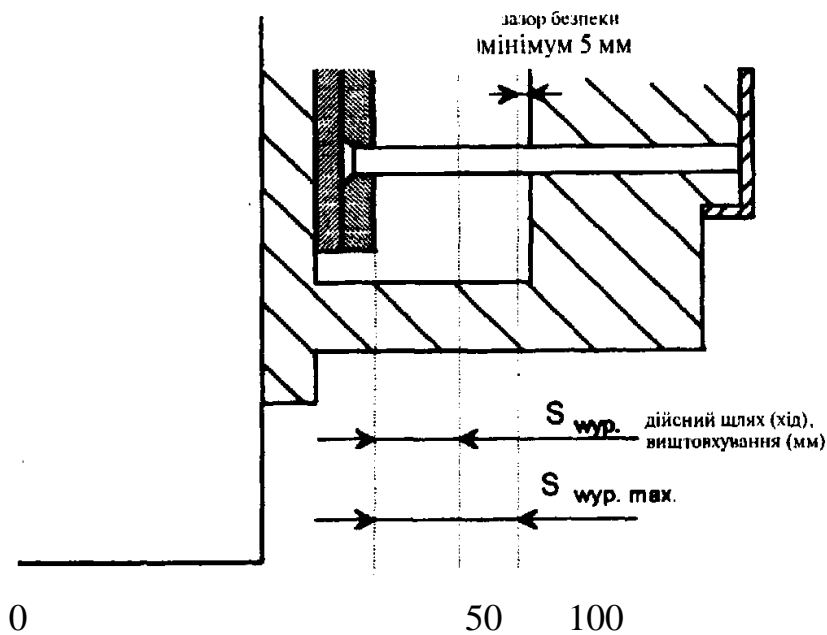


Рисунок 2. 7 – Визначення нульової точки і шляху виштовхувача

Увага! З погляду економічності виштовхування повинне починатися якомога раніше, необхідно прагнути до максимального скорочення шляху виштовхування.

У старих машинах використовуються установлювані вручну програмні регулятори «багаторазове виштовхування» і повернення виштовхувачів.

Щораз частіше при одно- і багаторазовому механічному виштовхуванні застосовується допоміжна дія стиснутого повітря чи швидкохідних роботів.

При секундних циклах роботи швидкісних термопластавтоматів відлиті вироби не встигали б випадати з форми під дією власної ваги. У таких випадках ефективним є удар по виробу струменем стиснутого повітря.

За допомогою струменя стиснутого повітря відливки можна направляти у відповідні отвори тунелю чи в рукави спуску, а за допомогою роботів

складати у визначеному місці на конвеєрній стрічці чи вимірювальному пристрої.

Момент вмикання і вимикання стиснутого повітря встановлюється за допомогою датчиків ходу, реле часу або програмується централізовано (як функція часу, так і функція шляху).

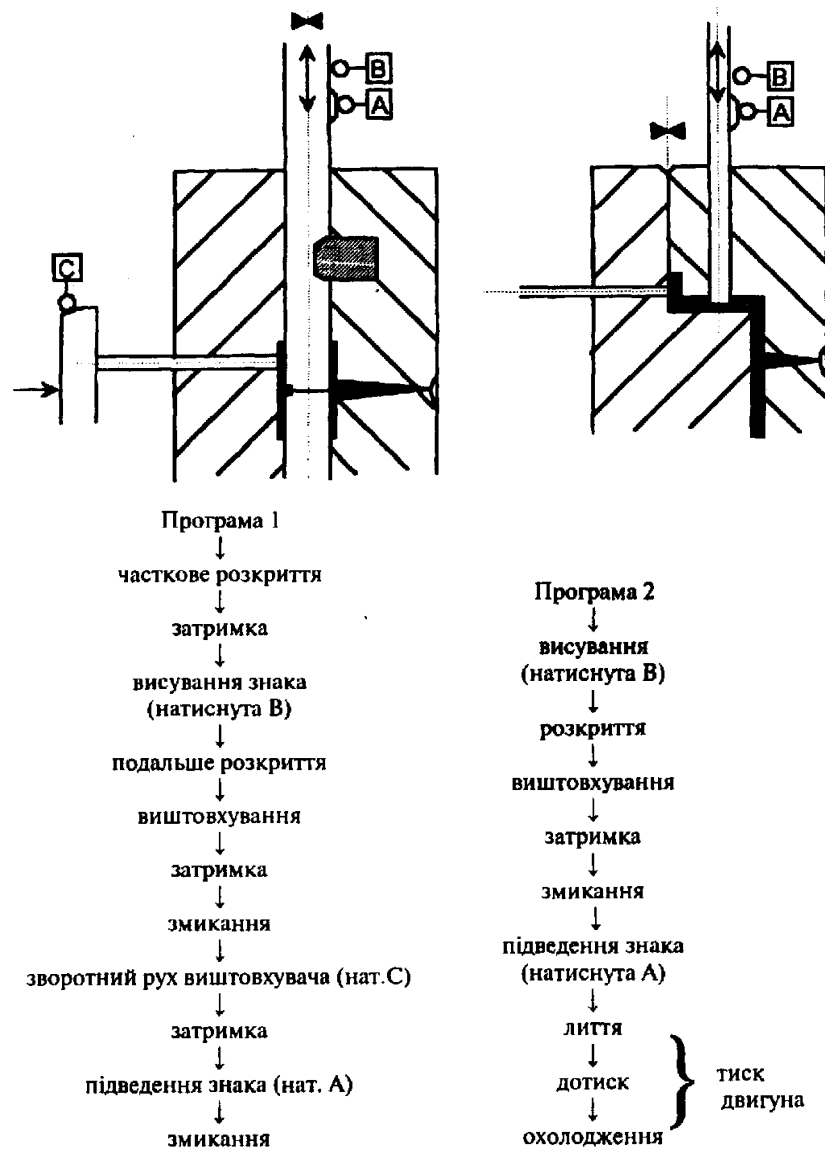


Рисунок 2. 8 – Способи захисту і програми роботи бічних знаків із самостійним приводом А, В, С– шляхові вимикачі

Керування рухами робота відбувається за допомогою регулюючої комп'ютерної системи термопластавтомата.

2.5 Встановлення параметрів системи пластифікації і лиття матеріалу

2.5.1 Температура матеріалу

Правильно проведений процес пластифікації забезпечує термічну і механічну однорідність рідкої маси матеріалу, а також дозволяє досягти правильного дозування для кожного циклу лиття. Це можливо винятково в тих випадках, коли застосовуються термопластавтомати із шнековою системою пластифікації.

Матеріал, починаючи з моменту його подачі в циліндр аж до виймання з форми у вигляді відлитого виробу, піддається термічному процесові, що вимагає точного контролю.

На температуру матеріалу безпосередньо впливають:

Таблиця 2. 1 Фактори впливу на температурні режими

У циліндрі	У формі
Температура стінок*	Час перебування матеріалу в гарячих каналах
Тиск пластифікації*	Температура гарячих каналів*
Обертובה швидкість шнека*	Теплота тертя при швидкій текучості в підвідних каналах, а особливо в гнізді
Час перебування матеріалу в циліндрі, що залежить від тривалості циклу й об'єму лиття.	Температура стінок гнізда форми*

* Встановлювані параметри.

Усі зміни температури матеріалу, як у циліндрі, так і під час течії у формі, впливають на в'язкість матеріалу і викликають зміни тиску й умов течії. І, навпаки, – кожна зміна швидкості лиття, часу циклу і тиску викликають зміни температури матеріалу.

2.5.2 Температура лиття $T_{впр}$ (°C)

Температурою лиття є температура, до якої нагрітий матеріал в циліндрі термопластавтомата. Вона може безпосередньо контролюватися за

допомогою занурення термопари в матеріал, виштовхнутий у вільний простір.

Увага! Приймається та умова, що для даного матеріалу і геометрії форми існує одна оптимальна температура лиття матеріалу. На неї орієнтуються при встановлюванні інших технологічних параметрів.

Сировина в циліндрі нагрівається завдяки:

- теплу, що дають нагрівачі циліндра і сопла: $T_{c,123}$, T_D ;
- теплу, отриманому в результаті опору тертю, що виникає під час обертання шнека. Частка теплоти тертя складає від 15% (РА) до 80% (PVC) від загального тепла.

Нагрівання речовини відбувається поступово, а на установку температур $T_{c,123}$, T_D впливають наступні фактори:

- А. Властивості матеріалу:
- Б. Властивості добавок до матеріалу:
- В. Властивості конструкції блоку пластифікації:
- Г. Інші налагоджувальні параметри лиття:
- Д. Конструкція форми:

В інструкціях з використання сучасних видів пластмас зазначені нижній і верхній діапазони температур лиття, а також діапазони температур наявних зон. Для конкретного матеріалу виробники подають дуже приблизні величини. Вибір необхідної температури залежить від раніше поданих даних.

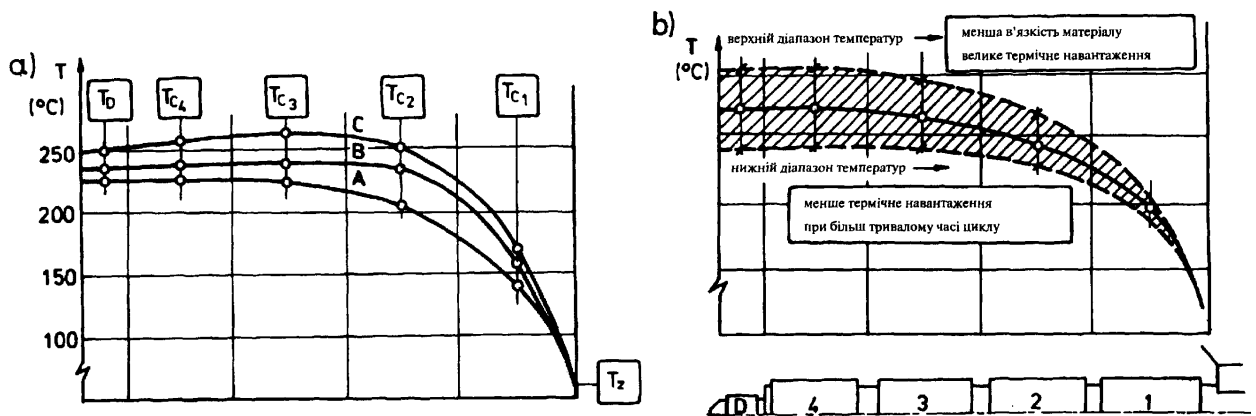


Рисунок 2. 9 – Процес зміни температур циліндра:

а) профіль температур; б) діапазон температур

Таблиця 2.1 – Температури, що застосовуються при литті термопластичних речовин [1,5,6,7]

Термо-пластичні матеріали	Температури (*С)								Прим. Технологічна
	T _{ВЛТ} . лиття	Зони нагрівання			Зони завантаження T _{зав}	Форми T _Г	Видалення виробу T _{вид}	Пониження при перерві 5-10 хв.	
		сопло T _р	Передня частина циліндра	Задня частина циліндра					
Аморфні Допустимі коливання температур 2–5 °С									
PS	190-280	220-240	180-230	150-180	20-30	10-50	80	230	
SB	190-280	220-240	180-230	150-180	20-30	10-50	90	230	
SAN	220-260	210-240	210-240	180-210	40	30-80	ПО	200	2)
ABS	220-250	220-250	210-240	200-230	30-50	30-80	100	200	2)
PPE	270-310	320-340	320-330	250-270	40	80-105	200	190	1)
PPE+30WS	270-310	320-340	320-330	250-270	40	70-120	210	190	1)
PVC твердий	170-210	170-210	160-190	140-160	30-40	20-60	80	100	1)3), 4)
PVC м'який	140-200	170-200	160-190	140-160	40	20-60	60	100	1)3)

2.5.3 Температура зони завантаження T_з

Гільза циліндра охолоджується проточною водою (рекомендується термостатування), тому що в зоні подачі шнека матеріал підігрітий тільки

попередньо. Швидке клеєння гранул ускладнює евакуацію повітря, а „містки“, що утворюються, унеможливають відбір маси з зони завантаження. Подача вмикається перед початком нагрівання циліндра.

2.5.4 Температури форми $T_f(^{\circ}\text{C})$

Параметрами наладки є температура T_{ch} , $23\dots$ і витрати Q_{ch} , 23 води чи мастила, що регулює температури окремих зон форми. Підсумковим параметром є температура поверхні гнізда форми T_f , скорочено названа температурою форми.

