

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)

Автоматизації технологічних процесів і виробництв  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему: Розробка та дослідження автоматизованих технологій  
виготовлення труб з поліетилену низького тиску

Виконав: студент 6 курсу, групи КАм-61  
Стецюра А.С.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Виконав: студент 6 курсу, групи КАмз-61  
Сергієнко А.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

спеціальності

151

“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”  
(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Керівник Савків В.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Козбур І.Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Левицький В.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота містить пояснювальну записку на 162 сторінках та графічну частину на 15 аркушах (слайдах).

Ключові слова: пластмаси, температура, теплостійкість, система керування, автоматизація.

В дипломній роботі виконаний аналітичний огляд існуючих методів виготовлення пластмас, описаний принцип роботи спроектованого автоматизованого обладнання, виконані розрахунки на міцність і точність основних його вузлів та механізмів.

Розроблений технологічний процес виготовлення пластмасових труб.

Розроблені принципові електричні схеми системи керування вузлами і механізмами автоматичної лінії виготовлення пластмасових труб.

Розрахована економічна ефективність від можливого впровадження спроектованої системи у виробництво.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	4
ЗМІСТ .....	5
ВСТУП.....	8
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	10
1.1. Продуктивність процесу екструзії.....	10
1.2 Основне обладнання для екструзійної лінії .....	19
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	29
2.1 Полімерні матеріали .....	29
2.2 Характеристика розплаву поліетилену ПЕ-80.....	32
2.3 Вибір технологічного режиму .....	42
2.4 Аналіз технологічності конструкції .....	44
4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	53
4.1 Принцип роботи автоматизованої лінії виготовлення труб.....	53
4.2 Будова і принцип роботи обладнання і його основних частин.....	67
4.3 Електроприводи комплекту обладнання.....	72
4.4. Опис схеми електричної принципової вакуумної ванни .....	74
4.5. Опис схеми електричної принципової тягучого пристрою .....	75
4.6. Опис електричної принципової схеми відрізного пристрою .....	77
4.7. Опис електричної принципової схеми прийомного пристрою .....	79
5 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	81

5.1	Аналіз та вибір методу контролю тиску в технологічному процесі екструзії поліетиленових труб .....	81
5.2	Аналіз та вибір методу контролю температури в технологічному процесі екструзії поліетиленових труб .....	85
5.2	Розробка автоматизованої системи контролю тиску та температури в технологічному процесі екструзії поліетиленових труб.....	86
5.4	Аналіз основної допустимої похибки вимірювання тиску та температури. ....	92
6	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	100
6.1	Опис та принцип роботи пакету АСAD .....	100
6.2	Функціонування програми. Головне меню .....	101
6.3	Початок роботи .....	103
6.4	Команди, які використовуються в системі AutoACAD .....	106
7	ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	107
7.1	Вступ.....	107
7.2	Планування технічної підготовки виробництва спроектованого пристрою .....	107
7.3	Визначення економічної ефективності нового приладу .....	112
7.4	Техніко-економічні показники порівнюваних варіантів .....	125
7.5	Висновки і пропозиції .....	126
8	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	127
8.1	Заходи з охорони праці .....	127
8.2	Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях .....	139
9	ЕКОЛОГІЯ .....	151
9.1	Актуальність охорони навколишнього середовища .....	151
9.2	Забруднення довкілля, що виникає в результаті експлуатації спроектованого пристрою.....	152

9.3 Заходи по зменшенню забруднення довкілля.....	153
Висновки .....	158
ВИСНОВКИ.....	160
БІБЛІОГРАФІЯ.....	161

## ВСТУП

Пластмаси - матеріали на основі органічних природних або синтетичних полімерів, з яких можна після нагріву і обробки тиском формувати вироби складної конфігурації. Полімери - це високо молекулярні з'єднання, що складаються з довгих молекул з великою кількістю однакових груп атомів, сполучених хімічними зв'язками. Окрім полімеру в пластмасі можуть бути деякі добавки.

Переробка пластмас - це сукупність технологічних процесів, що забезпечують отримання виробів, - деталей із заданою конфігурацією, точністю і експлуатаційними властивостями.

Висока якість виробу буде досягнута, якщо вибрані матеріал і технологічний процес задовольнятимуть заданим експлуатаційним вимогам виробів: електричній і механічній міцності, діелектричній проникності, тангенсу кута діелектричних втрат, міцності, щільності і т.п. Ці вимоги повинні бути враховані при створенні елементної бази (мікросхем, мікробірок і т.п.) і елементів базових несучих конструкцій (БНК), друкарських плат, панелей, рам, стійок, каркасів та ін.

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

Матеріалознавчі завдання полягають в правильному виборі типу і марки полімеру, так, щоб забезпечити можливість формування виробу із заданими конфігурацією і експлуатаційними властивостями.

Технологічні завдання включають всю сукупність питань технології переробки полімерів, що забезпечують якість виробу: підготовку полімерів до формування, визначення технологічних параметрів формування, розробку інструменту, вибір устаткування.

Пластмаси різних марок з кожним роком знаходять все ширше застосування в різних галузях народного господарства. Для грамотного і ефективного їх застосування потрібно вміти точно і достовірно визначати фізико-механічні властивості останніх.

Класична область використання точних автоматизованих пристроїв – отримання технічних даних з допомогою відповідних методів вимірювання. Новим стимулом для розвитку автоматизації вимірювальної техніки стало підвищення вимог до якості інформації і звільнення людини – оператора від одноманітних повторюваних робіт. Відбувається перехід від класичного вимірювального пристрою до автоматизованої системи збору і обробки інформації. Більшість автоматизованих вимірювальних пристроїв можна розглядати як таку систему.

# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Продуктивність процесу екструзії

Переробка полімерів методом екструзії здійснюється на спеціальних машинах - екструдерах або черв'ячних пресах [32, 17]. Екструзійні машини бувають різних типів в залежності від основних складових частин: дискові і черв'ячні.

### Дискові екструдери

В останні роки створені і серійно випускаються промисловістю дискові екструдери, що дозволяють переробляти гранульовані або порошкоподібні полімери, не піддаючи їх тривалому термомеханічному впливу.

Із завантажувального отвору, матеріал потрапляє у зазор між обертовим диском (ротором) і коротким циліндром, що обігривається. У регульованому зазорі за рахунок тепла, підведеного зовні, і тепла тертя полімер розплавляється, перемішується і, проходячи через центральний отвір, формується.

При розрахунку корпусів, напругу, що пропускається, вибирають у залежності від температури стінки і з врахуванням можливих перегрівів у місцях розташування електронагрівачів.

При температурі до 250° С розрахунок ведеться по межі тривкості з коефіцієнтом запасу  $m = 3,2-4$

$$\sigma = \sigma_t / m \quad (1)$$

Для інтервалу температур 250-375 - по межі текучості  $\sigma_t$  при робочій температурі з коефіцієнтом запасу  $m_t = 1,5-2$  і по межі тривкості:

$$\sigma = \sigma_t / m_t$$



У розрахунок приймають менший розмір, отриманий по цих формулах.

Для інтервалу температур 375-475 °С вибір напруги, що пропускається проводиться по межі текучості або по межі повзучості, при цьому в розрахунок приймають менше значення. Значення коефіцієнтів тривкості для зварювальних швів не повинні перевищувати: для стикових швів  $m > 1$ , для ручного зварювання й у наклепі  $m > 0,7$ .

Диск, як і корпус, є основним робочим органом дискового екструдера. Від правильного вибору діаметра і конфігурації диску у значній ступені залежить продуктивність екструдера, стабільність його роботи і якість переробки.

Діаметр диска залежить від типорозміру екструдера і розмірів його корпусу, і визначається по внутрішньому діаметру корпусу із зменшенням його на розмір подвійного зазора. Розмір зазора між зовнішнім діаметром диска і внутрішнім діаметром корпусу в зоні живлення приймається від 0,002 до 0,005 діаметра диска, при цьому менше значення відноситься до великих діаметрів.

З трьох зон робочого органу дискового екструдера по своєму призначенню і конструктивному виконанню яскраво виражена лише зона живлення.

Зони плавлення і нормальних напруг являють собою безперервний канал робочого зазора, по якому рухається до центру розплав. Поверхня диску в цих зонах може бути виконана плоским, сферичним або конічним нарізанням.

Для того щоб полімер у робочому зазорі прогрівався поступово і рівномірно, зазор повинен мати таку форму, яка компенсувала б зменшення густоти розплаву і забезпечувала постійний розмір дисипації механічної енергії в одиниці об'єму на всій ділянці прогріву матеріалу. Ця умова виконується, якщо робочий зазор має вид каналу, що звужується від

периферії до центру з кутом 4-9 °С. Протяжність такого зазору повинна бути не менше 1/3 діаметру торцевої частини диску.

Профіль зони плавлення повинен також забезпечувати ефективну дегазацію розплаву. Тому що кількість летючих речовин, що виділяється у кожному полімері різноманітна, тому оптимальний профіль зони плавлення буде визначеним для кожного полімеру. Можна підібрати групу полімерів, що переробляються на тих самих робочих органах.

Диск у зоні живлення може бути гладким або зі спіральними канавками. Здатність дисків, з канавками, що перекачуються, в зоні живлення значно вище, ніж у гладких дисків. Довжина дисків у ряді машин досягає 1,25D.

Більш довгий диск покращує живлення зони плавлення за рахунок примусової подачі в неї матеріалу, що переробляється і підвищує якість змішання розплаву. Подовження дисків обмежується через збільшення навантаження на приводний вал і на направляючі осьового переміщення корпусу. Тому подовжені диски застосовуються тільки, у спеціальних екструдерах, що потребують особливих умов для живлення зони плавлення.