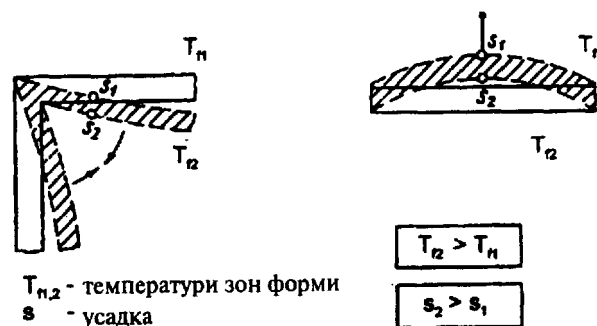
Застосовується:

- при виробництві якісних технічних виробів, особливо матеріалів частково кристалічних $T_f = 60\text{--}120^{\circ}\text{C}$ – для уніфікації усадки і мінімізації внутрішніх напружень;
- при виробництві масових виробів $T_f = 10\text{--}20^{\circ}\text{C}$ з економічної точки зору – для скорочення часу циклу.

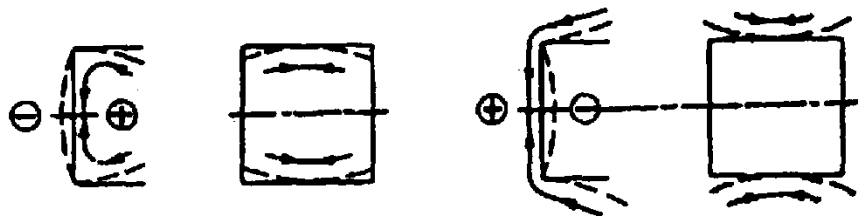
Джерелом живлення є розділювач з вимірником текучості, який є обладнанням термопластавтомата чи термостатом, працюючим у замкнутому колі.

Недопустимий поступовий розігрів форми в процесі виробництва.

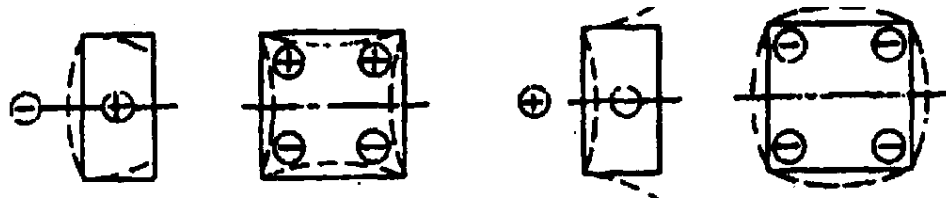
Нерівномірний відвід тепла з усієї поверхні виробу викликає вигин стінок (розходження усадки) (мал. 2.12).



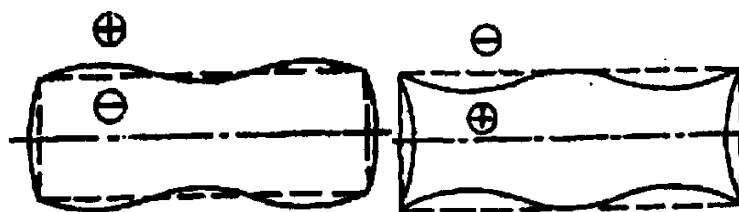
Деформація кутів Деформація площини ,



Деформація виробів з лотковим профілем



Деформація квадратних коробок



Деформація прямокутних контейнерів

Рисунок 2.10 – Типові деформації відлитої виробів, що викликають через неправильний розподіл температур пуансона і матриці, що викликає розходження усадки внутрішніх і зовнішніх стінок відливки

2.6 Дозування (пластифікація). Шлях дозування S_f (мм)

Обертальний шнек відбирає і пластифікує матеріал, що збирається в передній частині циліндра, а тиск пластифікації, що утворюється при цьому, (або дозування) p_{pl} спричиняє відсунення шнека назад. Зупинка зворотнього руху шнека викликає також його зупинку на визначеному пункті так званого шляху дозування S_{pl} .

Від шляху дозування залежить об'єм пластифікації (дозування) V_{pl} , що складається з:

V_w – об'єму лиття ($см^3$) тобто місткості усіх гнізд і холодних каналів у формі;

V_d – об'єму дотиску ($см^3$) тобто кількості маси, яку необхідно додатково доставити в гнізда, щоб заповнити втрати усадки. У такий же спосіб шлях дозування S_{pl} складається з: S_w – шляху лиття, по якому переміщається шнек під час швидкого заповнення форми;

S_d – шляху дотиску, по якому повільно переміщається шнек, подаючи додаткову кількість матеріалу під час її усадки у формі.

$$S_{pl} = S_w + S_d \text{ (MM)}$$

Для правильної роботи і для запобігання зіткнення кінця шнека з кінцем циліндра, перед шнеком залишається залишкова подушка матеріалу, що не використовується, товщиною біля $(0,05-0,1) S_p$ $S_{pl} = 1400 \frac{V_w}{D^2}$ [mm]

$$S_{pl} = 1400 \frac{V_w}{D^2} \text{ [mm]}$$

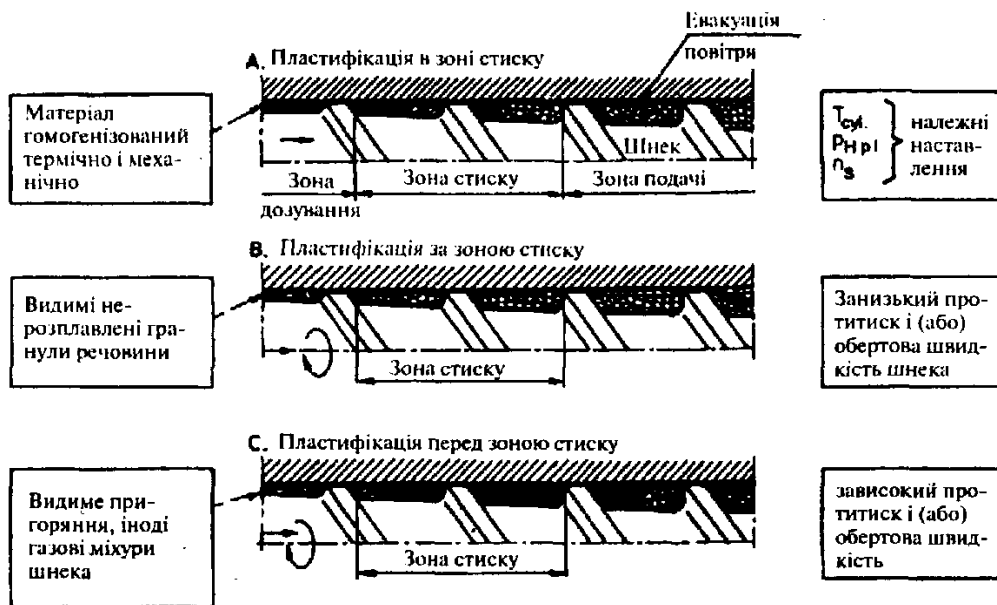
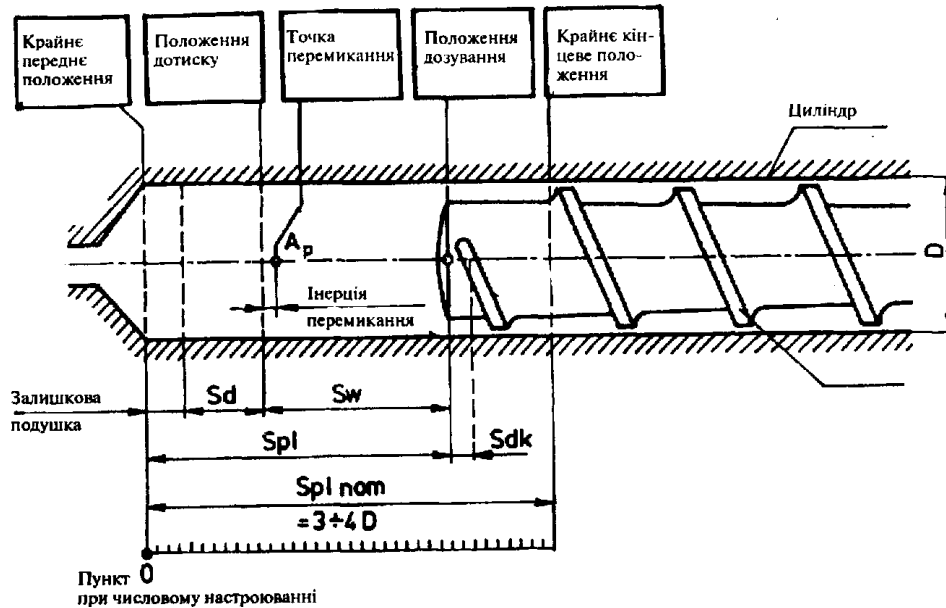


Рисунок 2. 11 – Процес пластифікації речовини в зоні стиску шнека:

А. правильний; В. з запізненням; С. передчасний

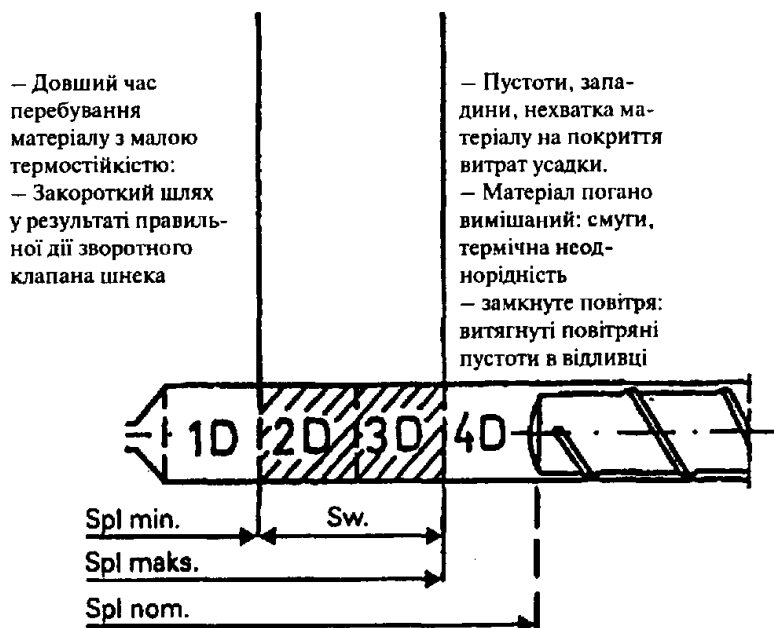


Рисунок 2. 12 – Складові шляхи дозування

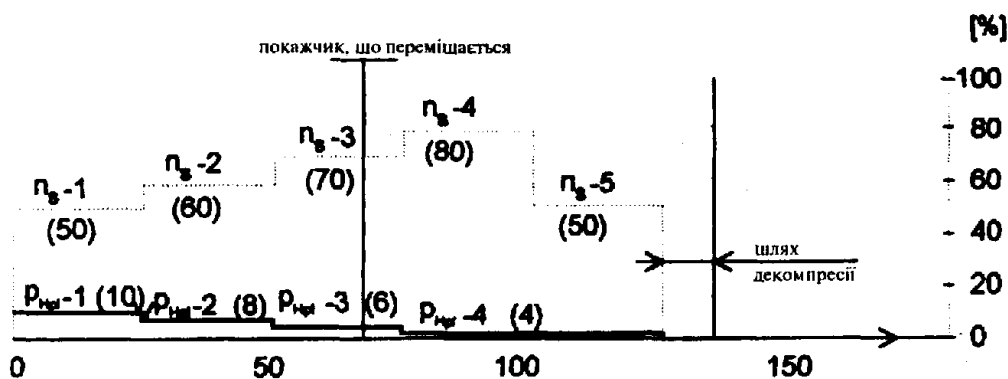


Рисунок 2. 13 – Рекомендований діапазон використання ємності термопластавщрмата [14]

Оберти шнека n_s (мін.¹)

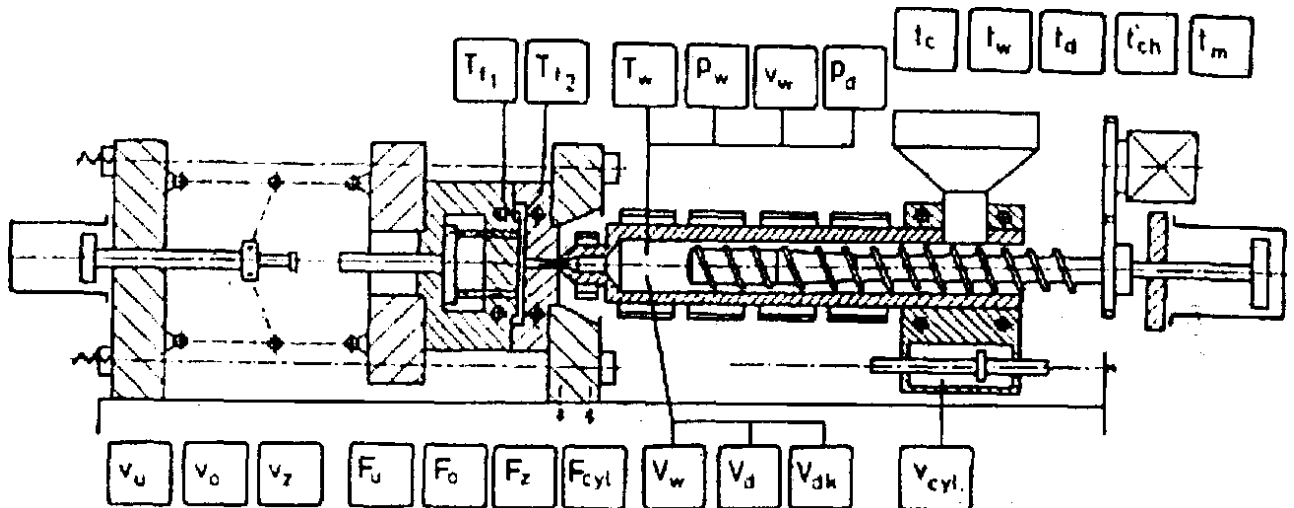
Обертальний рух шнека викликає переміщення гранул матеріалу вперед і завдяки геометрії шнека і впливової температури усувається повітря з зони загрузки, а в зоні стиску відбувається поступове плавлення і розмішування матеріалу. Обертання шнека дає таку ж можливість для регулювання температури матеріалу, як і протитиск при дозуванні.