Диски можна класифікувати за наступними ознаками:

1) по конструкції зони живлення - із циліндричним або з конічним гвинтовим нарізанням, без гвинтового нарізання;

2) по конструкції зони плавлення - з плоскою, з сферичною або з конічною торцевою поверхнею;

3) по конструкції зони нормальних напруг - із черв'яком та без черв'яка;

4) по співвідношенню довжини диску до його діаметру - короткі ( $L/D < 0,5$ ) і довгі ( $L/D > 0,5$ );

5) по характеру обігріву - з електричним обігрівом, з обігрівом рідким теплоносієм і без обігріву.

Основними вузлами черв'ячного пресу являються черв'як, циліндр, формуюча головка. На рис. 1 показано черв'ячний прес без формуючої головки. Черв'як характеризується наступними розмірами (рис. 1.1):

діаметром  $D$ , довжиною нарізної частини  $L$ , кроком гвинтової нарізки  $t$ , шириною гребеню витка  $b$ , глибиною нарізки  $h$ , зазором между внутрішнім діаметром циліндра і зовнішнім діаметром черв'яка  $\delta$ .

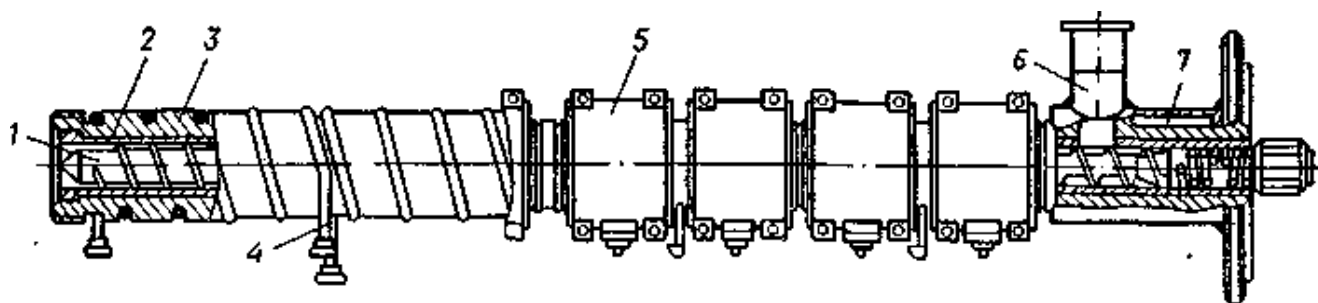


Рисунок 1.1 - Циліндр одночерв'ячного пресу:

1 — черв'як; 2 — гільза; 3 — циліндр; 4 — змієвик охолодження температурних зон; 5 — елемент електрообігріву; 6 — загрузочная горловина; 7 — пристрій охолодження загрузочної горловини.

В червяку слід розрізнити три зони: зону завантаження під бункером машини, зону стиснення і зону розвантаження (дозуючу зону), біля формуючої головки.

В зону загрузки поступають тверді гранули, які зжимаються в більшу або меншу монолітну пробку. Твердий матеріал просувається по спіральному каналу, утвореному поверхнями циліндра і черв'яка. Цей рух можливий, якщо тертя полімера об циліндр більше, ніж об черв'як, інакше рух припиниться і полімер буде обертатися разом з черв'яком.

У зв'язку з цим поверхня циліндра не полірується, а в деяких випадках загрузочний участок циліндра постачається поздовжніми канавками. Поверхня черв'яка повинна поліруватися і її особливо слід оберігати від пошкодження [12].

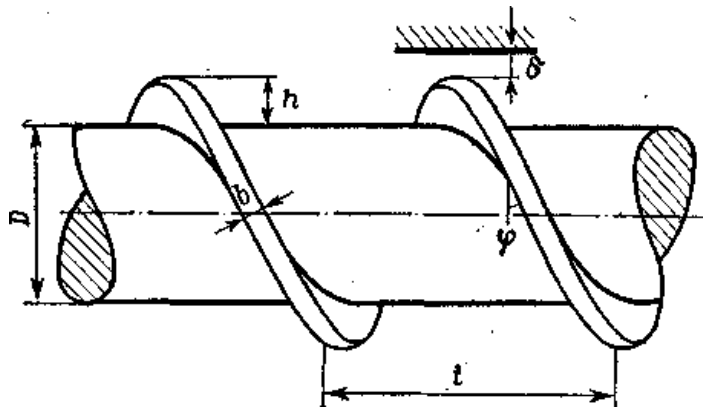


Рисунок 1.2 - Схема участка черв'яка

Продуктивність загрузочної зони тому буде тим більша, чим більше тертя матеріалу об циліндр і чим менше тертя матеріалу об черв'як. Теоретично за один оберт черв'яка повинен переміщатися об'єм полімеру, який знаходиться між двома сусідніми витками нарізки, тому продуктивність загрузочної зони буде залежати від об'єму витка. Об'єм витка визначається глибиною нарізки і кутом підйому гвинтової лінії нарізки черв'яка ср. Найбільша продуктивність досягається при величині кута 17—18°. Часто використовують черв'яки з квадратною нарізкою, коли крок гвинтової нарізки дорівнює його діаметру.

В цьому випадку  $\phi = 17,7^\circ$ .

Загрузочна зона повинна забезпечувати живлення інших зон. У зоні стиску тверді гранули розплавляються за рахунок зовнішнього обігріву і тепла, що виділяється при внутрішньому механічному зрушенні, і розплав стискується до утворення гомогенної (однорідної) вільної від порожнеч маси. Зона стиску сприяє створенню відповідності між продуктивностями завантажувальної та розвантажувальної зон.

У зоні стиснення змінюються розміри черв'яка. Коефіцієнт стиску черв'яка характеризується відношенням об'єму витка завантажувальної зони до об'єму витка розвантажувальної зони. Величина коефіцієнта стиснення

певною мірою обумовлюється тим, що, по-перше, об'ємна щільність гранул, що завантажуються, приблизно в два рази менша щільності розплаву, що надходить у розвантажувальну зону черв'яка, по-друге, тим, що гранули можуть перекидатися всередині витка, не просуваючись вперед, що знижує продуктивність завантажувальної зони на 30—50% від можливої.

Коефіцієнт стиснення черв'яка, у залежності від того, у якому вигляді подається матеріал (стрічка, гранули або порошок), коливається в межах від двох до шести, причому при використанні формуючих голівок з великим опором (малим перетином) можна використовувати черв'яки з низьким значенням коефіцієнта стиснення [4, 5].

Завдання зони розвантаження (дозуючої зони) — нагнітати у формуючу голівку розплав при постійних значеннях температури і тиску. У цій зоні витки черв'яка мають по всій довжині постійні розміри.

При русі черв'яка щодо нерухомого циліндра створюється тиск, під дією якого розплав заповнює канал нарізки і рухається вбік формуючої голівки. Це, так званий, поступальний потік. Тиск, що виникає при цьому, діє в двох взаємно протилежних напрямках — вбік голівки й вбік завантаження.

Тиск вбік завантаження викликає зниження поступального потоку за рахунок зворотнього руху частини розплаву як вздовж осі гвинтового каналу черв'яка (зворотний потік), так і через кільцевий зазор між виступами нарізки черв'яка і циліндра (потік витоку).

Поступальний і зворотній потоки накладаються один на одного і виходить результуючий потік, що визначає ефективну продуктивність одночерв'ячного преса.

Продуктивність може бути описана рівнянням:

$$Q = \alpha N - \beta \Delta P / \eta - \gamma \Delta P / \eta$$

де  $Q$  - об'ємна швидкість екструзії,  $\text{см}^3/\text{с}$ ;

$\alpha N$  - величина поступального потоку,  $\text{см}^3/\text{с}$ ;

$\beta \Delta P / \eta$  – величина зворотного потоку,  $\text{см}^3/\text{с}$ ;

$\gamma \Delta P / \eta$  - величина потоку виток,  $\text{см}^3/\text{с}$ ;

$N$  - швидкість обертання черв'яка, об/хв;

$\Delta P$  - перепад тиску вздовж черв'яка, що утворюється в розплаві полімеру за рахунок опору головки,  $\text{дин}/\text{см}^2$ ;

$\eta$  - в'язкість розплаву. П;

$\alpha, \beta, \gamma$  — константи черв'яка.

Константи черв'яка  $\alpha, \beta, \gamma$  визначаються розмірами черв'яка.

При високій в'язкості розплаву і малій величині кільцевого зазора між виступами нарізки черв'яка і внутрішньою поверхнею циліндра потік виток порівняно невеликий [7].

Істотну роль у процесі екструзії відіграє глибина нарізки в зоні розвантаження. Збільшення глибини нарізки черв'яка в цій зоні вдвічі приводить до збільшення поступального потоку також удвічі, у той час як зворотний потік у каналі (при цьому ж тиску) одночасно зростає у вісім разів, що приводить до різкого падіння продуктивності.

Конструкція черв'яка повинна максимально відповідати властивостям матеріалу, що переробляється. Звичайно довжина черв'яка дорівнює 20-25D.

Для переробки термостійких полімерів типу поліолефінів, що кристалізуються, або поліамідів, що мають вузьку температурну зону плавлення і дають, порівняно, низьков'язучі розплави, використовують черв'яки з подовженою зоною розвантаження з постійним кроком і постійною глибиною нарізки, довжиною від 1/4 до 1/2 загальної довжини черв'яка. Зона стиску в подібних черв'яків коротка - один-два витка нарізки. Величина деформації зрушення в таких черв'яків висока, що сприяє кращій

гомогенізації розплаву. Особливо виявляється перевага подібних черв'яків при використанні голівок з великим опором [19].

Для полімерів (наприклад, неластифікованого ПВХ, поліакрилатів, поліацеталів) з невеликою термостійкістю, з порівняно високими значеннями в'язкості розплавів, використовуються черв'яки з подовженою зоною стиску (зміна об'єму витка відбувається поступово) і, з порівняно короткою, зоною розвантаження, що має відносно глибоку нарізку. Для поліпшення гомогенізації розплаву такі черв'яки часто закінчуються подовженою частиною, що називається торпедою. Торпеда сприяє перемішуванню матеріалу, забезпечує його кращий прогрів. Завдяки насічкам і рифленням на торпеді збільшується деформація зміщення і, тим самим, підсилюється ефект перемішування.

Відомі черв'яки в однозаходному і двозаходному виконанні. Двозаходний черв'як має велику поверхню зіткнення матеріалу з витками при меншому об'ємі витка в порівнянні з однозаходним черв'яком з тими ж значеннями діаметра, глибини і кроку витка.

У зв'язку з цим двозаходний черв'як кращий при переробці на черв'ячному пресі пластифікованої або розплавленої маси, тому що збільшена поверхня витків дозволить краще захоплювати масу.

При переробці гранульованого матеріалу ця перевага зникає, тому що підвищується тертя матеріалу об черв'як, що знижує продуктивність черв'яка. Для гранульованих матеріалів кращим є однозаходний черв'як зі збільшеним міжвитковим об'ємом.

Для переробки порошкоподібних матеріалів, що мають менші насипну вагу і коефіцієнт тертя, ніж гранули, рекомендуються двочерв'ячні преси [23, 28]. Продуктивність їх, на відміну від одночерв'ячних пресів, не залежить від співвідношення коефіцієнтів тертя матеріалів з поверхнями

черв'яка і циліндра, тому що матеріал захоплюється черв'яками і примусово ними подається вперед.

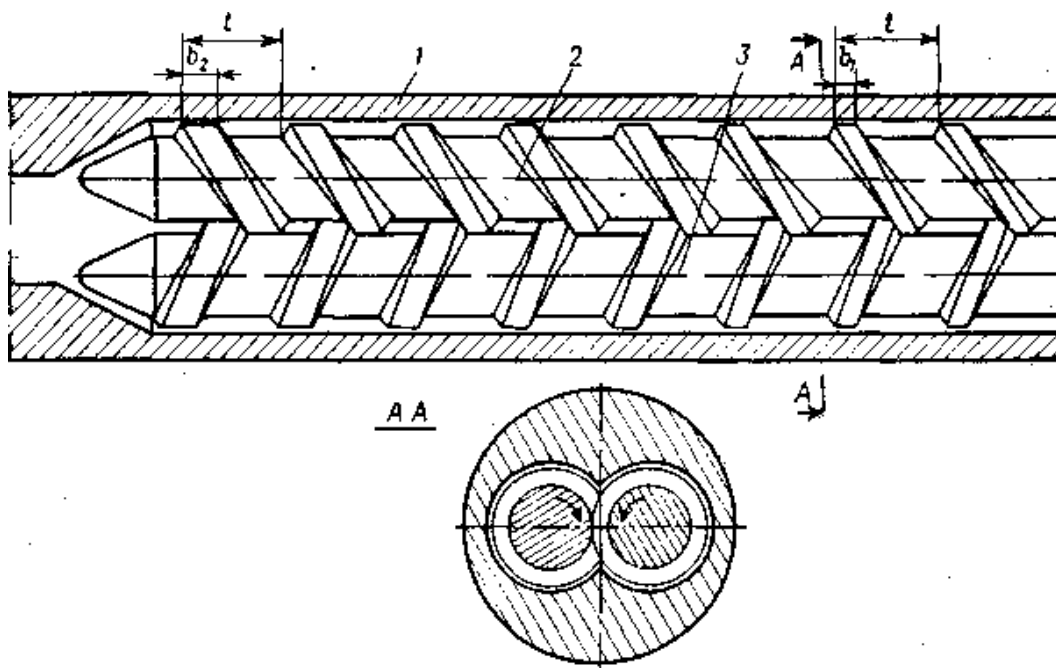


Рисунок 1.3 - Черв'ячна пара двохчерв'ячного пресу:

1 – циліндр; 2,3 - черв'яки.

Продуктивність завантажувальної зони залежить від вільного простору між витками черв'яків, а також від рівномірності подачі матеріалу. На рисунку 1.3 схематично показане розташування черв'яків.

Зміна міжвиткового простору досягається за рахунок збільшення ширини гребеня витка зі збереженням кроку і глибини нарізки.

Останнім часом досить широке застосування знайшли черв'ячні преси із системою для дегазації розплаву. Черв'яки таких пресів відрізняються від звичайних тим, що в них за зоною стиску (гомогенізації) розміщена зона розширення (дегазації), з якої видаляються газоподібні продукти, далі зона стиску і потім зона розвантаження.



Коли газоподібні продукти в зоні дегазації виводяться через отвір у циліндрі, розплав завдяки малому стисненню при знятті тиску незначно розширюється.

З зони розвантаження розплав надходить у формуючу головку. Формуюча головка з'єднується з циліндром черв'ячного преса на різьбленні або за допомогою фланців і різних отворів. Головка умовно поділяється на дві зони: ділянка, що прилягає до циліндра, і формуючий мундштук, призначений для формування розплаву в безупинно вихідний профіль.

Для регулювання підпору і підвищення гомогенності (однорідності) розплаву, очищення його від сторонніх домішок між циліндром і головкою встановлюються решітка або пакет фільтруючих сіток. Розплав, що надходить у головку, рівномірно підводиться до формуючого мундштука [9,10].

## **1.2 Основне обладнання для екструзійної лінії**

### **Червячні преси**

Будь-який червячний прес складається з наступних основних вузлів: червяка, матеріального циліндру, редуктора, що забезпечує широкий діапазон регулювання обертів червяка (редуктор виконаний разом з вузлом тривкого підшипника); електропривода; завантажуючої воронки; шаф автоматики з пристроями контролю та управління температурою; шаф автоматики управління електроприводом; і пульта управління (для установки та контролю числа обертів червяка) [16, ст.36].

## **Одночервячні преси**

В екструдерах для виробництва гранул червячні преси, крім гранулювання, забезпечують можливість видалення летючих речовин з розплаву полімеру під час переробки – дегазації розплаву. Такі преси мають більш складні по конструкції та більш довгі червяки з двома чи більше ступенями стискання, послідовно нарізаними на одному валу. Матеріальні циліндри дегазаційних пресів мають спеціальні зони з пристроями для видалення летючих речовин.

Сильно стиснутий гомогенізований розплав полімеру із зони дозування першого ступеня стискання через дроселюючу решітку потрапляє у вакуум-камеру – зону різкого падіння тиску в масі, де при неперервному переміщенні з розплаву відсмоктуються летючі речовини та продукти розкладу полімеру.

У вакуум камері підтримується остаточний тиск близько 500 мм. рт. ст. при подальшому пересуванні вздовж червяка розплав потрапляє у другу ступінь стискання і знову дозується через решітку та головку на гарнуючий пристрій.

## **Черв'яки**

Всі черв'яки, мають наступні конструктивні особливості:

- посадка черв'яка у приводну втулку редуктора здійснюється з допомогою шліцевого з'єднання;
- виконання черв'яків циліндричне, не залежно від призначення черв'ячного пресу;
- черв'яки – однозаходні і мають праву нарізку;
- черв'як закінчується пробкою–наконечником замість якого може вкручуватись пристрій для витягання черв'яка з гільзи;

- всі черв'яки витягаються з матеріального циліндра пресу в бік головки пресу;

- ступінь стискання, що вимагається, забезпечується за рахунок зміни глибини нарізання.

При експлуатації черв'яки піддаються комплексному впливу температури, продуктів розкладу матеріалу, що переробляється, абразивній дії випадкових твердих частинок, що потрапили в масу. В цих умовах черв'як повинен довгий час протистояти стиранню та впливу крутного моменту [37, ст. 12]. Тому для виготовлення черв'яків використовуються леговані, стійкі до корозії та термічної і термохімічної обробки сталі.

В процесі екструзії полімер потрапляє у міжвитковий простір черв'яка, обмежений внутрішньою поверхнею гільзи. Черв'як, обертається всередині гільзи, транспортує полімер від завантажуючого отвору гільзи до формуючої головки.

Черв'ячні преси з діаметрами черв'яка 20 і 32 мм мають на матеріальному циліндрі три регульовані температурні зони обігріву, преси з діаметром черв'яка від 45 до 90 мм – чотири, а з діаметром більше 90 мм – шість зон обігріву.

На поверхні матеріального циліндра в області кожної температурної зони є гвинтова проточка, в яку зачеканюється мідна трубка змійовика водного охолодження зони. Згори змійовика в кожній зоні кріпиться роз'ємний нагрівний елемент (омний опір або індуктор). В середині кожної температурної зони є гніздо для установки термомпари. Таким чином, на циліндрі пресу створюються теплові зони, що дозволяють задавати і підтримувати потрібну температуру вздовж матеріального циліндра [2, 35].

## Формуючий та калібруючий інструмент

На черв'ячному пресі можна одержувати різноманітні вироби. Для переходу із виробництва одного виду виробу на другий достатньо замінити формуючий інструмент, і підібрати черв'як, який забезпечував би ступінь стиснення матеріалу, що дозволяє одержати виріб нормальної щільності без пор і розшарувань [29, 7].