Допустима швидкість обертання $V_{\text{доп.}}$ (rti/s) досягається головним чином за рахунок термостійкості матеріалу. Виставлена кількість обертів n_s шнека з діаметром D (мм) вираховують по формулі:

$$n_s = 60 \times 1000 \frac{V_{\text{дон}}}{\pi D} \cong 19000 \frac{V_{\text{дон}}}{D} [\text{об} / \text{хв}].$$

або, як показано на мал.18, де також зазначені величини $V_{\text{дон}}$ різних речовин.

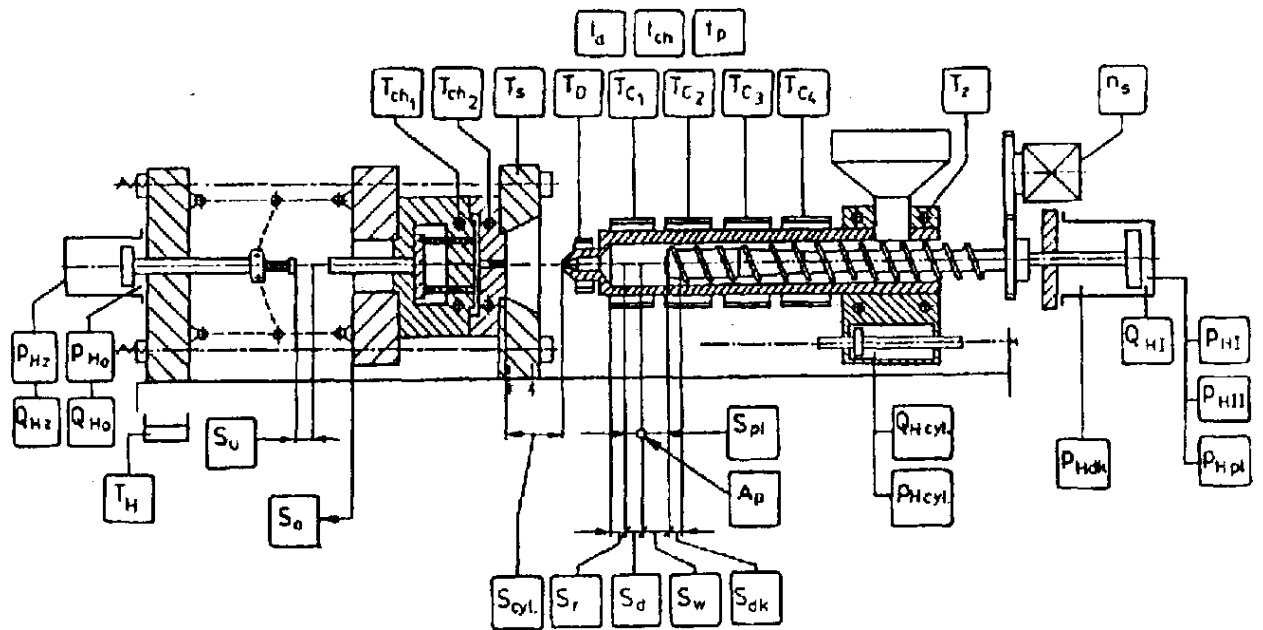
2.7 Параметри настроювання термопластавтомата



- t_c — час дотиску;
- t_{ch} — час охолодження;
- t_p — час перерви;
- $t_{\text{безп.}}$ — час захисту;
- T_{ch1}, T_{ch2} — температури рідини обігу регулювання температури форми;
- $T_{1,2,\dots,n}$ — температура нагрівників;
- T_d — температура сопла;
- T_z — температура циліндротримача;
- T_s — температура столів;
- T_H — температура приводного мастила;
- S_u — шлях (крок) виштовхування;
- S_o — шлях розкриття;
- $S_{\text{безп.}}$ — шлях захисту;
- S_{pl} — шлях дозування;
- S_w — шлях лиття;
- S_d — шлях дотиску;
- S_r — товщина залишкової подушки;
- S_{dk} — шлях декомпресії;

- S_{cyl} — шлях підведення циліндра;
- n_s — оберти шнека;
- P_{Hz} — тиск мастила при змиканні (не позначено);
- $P_{Hz \text{ безп.}}$ — тиск мастила при захисті форми (не позначено);
- P_{Ho} — тиск мастила при відкритті;
- $P_{n \text{ cyl}}$ — тиск мастила при переміщеннях циліндра;
- P_{H1} — тиск мастила при литті (1-й ступінь тиску);
- P_{HII} — тиск мастила при дотиску (2-й ступінь тиску);
- P_{Hpl} — протитиск;
- $P_{H dk}$ — тиск мастила при декомпресії;
- Q_{Hz} — витрати мастил при змиканні;
- Q_{Ho} — витрата мастил при розкритті;
- $Q_{H \text{ cyl}}$ — витрата мастил при переміщеннях циліндра;
- Q_{H1} — витрата мастил при литті

Рисунок 2. 14 Основні параметри настроювання термопластавтомата



- | | |
|---|---|
| t_c — час циклу; | P_w — тиск лиття; |
| t_w — час лиття; | P_d — тиск дотиску; |
| t_d — час дотиску; | V_w — швидкість лиття; |
| t_{ch} — час охолодження; | V_z — швидкість змикання форми; |
| t_m — машинний час: розкриття, | V_o — швидкість роз'єму форми; |
| змикання, переміщень циліндра; | V_u — швидкість виштовхування виробу; |
| T_{n1}, T_{n2} — температури зон форми; | $V_{cyl.}$ — швидкість переміщень циліндра; |
| T_w — температура лиття; | F_z — сила змикання; |
| V_w — об'єм лиття; | F_o — сила роз'єму; |
| V_d — об'єм дотиску; | F_u — сила виштовхування; |
| V_{dk} — об'єм декомпресії; | $F_{cyl.}$ — сила тиску сопла |

Рисунок 2. 15 – Основні параметри процесу лиття

2.8 Розробка системи керування технологічним процесом лиття

Виходячи з попереднього пункту в якому зауважено основні параметри процесу налагоджування термопластавтомату та технологічного процесу лиття полімерів під тиском, в проектованій системі керування пріоритетними параметрами контролю є тиск і температура, відповідно регульованими параметрами є температура нагріву та швидкість подачі приводу від, якої залежатиме тиск полімеру та швидкість його подачі в ливникову форму.

Тип системи керування доцільно вибрати програмний, на базі мікропроцесорного комплекту KP1816BE51, котрий забезпечить необхідні параметри системи керування.

В склад системи входитимуть наступні функціональні модулі:

- Модуль обчислювача, при значеній для виконання загальної функції керування рухами термопласт автомату (змикання, розмикання форми, дотискування і.т.п), та обчислень законів регулювання тиском та температурою при виконання процесу заповнення форми полімером.
- Модуль індикації та клавіатури, призначений для управління термопласт автоматом з клавіатури – завдання режимів роботи, пуск автомату, прогрів, робочий хід, налагодження тощо. Відповідно індикувати значення контрольованих параметрів температури та тисків термопластавтомату та обраних режимів роботи.
- Модуль АЦП та давачів з мультиплексорним інтерфейсом, для забезпечення каналів вимірювання не менше 8-ми по кожному з контрольованих параметрів температури і тиску лиття.
- Модуль узгодження з виконуючими пристроями призначений для розв'язки керуючих сигналів.

2.8.1 Структурна організація мікроконтролера i8051.

Загальні характеристики.

Мікроконтролери MSC51 8051 мають наступні апаратні характеристики:

- внутрішнє ОЗП обсягом 128 байт;
- чотири двохнаправлені побітно що набудовуються восьмирозрядних порти вводу-виводу;
- два 16-розрядних таймери-лічильники;
- вбудований тактовий генератор;
- адресація 64 Кбайт пам'яті програм і 64 Кбайт пам'яті даних;
- дві лінії запитів на переривання від зовнішніх пристроїв;
- інтерфейс для послідовного обміну інформацією з іншими чи мікроконтролерами персональними комп'ютерами.

Мікроконтролер MSC51–8751 забезпечений УФ ПЗП обсягом 4 Кбайт.

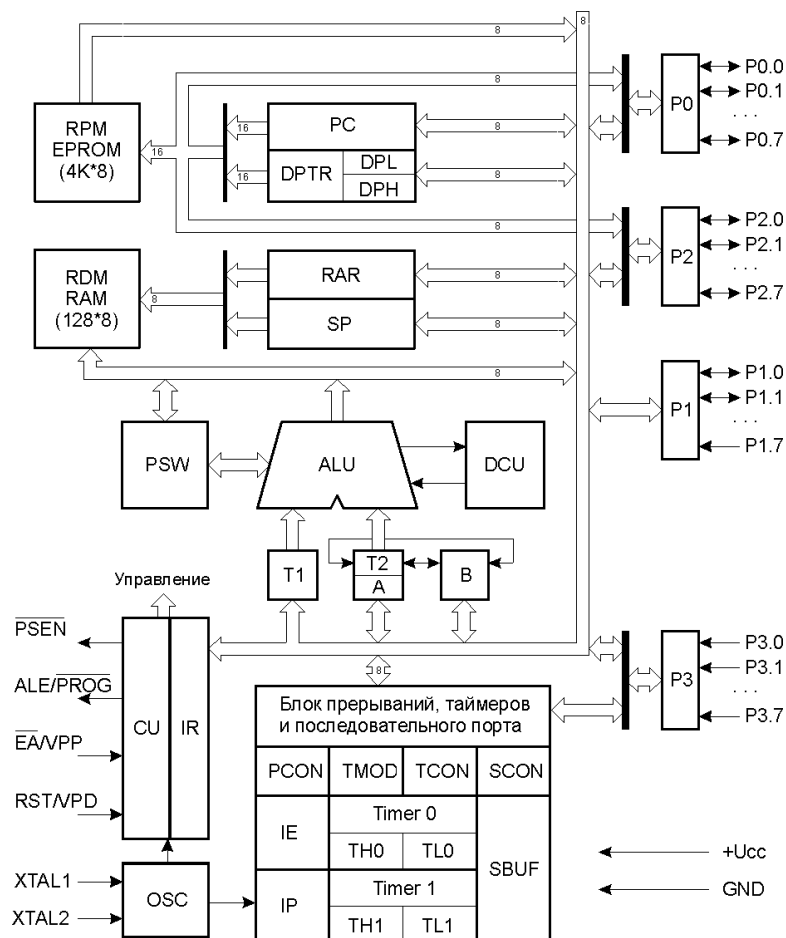


Рисунок 2. 16 – Схема структурна мікроконтролера KM1816BE51

P1.0	1	40	Vcc
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RESET	9	32	P0.7 (AD7)
(RxD) P3.0	10	31	EA/Vpp
(TxD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
Vss	20	21	P2.0 (A8)

Рисунок 2. 17 – Призначення виводів 8051.

Позначення на цьому малюнку:

U_{ss} — потенціал загального проводу ("землі");

U_{cc} — основна напруга живлення +5 В;

X1, X2 — виводи для підключення кварцового резонатора;

RST — вхід загального скидання мікроконтролера;

PSEN — дозвіл зовнішньої пам'яті програм; видається тільки при звертанні до зовнішнього ПЗП;

ALE — строб адреси зовнішньої пам'яті;

EA — відключення внутрішньої програмної пам'яті; рівень 0 на цьому вході змушує мікроконтролер виконувати програму тільки зовнішнє ПЗП; ігноруючи внутрішнє(якщо останнє є);

P1 — восьми бітний квазі двохнаправлений порт вводу/виводу: кожен розряд порту може бути запрограмований як на вводу, так і на вивід інформації, незалежно від стану інших розрядів;

P2 — восьми бітний квазі двохнаправлений порт, аналогічний P1; крім того, виводи цього порту використовуються для видачі адресної інформації при звертанні до зовнішньої пам'яті чи програм даних (якщо використовується 16-бітова адресація останньої). Виводи порту використовуються при програмуванні 8751 для вводу в мікроконтролер старших розрядів адреси:

P3 — восьми бітний квазі двохнаправлений порт, аналогічний P1; крім того, виводи цього порту можуть виконувати ряд альтернативних функцій, що використовуються при роботі таймерів, порту послідовного вводу-виводу, контролера переривань, і зовнішньої пам'яті програм і даних;

P0 — восьми бітний двохнаправлений порт вводу-виводу інформації: при роботі з зовнішніми ОЗП і ПЗП по лініях порту в режимі тимчасового мультиплексування видається адреса зовнішньої пам'яті, після чого здійснюється чи передача прийом даних.