Головка формуючого черв'ячного пресу, часто являє собою конструктивно складний вузол з елементами обігріву і регулювання зазорів у каналах, по яких тече розплав полімеру, пристроями, що дроселюють, повітроводами та ін. У конструкціях формуючих головок, є також деталі, призначення яких не залежить від типу одержуваного виробу (плівка, труба або профіль складного перетину). До них відносяться: корпус головки з розташованими на ньому елементами обігріву і датчиками температури; розташований усередині корпуса формуючий інструмент, (мундштук) із дорном, що формує внутрішню поверхню виробу, і матрицею, що оформляє зовнішню поверхню виробу.

Головка з'єднується з циліндром черв'ячного пресу через перехідний патрубок, що обігрівається за допомогою фланцевого з'єднання.

Всі деталі формуючої головки, виготовляються з корозійно-стійкої сталі, що допускає зміцнюючу термохімічну обробку, що і дозволяє доводити робочі поверхні до чистоти  $\sqrt{10}$ - $\sqrt{11}$ .

Цим вимогам задовольняють сталі, застосовувані для виготовлення черв'яків і гільз черв'ячних пресів. У деяких випадках, при формуванні розплавів таких агресивних матеріалів, як фторопласти, доводиться використовувати особливо корозійно-стійкі сплави і сталі типу ХН77ТЮР, іноді навіть на шкоду витривалим властивостям.

На виході з головки пресу гаряча екструдійна заготовка калібрується до необхідних геометричних розмірів і одночасно охолоджується.

У залежності від виду виробу застосовують калібруючі пристрої різноманітної конструкції. Для труб і профілів виготовляють спеціальні насадки, що калібрують, у яких виріб, охлджуючись, приймає остаточні геометричні розміри. Для калібрування труб по товщині у виробництві для створення надлишкового тиску усередині рукава використовують повітря або інертний газ. При виробництві листів у якості пристрою, що калібрує, застосовують двовалкові або багатовалкові каландри.

Незважаючи на те що метали, із яких виготовляють пристрої, що калібрують, працюють при температурах більш низьких, ніж температури розплавів полімерів, вони також повинні відповідати вимогам по твердості і по якості поверхні. Звичайно вони використовують сталі типу 40Х, ХВГ і т.п.

Чистота робочих поверхонь пристроїв, що калібрують, повинна відповідати класам чистоти  $\sqrt{9}$ - $\sqrt{11}$ , а іноді і вище [20,4].

### **Бункер і завантажувальна горловина**

В конструкціях одночервячних пресів знайшли широке застосування конічні бункери, які забезпечені оглядовою заскленою щілиною, шибєрним затвором, що регулює подачу матеріалу в циліндр пресу, і кришкою для захисту матеріалу від запорошення.

Від форми і розміру бункера залежить ступінь заповнення багатовиткового простору завантажувальної зони черв'яка гранульованим матеріалом, а отже, і продуктивність пресу.

Бункер кріплять на корпусі черв'ячного пресу над завантажувальною горловиною циліндра за допомогою з'єднання, що допускає швидкий демонтаж бункера.

Звичайна конструкція бункера має ряд принципівих недоліків.

Так, при зміні рівня матеріалу в ньому змінюється зусилля, із яких гранули подаються в завантажувальну горловину.

Навіть при ретельному виготовленні бункеру подача матеріалу на нього самотіканням іноді припиняється через зависання гранул на переході з бункера в горловину циліндра.

Для ліквідації цих явищ бункер оснащують перемішувачем і системою автоматичного спостереження за рівнем завантаження. Від розмірів отвору в циліндрі під бункером залежить швидкість подачі матеріалу в циліндр і, у кінцевому рахунку, продуктивність черв'ячного пресу.

Найбільша продуктивність одночерв'ячного пресу в гранульованому матеріалі спостерігається при довжині отвору рівній  $1,25-2D$  і ширині  $0,8-1,0D$  із центральним розташуванням стосовно осі черв'яка.

Від перегріву завантажувальну зону циліндра охороняє встановлена на цій частині циліндра система охолодження. Ця система охолодження частково запобігає перегріву вузла тривкого підшипника преса [4].

Для виготовлення бункера застосовують звичайні конструкційні сталі, алюміній, нержавіючу сталь.

### **Редуктор і вузол тривкого підшипника**

У циліндрі черв'ячного преса під час екструзії розвиваються великі тиски. Опір протискуваного матеріалу через інструмент, що формує, діє на черв'як і досягає значних розмірів.

Так, згідно даних, на черв'як із діаметром - 152 мм діє осьове зусилля порядку 120 тс.

Це зусилля передається на редуктор приводу черв'ячного пресу через вузол підшипника.

Всі елементи тертя редуктора і підшипникового вузла, а також зубчата передача зрошуються олією, що розприскується. Така мастильно-охолоджувальна система застосовується на усіх пресах із діаметром черв'яка до 90 мм.

В черв'ячних пресах використовується регульований електропривод, що працює по системі електромагнітний підсилювач – двигун постійного струму. Існують черв'ячні преси з тиристорним управлінням двигунами постійного струму.

У черв'ячних пресах обігриваються циліндр і формуючий інструмент. У черв'ячних пресах, призначених для виробництва виробів з термопластів, у якості нагрівачів застосовуються електричні елементи обігриву. Черв'ячні преси, що працюють у якості підколінних розвантажувальних грануляторів, мають температурні зони, що обігриваються перегрітою водою або іншим рідким теплоносієм від спеціальних теплостанцій, встановлених за межами вибухонебезпечних приміщень [5].

Електрообігрив теплових зон циліндрів пресів, призначених для переробки гранулята у виробі, здійснюється секційними елементами опору. На деяких моделях застосовується обігрив індукційними нагрівачами.

Для підтримки заданого розподілу температур вздовж циліндра преса при малій його продуктивності звичайно достатньо регулювати тільки кількість енергії, яку підводять до елементів обігриву, тобто автоматично включати нагрівач при охолодженні температурної зони і виключати - при перегріві. Проте при підвищенні числа обертів черв'яка преса може наступити такий режим у сполученні гільза - черв'як, коли кількість тепла, що виділяється в розплаві термопласта за рахунок тертя, перевищить кількість тепла, яке підводиться від нагрівачів. Щоб запобігти, в цьому випадку, розкладанню матеріалу і не знизити продуктивність преса, по команді від контрольно-вимірювального приладу включається система

охолодження температурної зони, тобто спрацьовує електромагнітний клапан подачі води в змієвик відповідної зони.

У черв'ячних пресах застосовується водяна система охолодження теплових зон циліндра, а також завантажувальної горловини та черв'яка. Жорсткість води, яку подають в систему охолодження, не повинна перевищувати 2-7 мг\*екв/л.

Якщо через підвищену жорсткість використовувати водопровідну воду не можна, то щоб уникнути появи накипу в систему охолодження подають пом'якшену воду або конденсат.

Іноді для підвищення продуктивності пресу буває доцільно зменшити сили зчеплення розплаву з поверхнею черв'яка. У цьому випадку включають вентиль подачі води в черв'як через барботер.

### **Пристрої для інтенсифікації процесу екструзії**

Сучасні екструзійні машини оснащуються допоміжними пристроями, що інтенсифікують процес екструзії. З їх допомогою вдається значно підняти продуктивність машин [6, 27].

До них, відносяться:

- 1) пристрої для попереднього підігріву гранул;
- 2) пристрої для примусового живлення екструзійних машин;
- 3) пристрої, що автоматизують процес завантаження бункера машини.

Комплексне застосування цих пристроїв дозволяє інтенсифікувати процес екструзії в середньому на 15-30%.



### **Пристрій для підігріву гранул**

Пристрій для підігріву гранул застосовується в одночерв'ячних пресах і складається з трьох основних вузлів: бункера з повітророзподільчим конусом (або перегородками), калорифера і системи повітроводів. Гаряче повітря, нагріте у калорифері, подається через повітровод у нижню частину бункера з гранульованим матеріалом. Проходячи далі через весь бункер знизу вгору, гаряче повітря нагріває й осушує гранулянт від адсорбованої вологи.

По верхньому повітроводу відпрацьоване повітря повертається в калорифер, осушується, підігрівається, і цикл повторюється. Пристрої, що випускаються серійно для комплектування одночерв'ячних пресів, що працюють на гранульованому полімері або ПВХ, дозволяють нагрівати повітря, що подається, до 100°C. Рекомендується поліетилен підігрівати до 70-80 °С, гранульований ПВХ - до 80-100°C. Перевищення зазначених температур веде до злипання грануляту в завантажувальній горловині бункера й утворенню пробки.

### **Пристрій для примусового живлення екструзійних машин**

Ці пристрої застосовуються на машинах, що переробляють порошкоподібні композиції. Основне призначення пристрою - перешкоджати склеюванню порошку в горловині завантажувальної лійки і циліндра і забезпечити максимальне заповнення міжвиткового простору завантажувальної зони черв'яка черв'ячних пресів. У ряді випадків застосування пристрою примусового живлення усуває явище «пульсування» продуктивності машин. Наприклад, цей пристрій входить у комплект агрегатів на базі двочерв'ячних пресів для гранулювання і для виробництва труб.

Пристрій примусового живлення - так звана мішалка, являє собою вал який проходить через бункер, на якому змонтовані хрестовини або лопасті, що безупинно перемішують матеріал у бункері.

Нижня частина вала закінчується коротким транспортуючим черв'яком, кінець якого може входити в завантажувальну горловину циліндру приблизно на  $1-2D$ . Підшипниковий вузол валу, редуктор і привод кріплять на кришці бункера [7].

### **Пристрій для автоматичного завантаження бункера**

Робота завантажувального пристрою основана на принципі пневматичної ежекції. Подаване із заводської магістралі стиснуте повітря потрапляє в кільцевий паз пристрою і звідти через похилі канали направляється по трубопроводу в бункер машини, створюючи всмоктувальний потік повітря на нижньому відкритому кінці патрубку.

Гранули всмоктуються в патрубок із ємкості, і, потік повітря спрямовує їх у бункер черв'ячного пресу. Як тільки гранули, що заповнили бункер, перекриють вихідний отвір трубопроводу, зростання в ньому тиску змусить спрацювати мембрану регулятора і подача повітря в ежектор припиниться.

При зниженні рівня гранульованого матеріалу в бункері вихідний отвір трубопроводу звільняється, тиск повітря в трубопроводі падає й пристрій знову починає подавати гранули в бункер. Таким чином, рівень гранульованого матеріалу в бункері підтримується постійним [9]. Пневмозавантажувач нормально працює при тиску повітря в заводській мережі  $\sim 300-600$  кПа. Після подачі гранул у бункер повітря, що відпрацьоване виходить назовні через рукавний фільтр, встановлений на бункері.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Полімерні матеріали

Серед хімічних продуктів пластмаси займають важливе місце. Усі синтетичні полімери поділяються на полімеризаційні та поліконденсаційні і утворюються в результаті взаємодії низькомолекулярних речовин (мономерів) без виділення будь-яких побічних продуктів. До них відносяться поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол та інші. Поліконденсаційні полімери утворюються також з низькомолекулярних органічних речовин, але процес їх утворення супроводжується виділенням побічних продуктів. Термопластичні полімери при охолодженні чи при нагріванні перетворюються на тверді неплавкі і нерозчинні матеріали.

В умовах експлуатації під дією агресивних середовищ відбувається зміна структури і властивостей полімерів, що приводить до зміни їх гнучкості. При цьому при взаємодії полімерів з агресивним середовищем може протікати ряд фізичних та хімічних процесів.

Всі полістирольні пластмаси відрізняються невисокою вартістю та широкими можливостями за властивостями та областями застосування.

Поліетилен – термопластичний насичений полімерний вуглевод, молекули якого мають конформацію плоского зигзаг у з періодом ідентичності 0,254 нм; характеризується високою хімічною стійкістю до впливу реагентів: кислот, лугів, солей, розчинників, але при температурах вище 60° С сірчана та азотна кислоти швидко його руйнують.

По електричним властивостям поліетилен, як неполярний полімер, відноситься до високоякісних високочастотних діелектриків.

Поліетилен володіє також рядом недоліків. До них відносяться старіння при дії сонячного світла, повзучість (розвиток деформацій при тривалій дії статичних навантажень), утворення тріщин у виробках, що знаходяться у напруженому стані, невисока робоча температура, недостатня механічна міцність і хімічна стійкість, горючість, непрозорість. Під впливом поверхнево-активних речовин спостерігається розтріскування поліетилену, небезпека зростає при наявності розтягуючих напружень.

Утворення тріщин у виробках визначається діючими напругами, температурою і середовищем.

Виготовлення полімеру здійснюється двома способами: високого тиску (ПЕВТ) і низького тиску (ПЕНТ).

Використовують його для виготовлення різногабаритних виробів методом лиття під тиском, за виключенням тих, які призначені для харчових продуктів.

З усіх видів пластмас поліетилен знайшов найбільше застосування для виготовлення труб методом екструзії та відцентрового лиття, що характеризується легкістю, корозійною стійкістю, незначним опором руху рідини, простотою монтажу, гнучкістю, морозостійкістю, легкістю зварювання.

При заповненні пресу матеріал витримують 2 – 3с. При підвищенні температури до  $T_{пл} = 200^{\circ}\text{C}$ , при якій поліетилен має властивості гумового матеріалу, його опромінюють  $\gamma$  – променями або швидкими електронами з електронної пушки. Технічні параметри:  $\sigma = 12 \dots 16$  МПа;  $\epsilon, \% = 150 - 600\%$ .

Поліпропілен (ПП) – є більш легким, твердим та прозорим полімером. Він володіє високою просторовою регулярністю, що приводить до

кристалізації полімеру. Поліпропілен при нормальній температурі не є розчинним в органічних розчинниках, навіть при тривалому перебуванні в них, але при температурі вище 80° С розчиняється в них.

Фізико-механічні властивості його значно вищі, по міцності при розтяганні і теплостійкості він перевершує поліетилен. ПП володіє двома істотними недоліками: малою морозостійкістю і легкою окислюваністю при дії високих температур переробки у виробі.

Високомолекулярний поліпропілен придатний для виготовлення труб, технологія – аналогічна. Найбільш придатні полімери з високим та середнім ступенем кристалічності. Труби методом екструзії випускають діаметром 25-105 мм. Вони витримують більш високий тиск і більш високі температури, ніж труби ПЕНТ та ПЕВТ. По теплостійкості труби з поліпропілену кращі, але по морозостійкості значно уступають поліетиленовим.

Поліпропілен використовують для виготовлення технічних деталей і створення захисних покриттів. На його основі створюють антистатичні ( $\sigma_{\text{розтягу}} = 10 \text{ МПа}$ ) та фоторуйнівні композиції.

Також додають  $\text{TiO}_2$  для покращення експлуатаційних характеристик матеріалу: ( $\sigma_{\text{розтягу}} = 12 \text{ МПа}$ ); з підвищеною міцністю ( $\sigma_{\text{розтягу}} = 25 \text{ МПа}$ ).

Поліпропілен більш міцний, жорсткий і теплостійкий, ніж поліетилен. Він дуже чутливий до окислення і руйнування при нагріванні.

Тому в поліпропілен вводять стабілізатори – аміни, феноли, сірку, що також сприяє зниженню адгезійної міцності двох покриттів.

Сополімери пропілену з етиленом, що містять невелику кількість етилену мають властивості ПП, але мають підвищену стійкість до ударних навантажень (температура їх крихкості від -15 до -40° С), покращену здатність до переробки всіма методами за рахунок хороших реологічних властивостей і низьких механічних напруг у виробі.

Полівінілхлорид (ПВХ) - отримують полімерізацією:

- блочною;
- суспензійною;
- емульсійною.

Спосіб отримання визначає властивості ПВХ, які також змінюються в залежності від пластифікаторів, стабілізаторів, наповнювачів. Розрізняють два типи ПВХ: жорсткий (вініпласт)  $\sigma_{\text{розтягу}} = 40 \dots 60 \text{ МПа}$  та м'який (пластикат).

Полівінілхлорид та сополімери вінілхлориду мають задовільні властивості і низьку вартість.

## **2.2 Характеристика розплаву поліетилену ПЕ-80**

Поліетилен широко використовується як матеріал для виготовлення виробів (труб, листів). Фізико-механічні, експлуатаційні та інші характеристики даного матеріалу близькі до описаних вище полімерів.

Для переробки і формування труб поліетилен засипають у бункерну горловину, звідки матеріал поступає у екструдер, де проводиться неперервна пластифікація та гомогенізація полімеру і отримується однорідний розплав, який перемішується і, потім, поступово видавлюється через формуючу головку (мундштук та дорн). Прес забезпечує пульсуючу подачу пластикату. Для зменшення пульсації матеріалу, що накопичується пресом, до нього під кутом  $90^\circ$  приєднаний одно черв'ячний прес звичайної конструкції. Формуючі головки, як правило, кріплять до дозуючого пристрою, хоч для живлення розплавом каландрів головки закріплюють безпосередньо на пресі, що небажано.

При роботі пресу корпус вузла підшипника корпус черв'яка одночасно сприймають зусилля розтягу, рівне осьовому зусиллю на черв'яку по величині і обернене по напрямку, а також реактивний момент приводу черв'яка, рівний моменту, прикладеному до черв'яка. Черв'як пресу працює на скручування від крутного моменту, що передається, і на стиснення від осьового зусилля.

Формуючий мундштук чинить опір потокові розплаву, що надходить із вхідної частини голівки під напором сили  $F$ . Цей опір приводить до виникнення напруги зрушення  $\tau$ , що визначається відношенням сили  $F$  до бічної поверхні мундштука  $S_n$ , вздовж якого рухається розплав:

$$\tau = F/S_n$$

Сила  $F$  може бути визначена по величині манометричного тиску  $P$ , що характеризує тиск у голівці перед входом у мундштук:

$$F = P/S_c$$

де  $S_c$  — площа поперечного перерізу мундштука.

З формул маємо:

$$\tau = PS_c/S_n$$

Напрузі зсуву в потоці розплаву відповідає визначена швидкість зсуву  $\gamma$ . Швидкість зсуву залежить від швидкості потоку і товщини шару потоку.

Шари потоку рухаються з різною швидкістю: максимальною в центрі і практично нульовою  $\gamma$  біля стінок. Тому швидкість зрушення приходить підраховувати з відношення швидкості потоку до «усередненого зазору», що залежить від геометрії мундштука [29, ст.25].

У таблиці 2.1 приведені формули, по яких можна розраховувати напруги зрушення і швидкості зрушення в різних мундштуках.