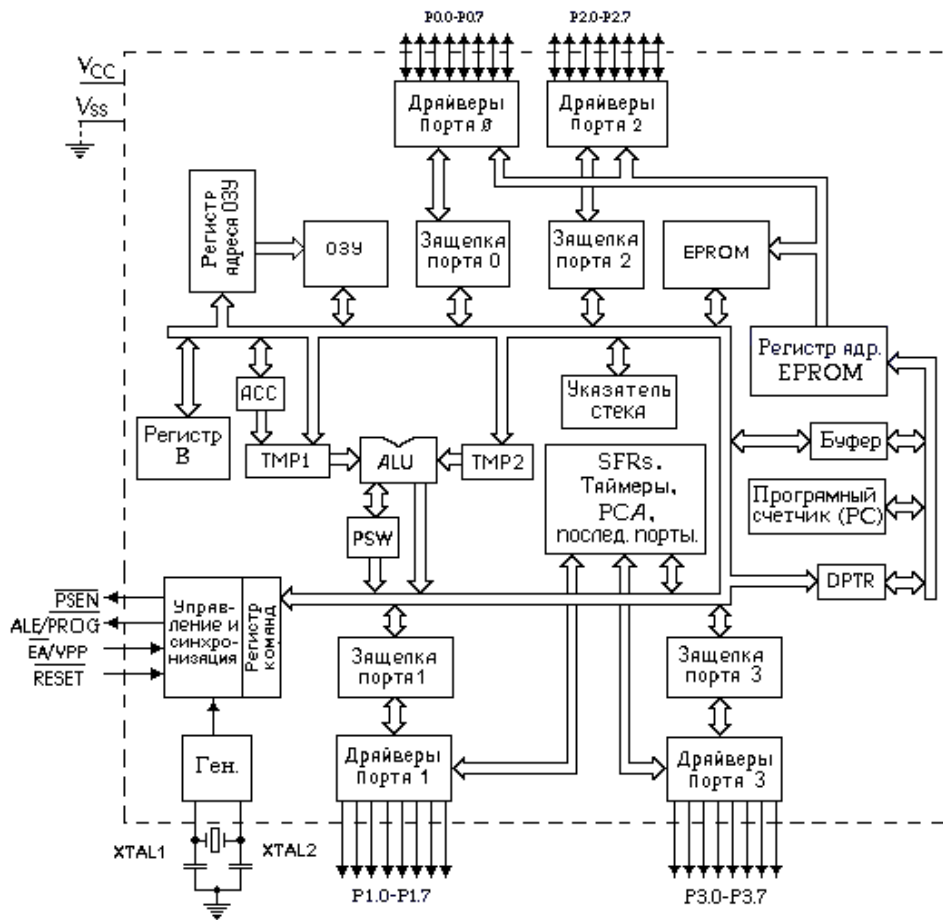


Рисунок 2. 18 – Схема структурна схема контролера K1830BE751

Пристрій паралельних портів мікроконтролерів MCS-51

Порти P0, P1, P2, P3 є квазі двонаправленими вводу/виводу і забезпечують обмін даними мікроконтролера з периферійними пристроями, утворюючи 32 лінії вводу/виводу. Кожний портів має 8-розрядний регістр, з байтовою і бітовою адресацією для установок (запис '1') чи скидання (запис '0') розрядів. Виходи цих регістрів з'єднані з зовнішніми ніжками мікросхеми. Спрощена схема одного розряду порту показана на мал. 2.19.

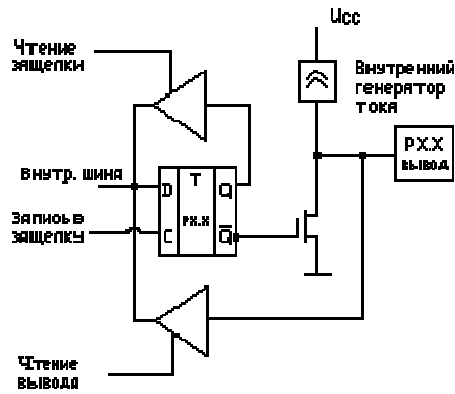


Рисунок 2. 19 – Спрощена схема одного біта порту.

Порти мікросхеми служать для керування зовнішніми пристроями , підключеними до мікроконтролера. Схема підключення найпростіших зовнішніх пристроїв приведена на малюнку 2.20. Цей рисунок ілюструє особливості підключення індикаторів до паралельних портів мікроконтролера MCS-51.

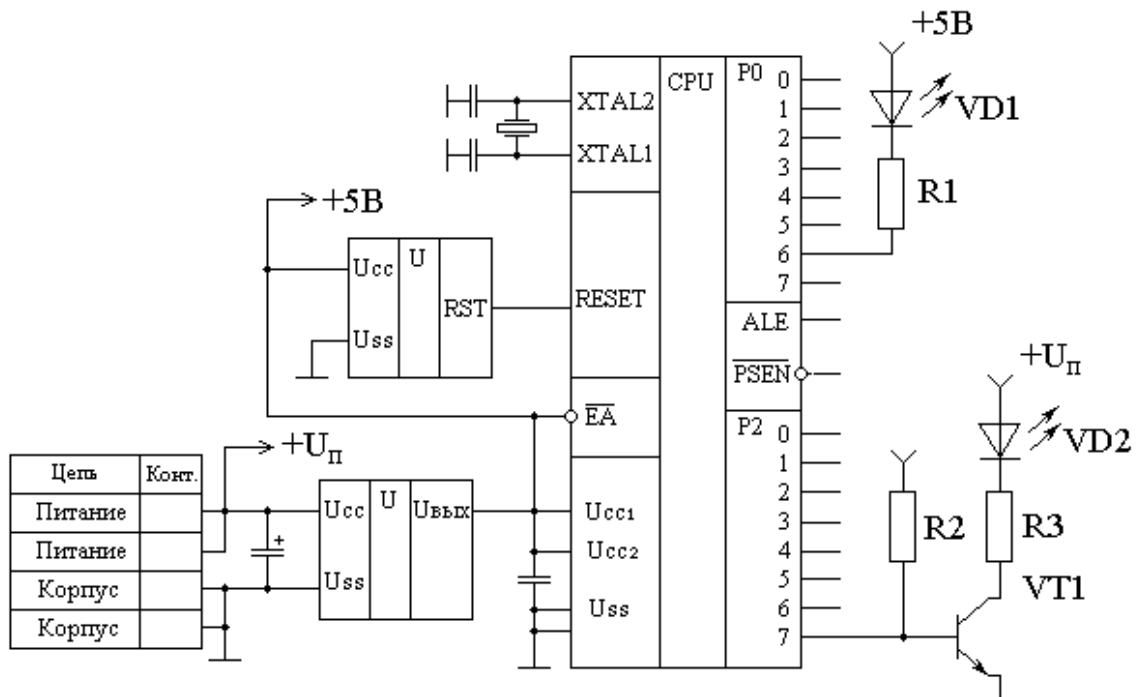


Рисунок 2. 20 – Схема підключення світлодіодних індикаторів до паралельного порту.

Адрес порта 080h	Ст. зн. Разр	Ст. зн. Разр	Ст. зн. Разр	Ст. зн. Разр	Ст. зн. Разр	Ст. зн. Разр	Ст. зн. Разр	Ст. зн. Разр	Мл. зн. Разр	P0
A/D7	A/D6	A/D5	A/D4	A/D3	A/D2	A/D1	A/D0			
P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0			
87h	86h	85h	84h	83h	82h	81h	80h			

Рисунок 2. 21 – Адресація порта

Схема використання порту P0 як шини даних приведена на малюнку 2.32.

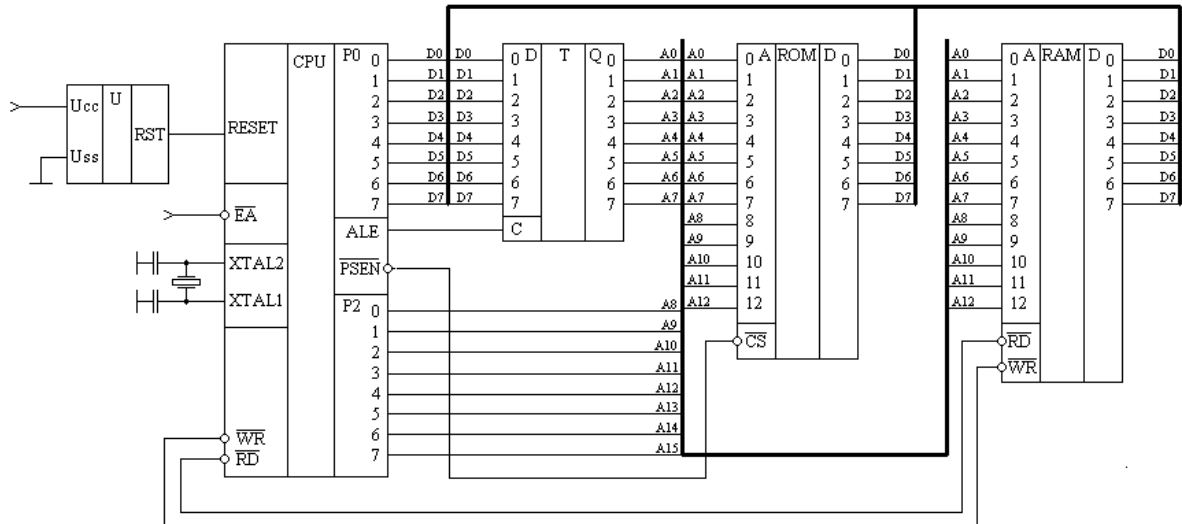


Рисунок 2. 22 – Використання порту P0, як шини даних.

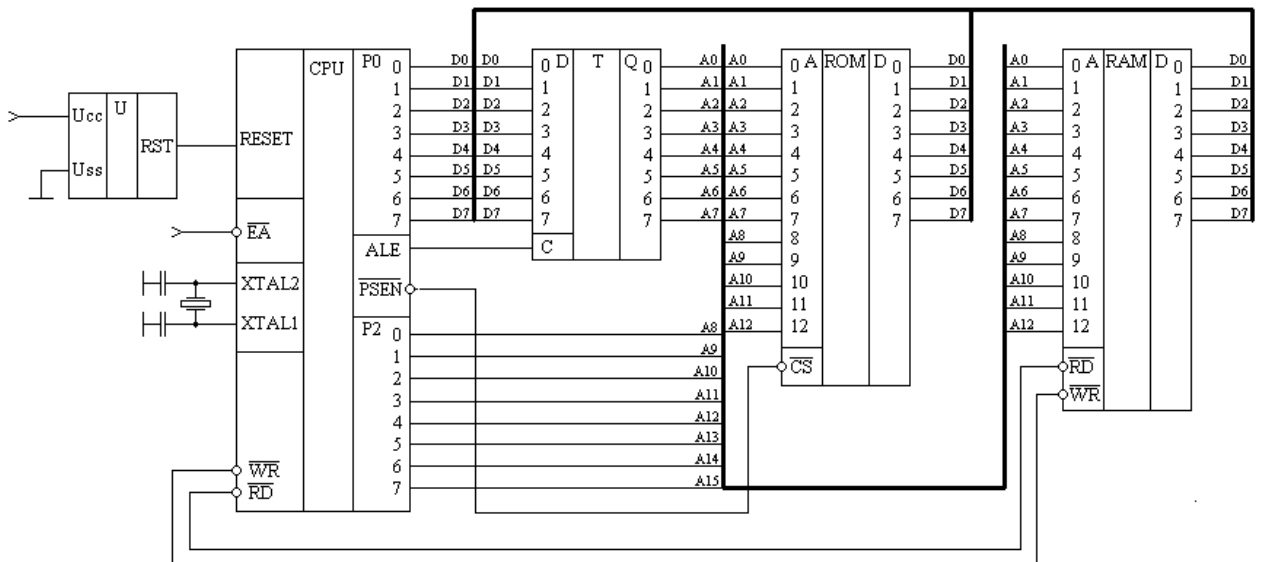


Рисунок 2. 23 – Схема під'єднання зовнішньої пам'яті до МК MCS-51

Розподіл пам'яті програм мікроконтролера KP1830BE51 представлено нижче:

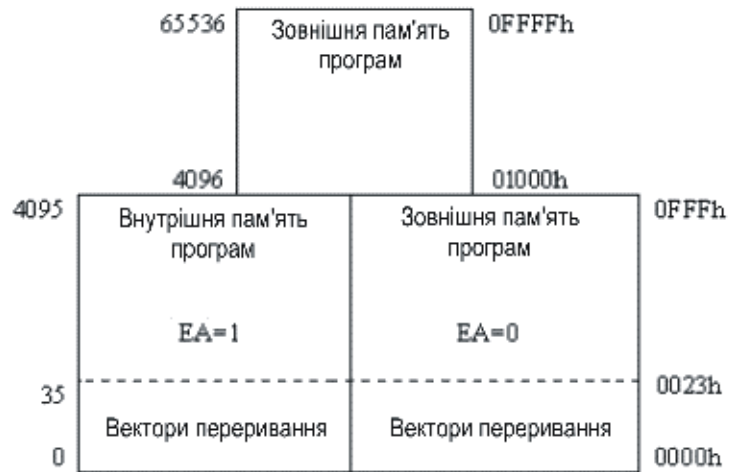


Рисунок 2. 24 – Адресація простору пам'яті програм.

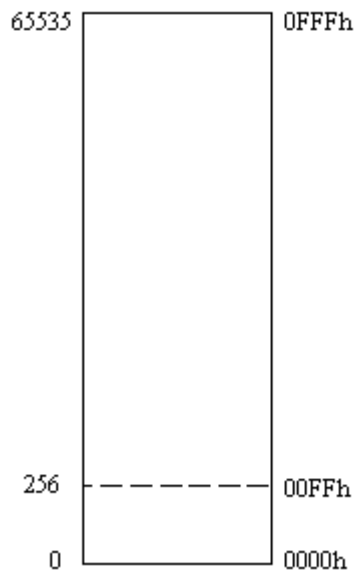


Рисунок 2. 25 – Адресація простору зовнішньої пам'яті

255	Регістри спеціальних функцій SFP (пряма адресація)								ОЗП (опосередкована адресація)	FFh
128										80h
127	ОЗП (пряма та опосередкована адресація)								7Fh	
49									30h	
48	127	126	125	124	123	122	121	120	2Fh	
	Бітовий простір									
32	7	6	5	4	3	2	1	0	20h	
31									R7'''	1Fh
	RB3 (PSW=18h)									
25									R0'''	18h
24									R7''	17h
	RB2 (PSW=10h)									
16									R0''	10h
15									R7'	0Fh
	RB1 (PSW=08h)									
08									R0'	08h
07									R7	07h
	RB0 (PSW=08h)									
00									R0	00h

Рисунок 2. 26 – Адресація простору пам'яті внутрішніх даних.

Організація портів мікропроцесора

У режимі нульовому послідовний порт працює як звичайний зсувовий регістр. Це використовує послідовний порт для збільшення кількості зовнішніх ніжок мікросхеми. Використання зсувових регістрів для цієї мети показано на малюнку 1 і 3. Передача по послідовному порту починається після запису байта в регістр даних SBUF.

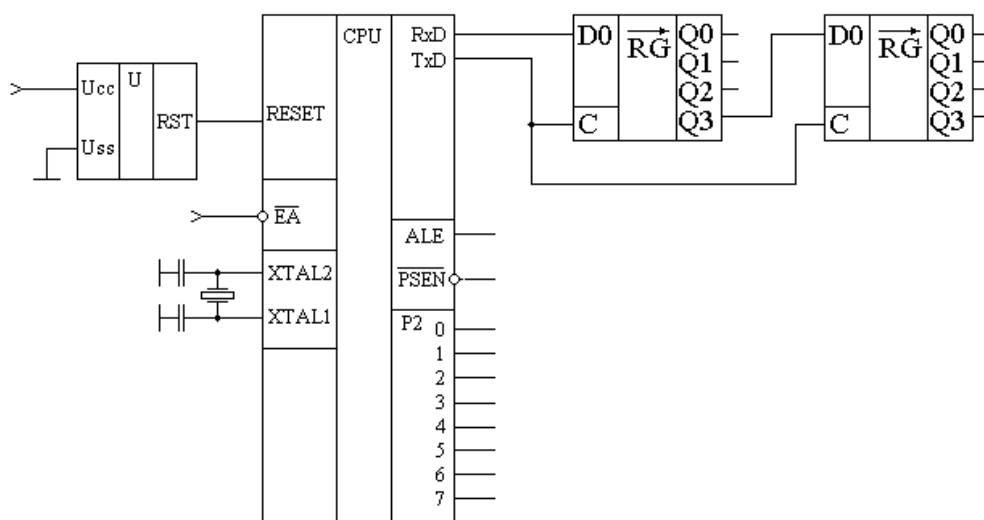


Рисунок 2. 27 – Використання нульового режиму роботи послідовного порту в якості розширювача портів.

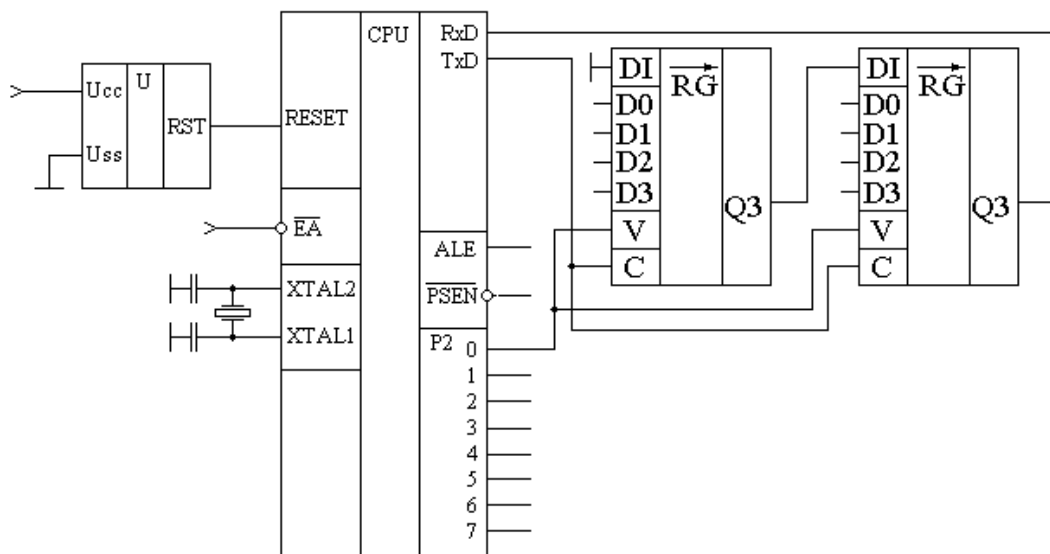


Рисунок 2. 28 – Використання нульового режиму роботи послідовного порту для вводу інформації.

2.9 Функціональна схема – визначення призначення та складу функціональних вузлів.

В даній розробці в якості елементної бази використовуємо електронні елементи широкого застосування.

Функціональна схема МП-системи пристрою, що розробляється зображена на рисунку 2.41.

До основних блоків даного пристрою відносяться:

- МП-система;
- Блок АЦП і ЦАП;
- Блок послідовного порту;
- Блок клавіатури і індикації;
- Блок видачі звукового сигналу;
- Блок імітації периферійних пристроїв.

Основним елементом МП-системи є ОМЕОМ КР1816ВЕ51. Для організації роботи тактового генератора служить сигналу ВQ, це первинний сигнал синхронізації ОМЕОМ для підключення до виводів 18 (ВQ2) і 19 (ВQ1) резонатора кварцового (6МГц). Початкове встановлення ОМЕОМ здійснюється натисненням на клавішу скидування.

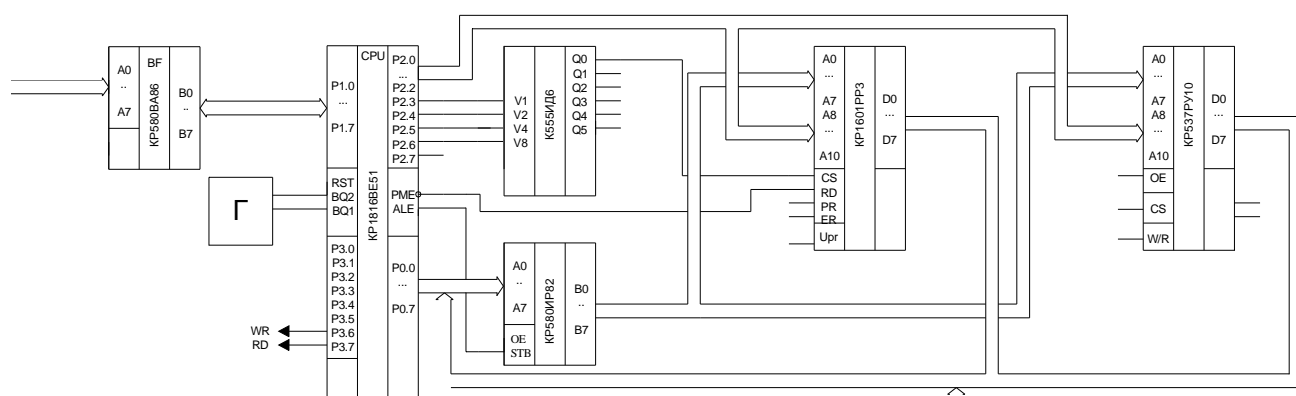


Рисунок 2. 29 функціональна схема МП-системи.

Схема підключення ЦАП КР572ПА1 і АЦП КР572ПВ1 до мікропроцесорної системи показана на рисунку 2.30.

Для виводу 10-розрядного числа на ЦАП слугують виводи паралельного вводу-виводу КР580ВВ55 (вісім розрядів каналу А і два виводи С0 і С1 каналу С, що працюють на вивід в режимі 0). Джерело опорної напруги реалізовано на стабілітроні типу Д818Е і операційному підсилювачі типу К140УД20.

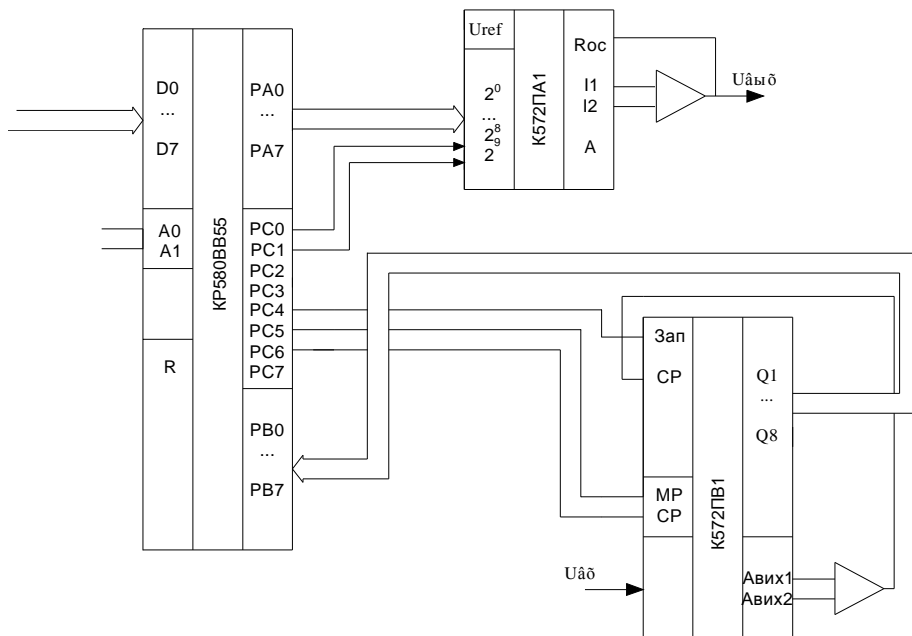


Рисунок 2.30 Схема підключення ЦАП КР572ПА1 і АЦП КР572ПВ1 до мікропроцесорної системи.

Для вводу 8-розрядного числа з АЦП використовуються виводи пристрою паралельного вводу/виводу КР580ВВ55 (вісім виводів каналу В, що працюють на ввід в режимі 0). А для керування роботою АЦП використовуються три виводи паралельного пристрою вводу/виводу (три виводи С4, С5 і С6 каналу С).

На рисунку 2.31 приведена схема послідовного порту до МП-системи.

Дана схема реалізована по стандарту RS-232.

Він реалізований на пристрою послідовного вводу/виводу КР580ВВ51, програмованого таймера КР580ВІ53, для організації роботи МП-системи в режимі реального часу і дозволяє формувати сигнали з різними часовими і частотними характеристиками.

Перетворення TTL-рівня в рівень інтерфейсу RS-232 здійснюється мікросхемами драйверами лінії K170АП2, а зворотне перетворення – приймачем лінії K170УП2.