Таблиця 2.1 - Формули для розрахунку напруги зсуву і швидкості зсуву для мундштуків простих геометричних форм

Форма мундштука	Напруження зсуву $\tau$ , дин/см <sup>2</sup>	Швидкість зсуву $\gamma$ , с <sup>-1</sup>
Круглий отвір	$PD/4L$	$32Q/\pi D^3$
Плоскпаралельна щілина	$PH/2.15L$	$5.58Q/WH^2$
Кільце	$P(R-r)/2.15L$	$5.58Q/\pi(R+r)(R-r)^2$

Чисельна величина відношення напруги зсуву до швидкості зсуву дорівнює в'язкості розплаву. У звичайних низькомолекулярних рідин, так званих ньютонівських, в'язкість залежить лише від температури. У полімерних розплавах велика довжина макромолекули в порівнянні з її поперечними розмірами приводить до того, що один кінець макромолекули може виявитися в шарі, який рухається зі швидкістю відмінною від швидкості шару, у якому знаходиться інший її кінець.

При русі макромолекула буде поступово орієнтуватися вздовж напрямку дії сил, акумулюючи енергію зсуву.

Під впливом значних напруг зсуву може також відбуватися руйнування або деформування структур розплаву, що виникають за рахунок сил міжмолекулярної взаємодії та переплетення молекул.

Таким чином, у розплаві полімеру поряд з незворотніми деформаціями (при русі, що характеризується в'язкістю) відбуваються пружні зворотні деформації [25]. Отже, розплав полімеру є в'язкопружною рідиною.

Здатність розплавів полімерів до пружних зворотніх деформацій зумовлює залежність в'язкості розплаву не тільки від температури, але і від



напруги зсуву або швидкості зсуву, а також появу „еластичної турбулентності”, „еластичного відновлення”, внутрішніх напружень.

### 2.2.1 Криві текучості

Оскільки в'язкість розплаву залежить не тільки від температури, але також і від напруги зсуву, текучість розплавів приходить ся характеризувати певною кривою текучості, отриманою при заданій температурі, що являє собою залежність  $\gamma$  від  $\tau$ .

Для одержання кривої текучості і визначення в'язкості розплавів полімерів можна використовувати черв'ячний віскозиметр, що забезпечує сталий ламінарний потік розплаву, досить швидке нагрівання полімеру до заданої температури, а напруження зсуву досить близькі до напружень, що характерні для реального виробничого процесу (рисунок 2.1).

Полімер через завантажувальний бункер 14 надходить у черв'ячний прес з черв'яком, діаметр якого 30 мм. Черв'як захоплює полімер, що надходить, стискає його і після перетворення в розплав подає у формуючу головку 4. Через редуктор 13 черв'як з'єднаний з гідравлічним універсальним безступінчастим регулятором швидкості (УРС - 2,5 - 43). Змінюючи число обертів черв'яка, можна змінювати тиск у вимірювальній головці. Манометр 5 приєднується через датчик поршневого типу, заповнений силіконовою олією.

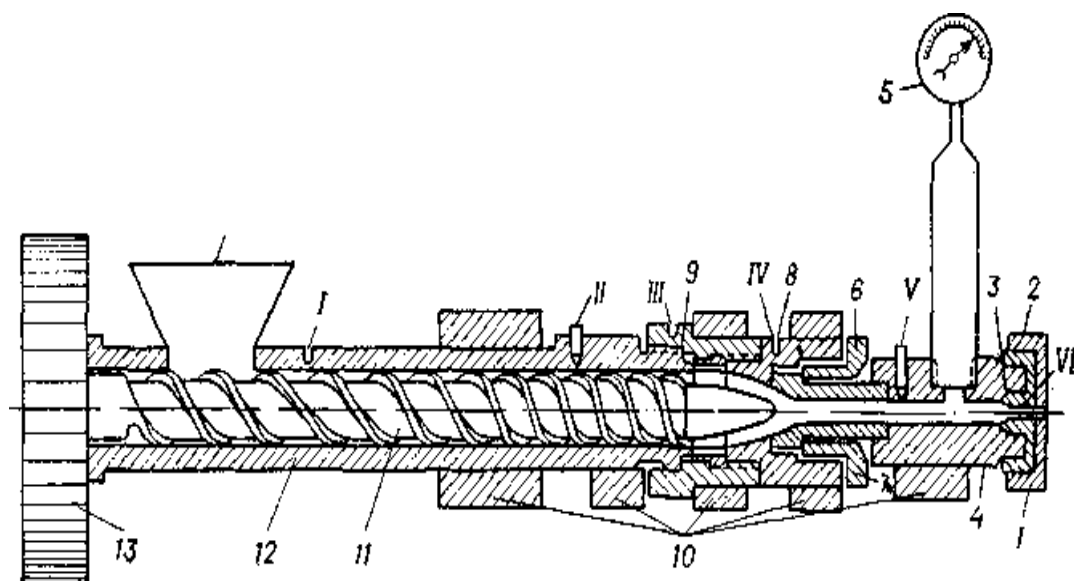


Рисунок 2.1 - Черв'ячний віскозиметр:

1 — термоізоляційний ковпачок; 2 — притискна гайка; 3 — мундштук; 4 — формуюча голівка; 5 — манометр; 6 — кріпильна гайка; 7 — матриця; 8 — упорна гайка; 9 — перехідна гайка; 10 — обігрівач; 11 — черв'як; 12 — циліндр; 13 — редуктор; 14 — завантажувальний бункер; I-VI — місця вимірювання температури.

Під тиском  $P$ , значення якого визначається манометром, і при температурі, обумовленою термопарою, укріпленої в мундштуці 3, розплав видавлюється з мундштука; по вазі екструдату, одержуваного за визначений відрізок часу, обчислюють об'ємну швидкість з врахуванням щільності розплаву при даній температурі [11].

Знаючи розміри мундштука, можна розрахувати (таблиця 2.1) напругу зсуву і швидкість зсуву і побудувати криві плавлення. Криві плавлення (рисунок 2.2) мають форму близьку до параболічної.

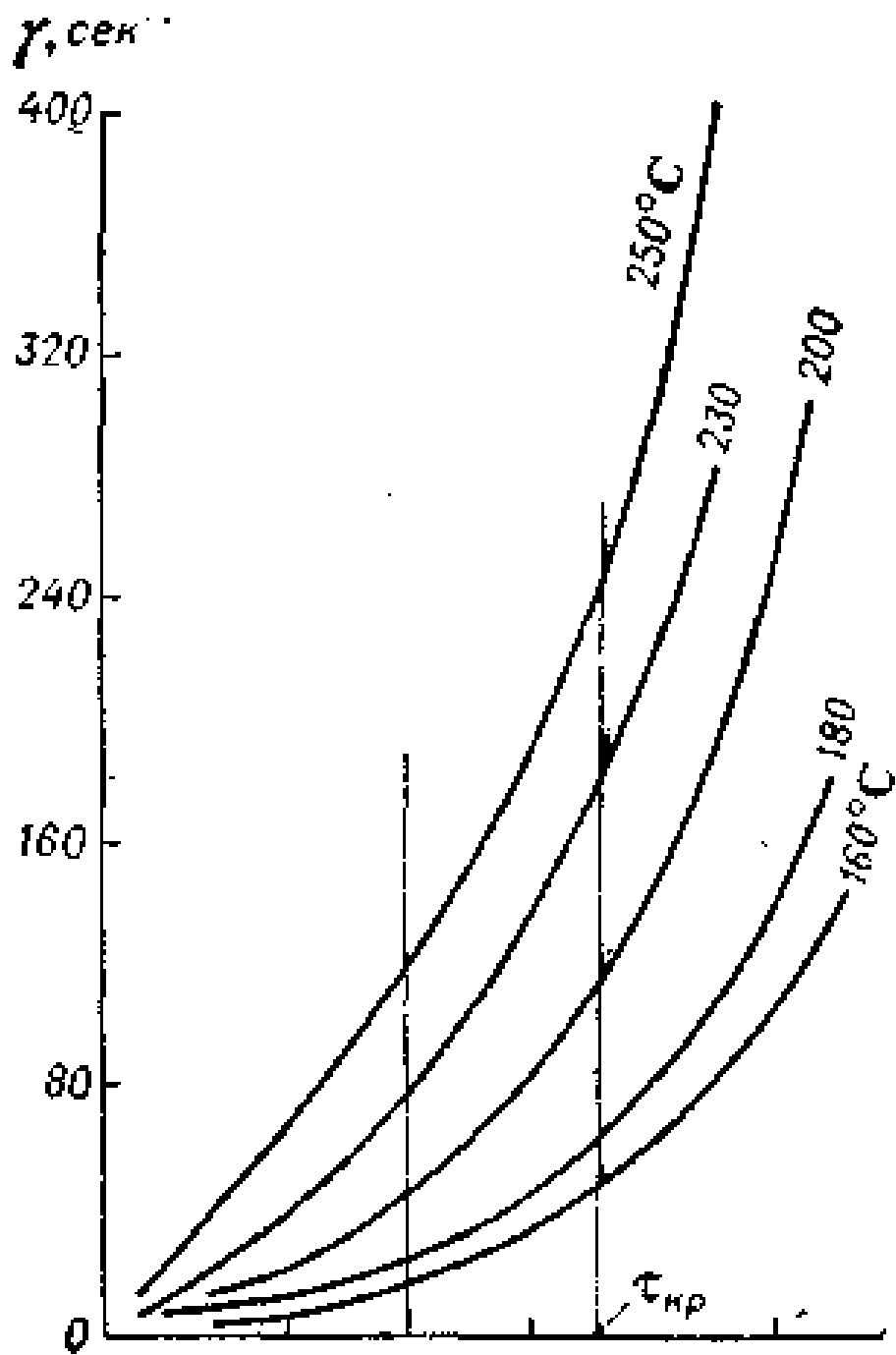


Рисунок 2.2 – Криві текучості

Для ньютонівської рідини, у якій в'язкість залежить тільки від температури, ця залежність виражається прямою, що проходить через початок координат.

Криві плавлення дозволяють визначати значення ефективної в'язкості розплаву при заданих температурі і швидкості зсуву.

Ефективна в'язкість розплаву залежить від температури і напруги зсуву в широкому діапазоні їхніх значень. Знаючи величину ефективної в'язкості при визначених значеннях температури і напруги зсуву, можна обчислити тиск у формувальній насадці.

### **2.2.2 Показник плавлення розплаву**

Властивості, що визначають здатність полімерних матеріалів до плавлення в даний час встановлюються по показнику плавлення розплаву (ППР). ППР визначається за ДСТ 11645—65.

Під ППР розуміють кількість матеріалу в м, що видавлюється протягом 10 хв при визначеній температурі і навантаженні.

ППР визначають на стандартному пластометрі, вимірювальний вузол якого складається з камери (куди закладається навіска полімеру), порожнього поршня, капіляра і вантажу.

Наприклад, для поліетилену високої щільності ППР визначають при 190 °С і вантажі 50 Н, а для поліетилену низкою щільності — при тій же температурі і вантажі 31,6 Н.

По величині ППР можна порівняти здатність до плавлення різних партій полімеру. Криві плавлення дають більш повну оцінку плавленості полімеру в умовах переробки, тому що швидкість зрушення в пластометрі для визначення ППР складає 2-5 с<sup>-1</sup>, а в екструзійних машинах – 50-250 с<sup>-1</sup>. Ефективні в'язкості в умовах малих і великих швидкостей зсуву можуть відрізнятися в кілька разів.

Дуже важливо, що криві плавлення дозволяють дати якісну оцінку поведінки розплаву в умовах переробки, тому що промислові полімери є полідисперсними матеріалами, що складаються не з однакових (по розмірах) молекул, а із суміші молекул різної довжини і ваги.

Наприклад, дві партії (із двох заводів) поліетилену високої щільності однієї марки мали близькі значення ППР - 0,55 і 0,68 г/10 хв і середні молекулярні ваги в межах  $(16 - 20) \cdot 10^3$ .

Перша партія містила 4—5% полімеру з молекулярною вагою  $(176 - 250) \cdot 10^4$ . Ця обставина обумовила розходження у фізико-механічних властивостях цих партій і разові-особі в кривих плавлення.

Партія, що містить „високомолекулярний хвіст”, зі збільшенням швидкості зсуву змінювала в'язкість значно повільніше, ніж друга [26].

### 2.2.3 Еластична турбулентність

При збільшенні числа обертів черв'яка можна досягти такої граничної швидкості екструзії, вище якої на поверхні екструдату з'являються бугри і шорсткість, тобто відбувається огрубіння поверхні.

Це явище називають еластичною турбулентністю, і воно виникає тоді, коли між силами пружності і в'язкістю розплаву досягається певне співвідношення, що характеризується величиною критичного зсуву  $\tau_{кр}$  (рисунок 2.2)

Величина  $\tau_{кр}$  визначається природою полімеру, його структурою, але її можна значно підвищити, домагаючись більш плавного введення розплаву у формуючий мундштук і збільшуючи довжину формуючої ділянки мундштука.

Діаметр екструдату, що видавлюється з мундштука, трохи більший, ніж внутрішній діаметр мундштука. Це явище розбухання екструдату називають еластичним відновленням.

Здатність, до розбухання приводить до того, що розміри профілів, одержуваних методом екструзії, виявляються більшими, ніж розміри формуючого інструменту, і їх необхідно коректувати, зменшуючи розміри формуючого зазору або збільшуючи витяжку виробів.

Здатність розплаву до еластичного відновлення використана в безчерв'ячних дискових екструдерах. Якщо розплав полімеру, що володіє гарною адгезією до металу, помістити між двома дисками й один з них привести в обертання, то розплав, подібно гумовій смужці, буде прагнути до пружного відновлення. У матеріалі створюється тиск, спрямований до центру диска. Цей тиск і проштовхує розплав через формуючий мундштук, вмонтований у центрі рухомого диска [29].

#### **2.2.4 Внутрішні напруження**

Внаслідок пружних властивостей розплаву при зсуві в ньому накопичується енергія, що приводить до утворення внутрішніх напружень.

Якщо ці напруги не встигнуть відрелаксуватися у формуючому мундштуці, то вони можуть виявитися при швидкому охолодженні „замороженими” у виробі і привести до його деформації (короблення, зміни розмірів) у процесі збереження й експлуатації. Тому необхідно, вихідний з екструдера профіль охолоджувати від температури екструзії до кімнатної температури поступово, пропускаючи його спочатку у ванну з гарячою водою, а потім через ванни з поступово знижуючою температурою.

Подібного результату можна досягти й відпалом, тобто прогрівом виробу в оправленні при температурі близькій до температури розм'якшення полімеру з наступним охолодженням.

### **2.2.5 Кристалізація полімеру**

У процесі охолодження від температури екструзії до температури плавлення і потім до температури утворення скла (твердого стану) відбувається формування структури полімеру у виробках. У полімерах, що кристалізуються, утворюються кристалічні області [25].

Кристалічна структура полімеру залежить від швидкості охолодження, тобто від температури кристалізації. Якщо кристалізація проходить при низькій температурі (екструдат з голівки після калібрування попадає в холодну ванну), то утвориться максимальне число ядер кристалізації і виходить полімер мілкокристалічної структури.

При більш високій температурі ядер кристалізації мало, але, утворившись, вони швидко ростуть, створюючи структуру з невеликої кількості великих кристалів [33].

Мілкокристалічна структура сприяє одержанню матеріалу з більшою еластичністю і стійкістю до механічного впливу.

Значного поліпшення фізико-механічних характеристик можна досягти шляхом витяжки екструдату в поздовжньому і поперечному напрямках.

У процесі витяжки молекулярні ланцюги орієнтуються в напрямку дії сили, відбувається їхнє зближення, підсилюються міжмолекулярні зв'язки, що приводить до підвищення ефективної твердості, збільшенню напруги,

що руйнується, при розтяганні і подовженні при розриві в напрямку орієнтації макромолекул.

Орієнтація полімеру в процесі витяжки можлива при температурах, коли зміна структури макромолекул відбувається досить легко і швидко, тобто коли полімер виявляє значні вискоеластичні деформації [27].

За допомогою кривих текучості, отриманих при використанні черв'ячного віскозиметра, можна розрахувати тиск у формуючій головці черв'ячного пресу.

Бажано, щоб потоки, що розраховуються, у формуючій головці й у головці черв'ячного віскозиметра були подібні.

Для цього необхідно, щоб у цих головок були рівні відношення довжини формуючої частини до діаметра, а також близькі значення швидкостей зсуву розплаву при русі його через головки.

Визначення тиску зводиться до розрахунку швидкості зсуву по заданій продуктивності і відповідного значення напруги по кривій плавлення. Тиск у головці обчислюють для різних матеріалів окремо. Якщо новий матеріал матиме суттєво вищу в'язкість, то в формувальній насадці виникатимуть великі тиски, що може призвести до відриву насадки від черв'ячного преса [28, 21].

### **2.3 Вибір технологічного режиму**

Оптимальний режим переробки полімеру — це ті значення температури і тиски у формуючій головці, що забезпечують найбільшу продуктивність екструзійної машини при гарній якості виробів.



Основою для первинного вибору технологічного режиму можуть служити криві текучості (рисунок 2.2). Найбільша продуктивність при гарній якості екструдату буде в області, обмеженій праворуч значенням критичних напружень зсуву і ліворуч кривою текучості, хід якого перестає підкорятися закону параболи і наближається до прямої лінії. Вище температури, при якій отримана подібна крива текучості, екструдат втрачає формостійкість.

Для випадку, розглянутого на рисунку 5, оптимальна область екструзії лежить у діапазоні температур 180 - 200 °С і напруг зсуву  $(1,0 - 1,6) \cdot 10^3$  дин/см<sup>2</sup>. Ці температури встановлюються в мундштуці формуючої головки.

У зоні завантаження температура повинна бути значно нижче температури пом'якшення матеріалу, щоб уникнути налипання полімеру на черв'як. Наприклад, при переробці поліетилену в зоні завантаження підтримується температура 50 - 60 °С.

Від зони завантаження до головки температура циліндра підвищується. В зоні стиску вона повинна бути вище температури плавлення [3, ст.83].

Для більшості полімерних матеріалів такий характер зміни температури при екструзії справедливий. Але існують відхилення від цього правила. При одержанні поліамідних виробів тиск у головці розраховують для кожного нового матеріалу.

Якщо в'язкість нового матеріалу буде значно вище, то в головці виникають значні тиски, що можуть привести до відриву головки від черв'ячного пресу.

На виробничих машинах за допомогою термопар, вмонтованих у тіло головок, виміряється не температура розплаву, а температура формуючого інструменту. Однак, при сталому режимі і дещо невеликих швидкостях екструзії значення температур розплаву і покази приладів близькі.

При великих швидкостях екструзії для підтримки необхідної температури розплаву температура головки повинна бути значно вище.

Варто пам'ятати, що остаточно режими екструзії уточнюються при контрольному одержанні виробів на виробничому устаткуванні.