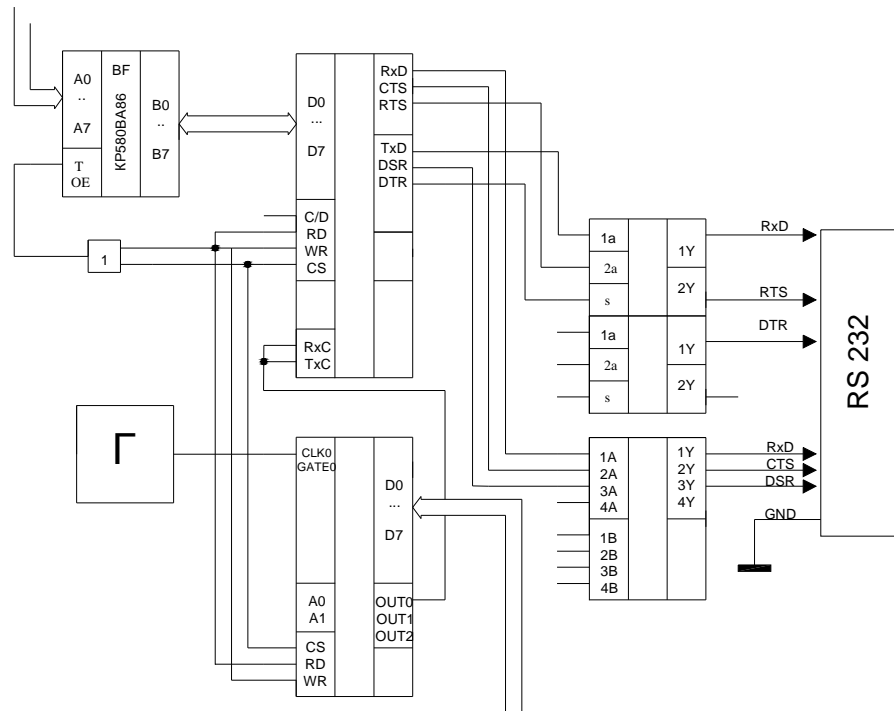


Рисунок 2.31 Схема підключення послідовного порту до МП-системи по стандарту RS-232.

Підключення клавіатури і дисплею до МП-системи показано на рисунку 2.32.

Блок клавіатури і дисплею виконаний на основі ВІС КР580ВВ79. Сканована клавіатура виконана в вигляді матриці 3x8 і містить 25 клавіш. Сканування клавіатури відбувається через дешифратор К555ИД2.

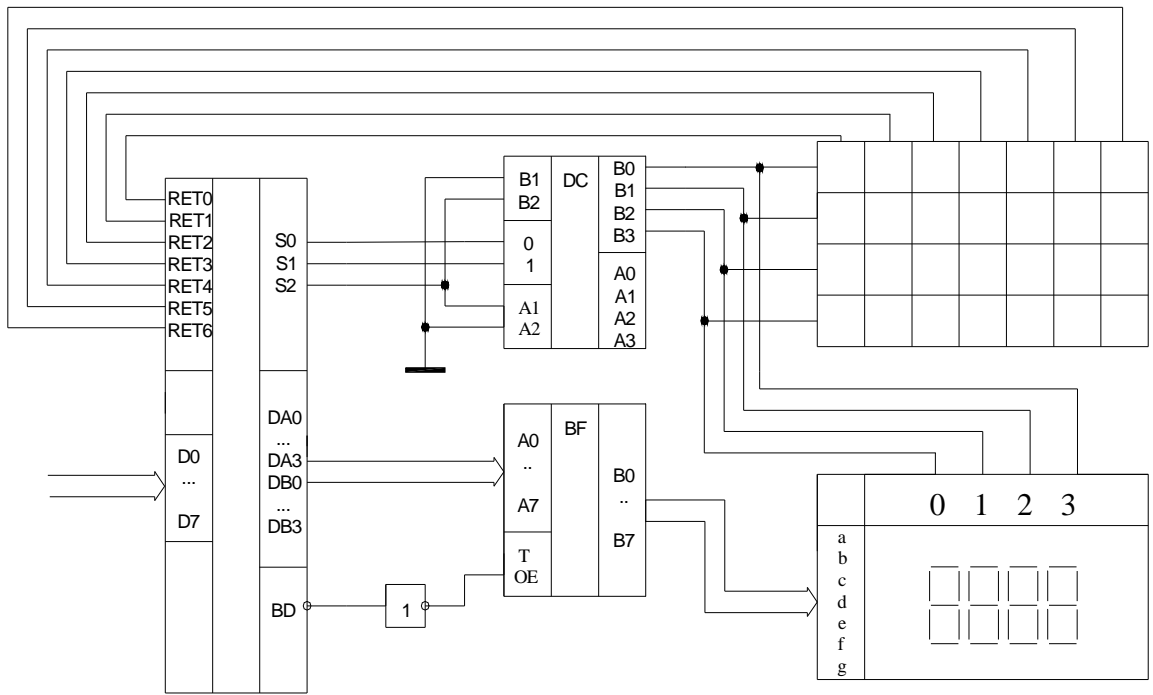


Рисунок 2.32 – Схема підключення клавіатури і дисплею до МП-системи.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Загальні відомості про систему команд

Система команд MCS51 вміє 111 базових операторів, які ділять за функціональними ознаками на 5 груп: логічних операцій, арифметичних операцій, передачі керування, команд з бітами, команди передачі даних,

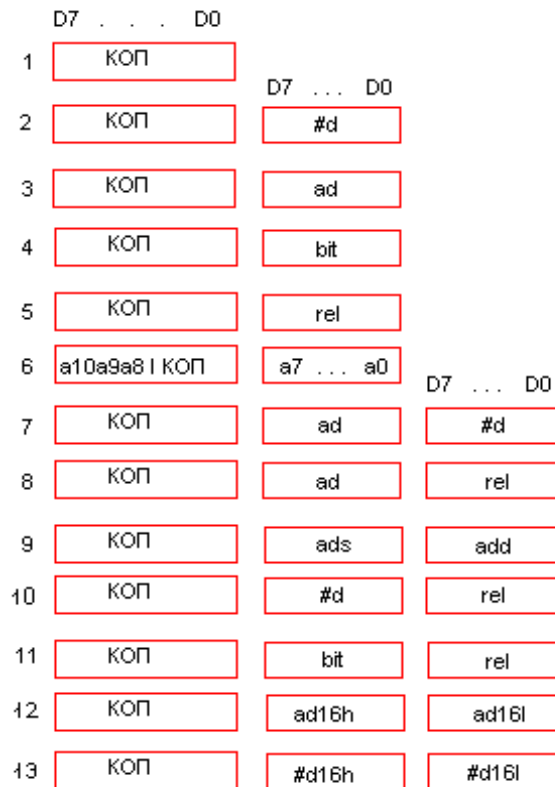


Рисунок 3.1 – Типи команд MCS51

Таблиця 3.1 – Команди, що модифікують флаги результату

Команди	Флаги	Команди	Флаги
ADD	C, OV, AC	CLR C	C = 0
ADDC	C, OV, AC	CPL C	C = \bar{C}
SUBB	C, OV, AC	ANL C, b	C
MUL	C = 0, OV	ANL C, /b	C
DIV	C = 0, OV	ORL C, b	C
DA	C	ORL C, /b	C
RRC	C	MOV C, b	C
RLC	C	CJNE	C
SETB C	C = 1		

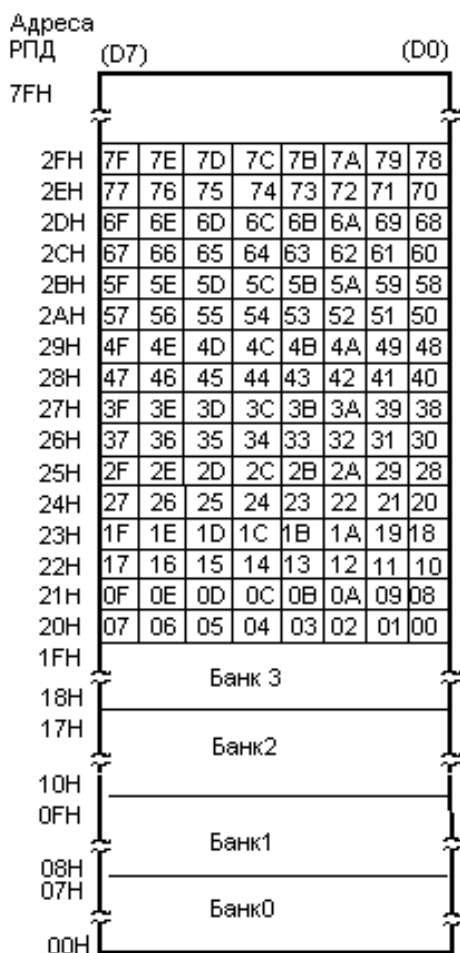


Рисунок 3.2 – Карта адресації бітів

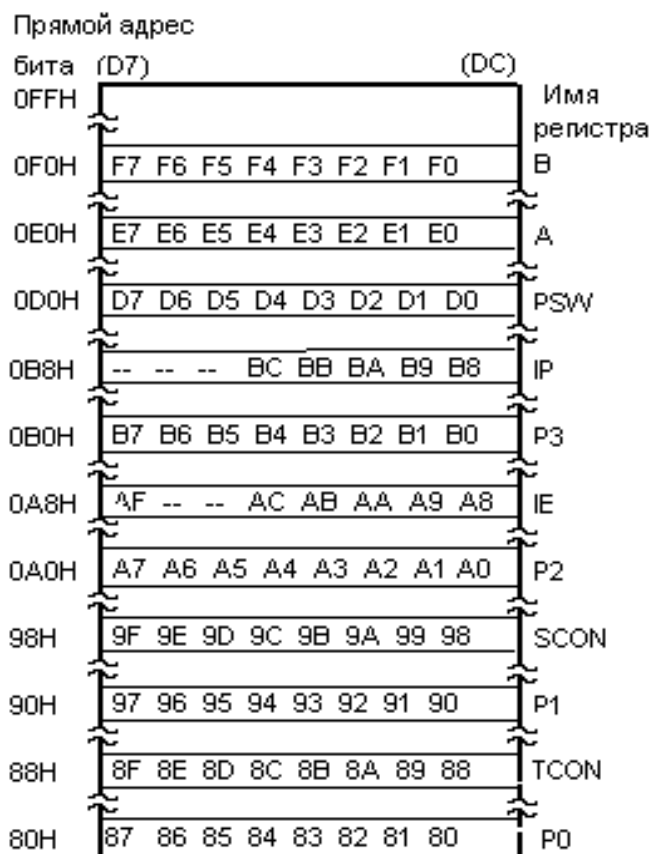


Рисунок 3.3 – Карта адресації бітів блоком регістрів спеціальних функцій

3.2 Група операторів пересилки даних

Більша частина команд групи табл. 3.2 є команди передачі та обміну байтів. Команда пересилання бітів представлені в групі команд бітових операцій. Всі команди даної групи не модифікують флаги результату, за винятком команд завантаження PSW і акумулятора (флаг паритету).

Структура інформаційних зв'язків. В залежності від способу адресації і місця розміщення операнда можна виділити дев'ять типів операндів, між якими можливий інформаційний обмін. Граф можливих операцій передачі даних зображений на рис. 3.4. Акумулятор (A) зображений на цьому графі окремою вершиною, так як багато команд використовують неявну адресацію.

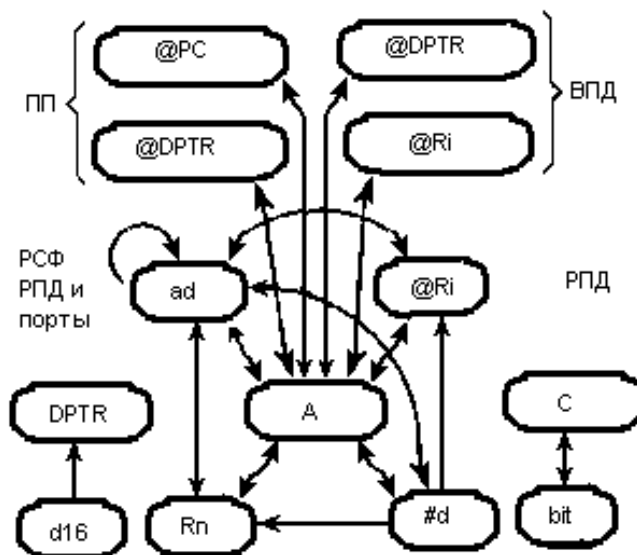


Рисунок 3.4 – Граф шляхів передачі даних в МК51

На відміну від МК48 передачі даних в МК51 можуть виконуватись без участі акумулятора. Акумулятор. На відміну від МК48 звернення до акумулятора може бути виконане в МК51 з використанням неявної і прямої адресації. В залежності від способу адресації акумулятора застосовується одне із символічних імен: А або АСС (пряма адреса). При прямій адресації звернення до акумулятора виконується як до одного із РСФ, і його адреса вказується в другому байті команди.

Використання неявної адресації акумулятора краще, однак не завжди можливе, наприклад, при зверненні до окремих бітів акумулятора.

Звернення до зовнішньої пам'яті даних. Режим непрямой адресації ЗПД, який є в МК48, реалізований також і в МК51. При використанні команд `MOVX @Ri` забезпечується доступ до 256 байтів зовнішньої пам'яті даних.

Існує також режим звернення до розширеної ЗПД, коли для доступу використовується 16-бітна адреса, що зберігається в регістрі-вказівнику (`DPTR`). Команди `MOVX @DPTR` забезпечує доступ до 65536 байтів ЗПД.

Таблиця 3.2 – Група команд передачі даних

Назва команди	Мнемокод	КОП	Т	Б	Ц	Операція
Передача даних в акумулятор з регістра ($n = 0 - 7$)	MOV A, Rn	11101rrr	1	1	1	$(A) = (Rn)$
Пересилання в акумулятор прямо-адресованого байта	MOV A, ad	11100101	3	2	1	$(A) = (ad)$
Передача даних в акумулятор байта з РДП ($i = 0, 1$)	MOV A, @Ri	1110011i	1	1	1	$(A) = ((Ri))$
Завантаження в акумулятор константи	MOV A, #d	01110100	2	2	1	$(A) = \#d$
Передача даних в регістр з акумулятора	MOV Rn, A	11111rrr	1	1	1	$(Rn) = (A)$
Передача даних в регістр прямо-адресованого байта	MOV Rn, ad	10101rrr	3	2	2	$(Rn) = (ad)$
Завантаження в регістр константи	MOV Rn, #d	01111rrr	2	2	1	$(Rn) = \#d$
Передача даних по прямій адресі акумулятора	MOV ad, A	11110101	3	2	1	$(ad) = (A)$
Передача даних по прямій адресі регістра	MOV ad, Rn	10001rrr	3	2	2	$(ad) = (Rn)$
Передача даних прямо-адресованого байта по прямій адресі	MOV add, ads	10000101	9	3	2	$(add) = (ads)$
Передача даних байта з РДП по прямій адресі	MOV ad, @Ri	1000011i	3	2	2	$(ad) = ((Ri))$
Передача даних по прямій адресі константи	MOV ad, #d	01110101	7	3	2	$(ad) = \#d$
Передача даних в РДП з акумулятора	MOV @Ri, A	1111011i	1	1	1	$((Ri)) = (A)$
Передача даних в РДП прямо-адресованого байта	MOV @Ri, ad	0110011i	3	2	2	$((Ri)) = (ad)$
Передача даних в РДП константи	MOV @Ri, #d	0111011i	2	2	1	$((Ri)) = \#d$
Завантаження вказівника даних	MOV DPTR, #d16	10010000	13	3	2	$(DPTR) = \#d16$
Передача даних в акумулятор байта з ПП	MOVC A, @A + DPTR	10010011	1	1	2	$(A) = ((A) + (DPTR))$
Передача даних в акумулятор байта з ПП	MOVC A, @A + PC	10000011	1	1	2	$(PC) = (PC) + 1$ $(A) = ((A) + (PC))$
Передача даних в акумулятор байта з ВПД	MOVX A, @Ri	1110001i	1	1	2	$(A) = ((Ri))$
Передача даних в акумулятор байта з розширеної ЗПД	MOVX A, @DPTR	11100000	1	1	2	$(A) = ((DPTR))$
Передача даних в ЗПД з акумулятора	MOVX @Ri, A	1111001i	1	1	2	$((Ri)) = (A)$

Продовження таблиці 4.2						
Передача даних в розширену ЗПД з акумулятора	MOVX @DPTR, A	11110000	1	1	2	((DPTR)) = (A)
Завантаження в стек	PUSH ad	11000000	3	2	2	(SP) = (SP) + 1 ((SP)) = (ad)
Витягування зі стеку	POP ad	11010000	3	2	2	(ad) = (SP) (SP) = (SP) - 1
Обмін акумулятора з регістром	XCH A, Rn	11001rrr	1	1	1	(A) <-> (Rn)
Обмін акумулятора з прямо-адресованим байтом	XCH A, ad	11000101	3	2	1	(A) <-> (ad)
Обмін акумулятора з байтом з РДП	XCH A, @Ri	1100011i	1	1	1	(A) <-> ((Ri))
Обмін молодшої тетради акумулятора з молодшою тетрадою байта РДП	XCHD A, @Ri	1101011i	1	1	1	(A ₀₋₃) <-> ((Ri) ₀₋₃)

3.3 Група команд арифметичних операцій

Дану групу складають 24 команди (табл. 3.3), що виконують операції додавання, десяткової корекції, інкременту/декременту байтів. Додатково порівняно із МК48 введені команди віднімання, множення і ділення байтів.

Таблиця 3.3 – Група команд арифметичних операцій

Назва команди	Мнемокод	КОП	Т	Б	Ц	Операція
Додавання акумулятора з регістром (n = 0 - 7)	ADD A, Rn	00101rrr	1	1	1	(A) = (A) + (Rn)
Додавання акумулятора з прямоадресованим байтом	ADD A, ad	00100101	3	2	1	(A) = (A) + (ad)
Додавання акумулятора з байтом з РДП (i = 0, 1)	ADD A, @Ri	0010011i	1	1	1	(A) = (A) + ((Ri))
Додавання акумулятора з константою	ADD A, #d	00100100	2	2	1	(A) = (A) + #d
Додавання акумулятора з регістром і перенесенням	ADDC A, Rn	00111rrr	1	1	1	(A) = (A) + (Rn) + (C)
Додавання акумулятора з прямоадресованим байтом і перенесенням	ADDC A, ad	00110101	3	2	1	(A) = (A) + (ad) + (C)
Додавання акумулятора з байтом з РДП і перенесенням	ADDC A, @Ri	0011011i	1	1	1	(A) = (A) + ((Ri)) + (C)
Додавання акумулятора з константою і перенесенням	ADDC A, #d	00110100	2	2	1	(A) = (A) + #d + (C)

Продовження таблиці 3.3						
Десяткова корекція акумулятора	DA A	11010100	1	1	1	Якщо (A ₀₋₃) > 9 V ((AC) = 1), то (A ₀₋₃) = (A ₀₋₃) + 6, потім якщо (A ₄₋₇) > 9 V ((C) = 1), то (A ₄₋₇) = (A ₄₋₇) + 6
Віднімання з акумулятора регістра і позичання	SUBB A, Rn	10011rrr	1	1	1	(A) = (A) - (C) - (Rn)
Віднімання з акумулятора прямоадресованого байта і позичання	SUBB A, ad	10010101	3	2	1	(A) = (A) - (C) - ((ad))
Віднімання з акумулятора байта РПД і позичання	SUBB A, @Ri	1001011i	1	1	1	(A) = (A) - (C) - ((Ri))
Віднімання з акумулятора константи і позичання	SUBB A, #d	10010100	2	2	1	(A) = (A) - (C) - #d
Інкремент акумулятора	INC A	00000100	1	1	1	(A) = (A) + 1
Інкремент регістра	INC Rn	00001rrr	1	1	1	(Rn) = (Rn) + 1
Інкремент прямоадресованого байта	INC ad	00000101	3	2	1	(ad) = (ad) + 1
Інкремент байта в РПД	INC @Ri	0000011i	1	1	1	((Ri)) = ((Ri)) + 1
Інкремент вказівника даних	INC DPTR	10100011	1	1	2	(DPTR) = (DPTR) + 1
Декремент акумулятора	DEC A	00010100	1	1	1	(A) = (A) - 1
Декремент регістра	DEC Rn	00011rrr	1	1	1	(Rn) = (Rn) - 1
Декремент прямоадресованого байта	DEC ad	00010101	3	2	1	(ad) = (ad) - 1
Декремент байта в РПД	DEC @Ri	0001011i	1	1	1	((Ri)) = ((Ri)) - 1
Множення акумулятора на регістр B	MUL AB	10100100	1	1	4	(B)(A) = (A)*(B)
Ділення акумулятора на регістр B	DIV AB	10000100	1	1	4	(A).(B) = (A)/(B)

Команди ADD і ADDC аналогічні командам додавання МК48, але дозволяють додавання акумулятора з більшим числом операндів. Аналогічно командам ADDC існують чотири команди SUBB, що дозволяють більш просто, ніж в МК48, виконувати віднімання байтів і багатобайтних двійкових чисел. В МК51 реалізується розширений список команд

інкременту/декременту байтів, введена команда інкремента 16-бітного регістра-вказівника даних.

3.4 Група команд логічних операцій

Дану групу утворюють 25 команд, що реалізують ті ж логічні операції над байтами, що і в МК48. Однак в МК51 значно розширене число типів операндів, що беруть участь в операціях.

На відміну від МК48 існує можливість виконувати операцію “Виключаюче АБО” з вмістом портів. Команда XRL може бути ефективно використана для інверсії окремих бітів портів.

3.5 Група команд операцій з бітами

Відмінною властивістю даної групи команд є те, що вони оперують з однобічними верандами. В якості таких операндів можуть виступати окремі біти деяких регістрів спеціальних функцій (РСФ) і портів, а також 128 програмних флагів користувача.

Існують команди скиду (CLR), встановлення (SETB) та інверсії (CPL) бітів, а також кон'юнкції і диз'юнкції біта та флага перенесення. Для адресації бітів використовується пряма восьмирозрядна адреса (bit). Непряма адресація бітів неможлива.

3.6 Група команд передачі керування

До даної групи команд належать команди, що забезпечують умовне та безумовне галуження, виклик підпрограм та повернення з них, а також команда пустої операції NOP. В більшості команд використовується пряма адресація, тобто адреса переходу повністю (або її частина) міститься в самій команді передачі керування. Можна виділити три різновидності команд галуження по розрядності адреси переходу, що вказується.

Довгий перехід. Перехід по всьому адресному простору ПП. В команді міститься повна 16-бітна адреса переходу (ad 16). Трьохбайтні команди

довгого переходу містять в мнемокоді літеру L (Long). Всього існують дві такі команди: LJMP – довгий перехід і LCALL – довгий виклик підпрограми. На практиці рідко виникає необхідність переходу в межах всього адресного простору і частіше використовуються вкорочені команди переходу, що займають менше місця в пам'яті.

Абсолютний перехід. Перехід в межах однієї сторінки пам'яті програм розміром 2048 байт. Такі команди містять лише 11 молодших бітів адреси переходу (ad 11). Команди абсолютного переходу мають формат 2 байти. Початкова буква мнемокоду – A (Absolute). При виконанні команди в обчисленій адресі наступної по порядку команди $((PC)=(PC)+2)$ 11 молодших бітів замінюються на ad11 з тіла команди абсолютного переходу.

Відносний перехід. Короткий відносний перехід дозволяє передати керування в межах -128 - +127 байт відносно адреси наступної команди (команди, наступної по порядку за командою відносного переходу). Існує одна команда безумовного короткого переходу SJMP (Short). Всі команди умовного переходу використовують даний метод адресації. Відносна адреса переходу (rel) міститься в другому байті команди.

Непрямий перехід. Команда JMP @A + DPTR дозволяє передавати керування по непрямій адресі. Ця команда зручна тим, що надає можливість організації переходу по адресі, обчисленій самою програмою і невідомій при написанні вихідного тексту програми.

Умовні переходи. Розвинута система умовних переходів надає можливість здійснювати галуження по наступних умовах: акумулятор містить нуль (JZ); вміст акумулятора не рівний нулю (JNZ); перенесення рівне одиниці (JC); перенесення рівне нулю (JNC); адресований біт рівний одиниці (JB); адресований біт рівний нулю (JNB).

Для організації програмних циклів зручно користуватися командою DJNZ, яка працює аналогічно відповідній команді МК48. Однак в якості лічильника циклів в МК51 може використовуватися не лише регістр, але і прямоадресований байт (наприклад, комірка РПД).

Команда CJNE ефективно використовується в процедурах очікування якої-небудь події. Наприклад, команда

```
WAIT: CJNE A,P0,WAIT
```

буде виконуватись до тих пір, поки на лініях порта 0 не встановиться інформація, що співпадає із вмістом акумулятора.

Всі команди даної групи, за винятком CJNE і JBC, не впливають на флаги. Команда CJNE встановлює флаг C, якщо перший операнд виявляється менше другого. Команда JBC скидає флаг C у випадку переходу.

Підпрограми. Для звернення до підпрограм необхідно використати команди виклику підпрограм (LCALL, ACALL). Ці команди на відміну від команд переходу (LJMP, AJMP) зберігають в стекові адресу повернення в основну програму. Для повернення з підпрограми необхідно виконати команду RET. Команда RETI відрізняється від команди RET тим, що дозволяє переривання обслуженого рівня.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Правила безпеки при експлуатації системи керування та автоматичного контролю термопластавтомату

Термопресове обладнання може обслуговувати особа, яка має кваліфікацію оператора харчової промисловості і ознайомлення з інструкцією по експлуатації.

Обладнання не потребує постійного нагляду обслуговуючого персоналу .

Не можна приводити в рух поламане обладнання.

Усунення неполадок дозволяється тільки персоналом служби головного механіка.

При роботі на термопластавтоматі забороняється включати автомат без попередження і не впевнившись у його справності, працювати на автоматі в не заправленому одязі, під час роботи знімати огорожу, проводити змазку, залишати інструмент і інші предмети на автоматі.

Для забезпечення безпечних умов праці необхідно дотримуватись наступних експлуатаційних умов. Зовнішня поверхня автомату повинна бути чистою, без слідів бруду і плям. Місце обслуговування автомату повинно утримуватися в чистоті і бути вільним від сторонніх предметів.

Автомат повинен мати надійне заземлення, що відповідає вимогам ПУЕ до заземлюючих пристроїв, які вимагаються до даних підприємств.

При зупинці автомату на довготривалий час потрібно відключити поздовжній нагрівач.

Не дозволяється робота обладнання в випадку відсутності захисних огорожень. При виявленні неполадки роботи обладнання слід заявити про ремонтній службі з метою їх усунення.

Перед передачею в експлуатацію обладнання слід:

- заявити в Державну інспекцію технічного нагляду;
- перевірити стан ізоляції електропроводки і заземлення обладнання.

Експлуатація термопластавтомату не допускається :

- після закінчення терміну чергового огляду , якщо немає дозволу на експлуатацію;
- при відсутності в паспорті термопластавтомату дозволу на експлуатацію;
- при виявленні неповної кількості кріпильних деталей.

Про заборону експлуатації термопластавтомату повинен бути зроблений запис у паспорті з наведенням причини та повідомлено власника підприємства.

Для реєстрації та дозволу на пуск термопластавтомату в експлуатацію особі , яка здійснює нагляд за установками , повинні бути подані :

- паспорт термопластавтомату (за відсутності паспорта заводу виготовляча власником термопластавтомату повинно бути складено паспорт встановленої форми)
- акт , який засвідчує , що монтаж (встановлення) виконати у відповідності з проектом і всі елементи термопластавтомату встановлено правильно.
- схема включення.

Після реєстрації паспорт термопластавтомату зі всіма вказаними вище документами повертається власнику термопластавтомату.

4.2 Розробка заходів які зменшують небезпеку виникнення вибухів і пожеж на ділянці в цеху

Технологічне обладнання за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним, а на випадок небезпечних несправностей та аварій необхідно передбачити захисні заходи, що обмежують масштаб та наслідки пожежі.

Обладнання, призначене для використання пожежонебезпечних та вибухонебезпечних речовин і матеріалів має відповідати конструкторській документації.

Технологічні процеси необхідно проводити згідно до регламентів та іншої затвердженої у встановленому порядку нормативами технічної та експлуатаційної документації.

На всі застосовувані в технологічних процесах речовини й матеріали повинні бути дані про показники її пожежної безпеки за ГОСТ 12.1.044-89 «Вимоги до пожежної безпеки речовин та матеріалів» .

Спільне застосування, зберігання й транспортування речовин та матеріалів, котрі в результаті взаємодії одне з одним викликають займання, вибух або утворюють горючі і токсичні гази (суміші) не дозволяються.

У вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщеннях (дільницях, майстернях, цехах) та на устаткуванні, що становить небезпеку вибуху або займання, необхідно вивішувати знаки, які забороняють користування відкритим вогнем а також знаки, що попереджають про обережність за наявності займистих та вибухових речовин за ГОСТ 12.4.026-76 «Попереджувальні знаки та їх використання в промисловості».

Виробництва, де перебувають в обігу пожежовибухонебезпечні речовини і матеріали, повинні бути оснащені автоматичними засобами контролю параметрів значення яких визначають пожежовибухонебезпечність процесу, сигналізацію граничних значень і системами блокувань, які перешкоджають виникненню аварійних ситуацій.

Для внутрішнього освітлення технологічних апаратів і споруд під час їхнього огляду і ремонту в діючому цеху повинні застосовуватися переносні світильники в вибухобезпечному виконанні напругою не більше 12В, захищені меткалічною сіткою.

В вибухонебезпечних цехах застосовування переносних електроприладів і агрегатів, які не відповідають вимогам даними до

електроустаткування в вибухобезпечному виконанні, придатному до даного середовища, забороняється.

В виробничих приміщеннях потрібно передбачати робоче і аварійне освітлення.

Профілактичний огляд, планово попереджувальні та капітальний ремонт технологічного обладнання повинні здійснюватися в терміни, встановлені відповідними графіками, з урахуванням виконання заходів щодо забезпечення пожежовибухобезпеки, передбачених проектом, технологічним регламентом, технічними умовами.

Технологічне устаткування, апарати і трубопроводи, в яких утворюються речовини, пожежовибухонебезпечні пари газу та пил, повинні бути герметичними.

У вибухопожежонебезпечних приміщеннях (цехах, дільницях, тощо) слід застосовувати інструмент, виготовлений з безіскрових матеріалів або у відповідному вибухопожежобезпечному виконанні.

Покриття підлог у приміщеннях категорій за вибухопожежонебезпечністю А і Б повинно виконуватися з негорючих та таких, що під час ударів не дають іскор, матеріалів. Конструкція вікон та дверей у таких приміщеннях повинна виключати можливість іскроутворення.

4.3 Розрахунок природного освітлення для дільниці цеху.

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб. Окрім того, природне освітлення має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

По конструктивних особливостях природне освітлення поділяється на:

- 1.) бокове, яке здійснюється через світлові пройоми (вікна в зовнішніх стінах);
- 2.) верхнє освітлення, яке здійснюється через світлові пройоми в покритті, а також через світлові пройоми в місцях перепаду висоти суміжних будівель;
- 3.) комбіноване освітлення – це сукупність верхнього і бокового природного освітлення.

Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природного освітлення (КПО). Основним завданням світлотехнічного розрахунку для природного освітлення є визначення необхідної площі світлових проємів (вікон, ліхтарів).

На ділянці цеху використовується бокове освітлення. Попередній розрахунок площі вікон при боковому освітленні проводиться за допомогою наступного співвідношення:

$$100*(S_0/S_n)=(e_n*K_3*h_0*K_{id})/(\tau_0*r_l),$$

де $S_0 = 9\text{м}^2$ – площа світлових проємів при боковому освітленні (вікон);

$S_n = 300\text{м}^2$ – площа підлоги приміщення;

$e_n = 1,5$ – нормоване значення КПО;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт запасу;

$h_0 = 15$ – світлова характеристика вікна;

$K_{30} = 1.7$ – коефіцієнт, який враховує затемнення вікон будівлями, які стоять навпроти;

$$\tau_0 = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 * \tau_4 * \tau_5;$$

де $\tau_1 = 0.8$ – коефіцієнт світло пропускання матеріалу;

$\tau_2 = 0.65$ – коефіцієнт, який враховує втрати світла в переплетеннях світлових проємів;

$\tau_3 = 1$ - коефіцієнт, який враховує втрати світла в несучих конструкціях;

$\tau_4 = 1$ - коефіцієнт, який враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях;

$\tau_5 = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями;

$r_l = 1.15$ – коефіцієнт, який враховує підвищення КПО при боковому освітленні від світла, яке відбите від поверхонь приміщення і прилягаючого шару, який прилягає до будівлі;

Отже, знаходимо

$$100(S_0/300)=(1.5*1.2*15*1.7)/(0.8*0.65*1*1*1.15)$$

$$S_0 = 240\text{м}^2$$

По конструктивних даних приймаємо світлові пройоми розміром 5м*2м в загальній кількості 24 штуки.

ВИСНОВОК

В кваліфікаційній роботі розроблено систему автоматизованого керування мікропроцесорного типу призначену для автоматизації технологічного процесу лиття полімерів під тиском на термопластавтоматах.

Термопластавтомат з електронним керуванням виконує наступні функції:

Дає цифрові показники параметрів лиття під тиском, які висвічуються на екрані монітора, можливість проведення змін деяких параметрів протягом дії одного циклу лиття під тиском відповідно до встановленої програмою, параметри лиття під тиском можуть бути встановлені з дискети, диска або з пам'яті, а також можуть бути завантажені в пам'ять при первинному встановленні і збережені в базі даних.

Термопластавтомати з електронним керуванням і регулюванням. Завдяки вмонтованому комп'ютеру, що аналізує дані з датчиків, які контролюють процес зміни тисків і температур, дозволяє самостійно пристосувати і відрегулювати параметри лиття під тиском відповідно до виникаючих перебоїв у роботі. Втручання обслуговуючого персоналу можливо тільки у випадку настання перебоїв у роботі і сигналу тривоги.

Термопластавтомат, пристосований для гнучкої системи виробництва. Це ділянка виробництва, що сама себе обслуговує. Заміна і встановлення форм, двигунів, сировини, а також встановлення параметрів процесу відбуваються без зовнішнього втручання.

Основні параметри процесу налагоджування термопластавтомату та технологічного процесу лиття полімерів під тиском, в проектованій системі керування пріоритетними параметрами контролю є тиск і температура, відповідно регульованими параметрами є температура нагріву та швидкість подачі приводу від, якої залежатиме тиск полімеру та швидкість його подачі в ливникову форму.

Тип системи керування програмний, на базі мікропроцесорного комплекту КР1816ВЕ51.

В склад системи входять наступні функціональні модулі:

- Модуль обчислювача, призначений для виконання загальної функції керування рухами термопласт автомату (змикання, розмикання форми, дотискування і.т.п), та обчислень законів регулювання тиском та температурою при виконання процесу заповнення форми полімером.
- Модуль індикації та клавіатури, призначений для управління термопласт автоматом з клавіатури – завдання режимів роботи, пуск автомату, прогрів, робочий хід, налагодження тощо. Відповідно індикувати значення контрольованих параметрів температури та тисків термопластавтомату та обраних режимів роботи.
- Модуль АЦП та датчиків з мультиплексорним інтерфейсом, для забезпечення каналів вимірювання не менше 8-ми по кожному з контрольованих параметрів температури і тиску лиття.
- Модуль узгодження з виконуючими пристроями призначений для розв'язки керуючих сигналів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Авторы: Т. Освальд, Л.-Ш Тунг, П. Дж. Грэмман Литье пластмасс под давлением, – Издательство: Профессия, 2006г., 712 с
2. В. К. Крыжановский, В. В. Бурлов, А. Д. Паниматченко, Ю. В. Крыжановская, Технические свойства полимерных материалов, – Издательство: Профессия, 2005г., 248 с.
3. Шварц О, Эбелинг Ф.-В., Фурт Б., Переработка пластмасс, – Издательство: Профессия, 2005г., 320 с.
4. Применение цифровой обработки сигналов. Оппенгейм З., 16, 1 С_ч 1980 0:00, 552
5. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. Сташин В.В. и др., 64, 1 С_ч 1990, 224
6. Погрешности и параметры цифрового спектрально-корреляционного анализа. Грибанов Ю.И., Мальков В.Л., 65, 1 С_ч 1984 0:00, 160
7. Микропроцессорный комплект БИС серии К1815 для цифровой обработки сигналов: Справочник. Белоус А.И. и др., 65, 1 С_ч 1992 0:00, 256
8. Цифровые фильтры и устройства обработки сигналов на интегральных микросхемах. Высоцкий Б.Ф., 65, 1 С_ч 1984 0:00, 216
9. Элементы приборов и устройств: Курсовое проектирование. Учебное пособие для студентов вузов в 2-х ч. / Н.П. Нестерова, А.П. Коваленко, О.Ф. Тищенко и др.; под редакцией О.Ф. Тищенко. – М.: Высш. школа, 1978. – 232с.
10. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке сигналов. Блейхут Р., 16, 1 С_ч 1989 0:00, 448
11. Справочник конструктора точного приборостроения. Г.А. Веркович, К.Н. Явленский. - Л.: Машиностроение. 1989. - 792 с.
12. Справочник материалов: учебник для вузов. Под общ. ред. Г.С. Писаренко. - Киев: Вища школа. 1979. - 696 с.

13. Измерительные преобразователи. Е.С. Полищук - Киев: Вища школа. 1981. - 296 с.
14. Курсовое проектирование деталей машин. С.А.Черновский, К.Н. Бабаев и др. М.: Машиностроение. 1987. - 116 с.
15. Анурьев В.И. Справочник конструктора - машиностроителя. В 3-х т., - М.: Машиностроение. 1982. 576 с.
16. Детали машин. К.И. Заблонский. - К.: В. школа. 1985. - 518 с.
17. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – К.: Вища шк., 1993.-556с.
18. А. К. Плюснин, В. И. Ерданов, Л.П. Пин. Проектирование механических передач приборов.-М.: Высшая шк.,1967.-346с.
19. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. –5-е изд., перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1979.-557с.
20. Справочник конструктора точного приборостроения /Под. ред. К.Н.Явлинского, -П.: Машиностроение, 1989.-789с.

ДОДАТКИ