## **2.4 Аналіз технологічності конструкції**

Кожному інженерному рішенню повинно передувати глибоке і всебічне вивчення різних аспектів. Причому необхідно оцінювати не тільки технологічну, але й економічний бік проекту. При проведенні будь-якої розробки ті самі завдання можуть вирішуватися різними засобами.

У зв'язку з цим і виникає необхідність у виборі засобів (варіантів) їхній рішення, що є економічно найбільш ефективними. Це має місце при виборі заготовки, варіанту технологічного процесу, оснащення, засобів внутріцехового транспорту, при проектуванні організаційно-технічних заходів, удосконалюванні технології виробництва і рішенні інших різноманітних завдань.

Причому розрахунки економічної ефективності варіантів і вибір оптимального з них передують безпосередньому проектуванню і служать підставою для визначення доцільності подальших проектних розробок. Вони виконуються на основі укрупнених даних і далі уточнюються в розрахунках економічної ефективності спроектованого об'єкту (цеху, ділянки і т.д.) у цілому.

Відпрацьовування конструкції на технологічність являють собою комплекс заходів щодо забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції по встановлених показниках, спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на виготовлення виробу при забезпеченні необхідної його якості.

Види і показники технологічності конструкції приведені в ГТ 18831-73, а правила відпрацювання конструкції виробу і перелік обов'язкових показників технологічності в ГТ 14.201-73. Відпрацювання конструкції на технологічність рекомендується приводити в наступному порядку:

- підібрати і проаналізувати вихідні матеріали, що вимагаються для оцінки технологічності конструкції;
- уточнити об'єм випуску;
- проаналізувати показники технологічності базової конструкції;
- визначити показники технологічності оброблюваної деталі;
- провести порівняльну оцінку і розрахунок рівня технологічності конструкції розроблювального виробу;
- розробити заходи щодо поліпшення показників технологічності.

Технологічність конструкції може бути оцінена як якісною так і кількісно.

- Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено на підставі досвіду виконавця і допускається на всіх стадіях проектування як попередня.
- Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу виражається числовим показником і раціональна в тому випадку, якщо ці показники істотно впливають на технологічність розглянутої конструкції.

У ході виконання дипломної роботи необхідно здійснити технологічний контроль креслень деталей або складальних одиниць, що є вихідними даними проекту.

Необхідно дати якісну оцінку технологічності конструкції по матеріалах, геометричній формі і якості поверхонь, по встановлюванню розмірів і можливих способів отримання заготовки.

Кількісну оцінку необхідно зробити по абсолютних і відносних показниках. У першу чергу потрібно установити наступні показники базового і розглянутого виробу: маси деталей, заготівель; коефіцієнти використання матеріалу; точності обробки; шорсткості; трудомісткість виготовлення; технологічну собівартість.

В дипломній роботі доцільно в якості базової конструкції приймати деталі і складальні одиниці, досліджувані при проходженні конструкторсько-технологічної практики під керівництвом інженерно-технічного складу підприємства.

На підставі приведених вище показників технологічності визначають відносні коефіцієнти, що характеризують рівні технологічності конструкції по витратам і використанню матеріалу, по точності обробки і шорсткості поверхні, по трудомісткості і технологічній собівартості.

#### **2.4.1 Якісне оцінювання технологічності конструкції**

Аналізуючи технологічність конструкції за матеріалами варто звернути увагу на оброблюваність, вартість і дефіцитність матеріалів, вивчити можливості застосування легкого, але більш міцного матеріалу або підвищення фізико-механічних властивостей наявного.

При аналізі конструкції по геометричній формі поверхні необхідно переконатися у раціональності вибору їхньої форми і якості з врахуванням можливості застосування високопродуктивного устаткування й інструментарію.

Варто передбачити як можна більшу кількість поверхонь деталі без наступної механічної обробки. Оброблювані поверхні повинні бути більш простими, тобто являти собою площини, зовнішні і внутрішні циліндри,

конуси і гвинтові поверхні, тому що точність і стабільність обробки в значній мірі визначаються простотою конструктивних форм.

Конструктивне оформлення деталі не повинно перешкоджати виборі найбільш вигідного розкрою матеріалу і можливості використання відходів.

Оцінка технологічності конструкції по простановці розмірів зв'язана з аналізом нанесення розмірів на кресленні деталі, визначенням розмірних зв'язків між конструкторськими, технологічними і вимірювальними базами і можливості їхнього сполучення.

Особлива увага звертається на обґрунтованість значень припустимих граничних відхилень розмірів деталі. Розміри, що визначають її неробочі поверхні, можуть мати широкі допуски, а самі поверхні — велику шорсткість.

Варто пам'ятати, що надмірні вимоги до точності розмірів і шорсткості поверхонь ведуть до збільшення трудомісткості і перевитрати коштів на виготовлення деталей.

Технологічність заготовки характеризується можливістю її отримання найбільш раціональним для даних виробничих умов способом із максимально можливим наближенням її форми і розмірів до форми і розмірів готової деталі за умови забезпечення технологічності подальшої механічної обробки заготовки. Остаточне рішення про раціональність способу отримання заготовки в ряді випадків можна прийняти лише після розрахунку собівартості деталей по порівнюваних варіантах.

Якісно технологічність конструкції характеризується наступними показниками: погано, допустимо, недопустимо.

## 2.4.2 Кількісне оцінювання технологічності виробів

Кількісне порівняльне оцінювання технологічності конструкції може бути здійснена лише при використанні відповідних базових показників технологічності. Для цього при виконанні відповідного до індивідуального завдання по дипломній роботі необхідно визначити числові значення показників: коефіцієнтів використання матеріалу, шорсткості поверхні і точності обробки, трудомісткості виготовлення і технологічної собівартості деталей і заготовок. Ці показники, взяті згідно нормативної та довідникової літератури, приймаються в якості базових.

У ході дипломної роботи студент зобов'язаний провести технологічний контроль вихідної конструкторської документації і відпрацьовування конструкцій на технологічність. У підсумку цієї роботи повинні бути встановлені нові значення однойменних із базовими кількісних показників технологічності. У проекті необхідно визначити значення перерахованих нижче відносних часткових показників технологічності, що повинні прийматися в межах  $0 < K < 1$  [15].

Рівень технологічності конструкції по точності обробки

$$K_{y.tch} = K_{б.tch} / K_{тch}$$

де  $K_{б.tch}$ ,  $K_{тch}$  — відповідно базовий і досягнутий коефіцієнти точності обробки.

Відповідно коефіцієнт точності обробки  $K_{тch}$  визначається по формулі

$$K_{тch} = 1 - \frac{1}{T_{ср}} = 1 - \frac{\overset{\circ}{a} n_1}{\overset{\circ}{a} T n_1},$$

де  $T_{ср} = \frac{\overset{\circ}{a} T n_i}{\overset{\circ}{a} n_j} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$ , середній час точності обробки виробу,

$n_i$  — число розмірів відповідного класу точності;

$T$  – клас точності обробки.

Як правило для класу точності конструкції, яка задана для дипломної роботи, в даній формулі коефіцієнти при добутках чисельника приймають 2,5 або 3,5.

Вибір оптимального методу компоновки і складових частин для заданого виробу.

На вибір методу компоновання проекрованої системи впливають: матеріали деталей і функціональних вузлів; їх призначення і технічні вимоги на їх виготовлення; об'єм і серійність випуску.

Оптимальна компоновка визначається на підставі всебічного аналізу названих чинників і техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості виробу. Метод отримання компоновки, що забезпечує технологічність виготовленої згідно неї конструкції, при мінімальній собівартості останньої вважається оптимальним.

При виконанні дипломної роботи робиться короткий аналіз існуючих компоновок аналогічних конструктивів і систем на заводі. У ньому варто відбити – технологічний процес, при необхідності ілюстрований ескізами, позитивні і негативні сторони існуючих і проєктованих компоновок, якість компоновки, причини браку і можливості його усунення. Необхідно привести дані про економічність компоновки в умовах заводу, про собівартість, трудомісткості, продуктивності, матеріалоемності методу.

На підставі зробленого аналізу, вивчення передових методів отримання аналогічних компоновок на інших підприємствах, а також літературних даних і техніко-економічного обґрунтування варто запропонувати оптимальну для прийнятих умов виробництва компоновку проекрованої автоматизованої системи керування.

Перед тим, як прийняти рішення про остаточну компоновку системи методи і послідовність виготовлення окремих функціональних

вузлів і блоків, вибір готових уніфікованих вузлів та зв'язки між ними і скласти технологічний маршрут її виготовлення, необхідно зробити розрахунки економічної ефективності окремих варіантів і вибрати найбільш раціональний із них для даних умов виробництва.

Критерієм оптимальності є мінімум приведених витрат на одиницю продукції. При виборі варіанту технологічного маршруту і типу компоновочної схеми приведені витрати можуть бути визначені у виді питомих розмірів на 1-ну верстато-годину роботи устаткування.

Згідно вимог технологічного процесу виготовлення труб з поліетилену з обов'язковим врахуванням технології виготовлення труб, вимог переробки, обробки, температури, швидкості, якості та складу матеріалу (поліетилену) екструзійним методом на автоматизованій лінії вибір певної конструкції автоматизованої лінії та розміщення одиниць обладнання в певному порядку в лінії (зокрема екструдера (червячного пресу), формуючої головки, ванни вакуумної, тянучого, відрізного та прийомного пристроїв) є оптимальним.

Цей вибір (окремих одиниць лінії) можна вважати найкращим та найбільш оптимальним за рахунок невисокої вартості обладнання як такого, нескладних умов експлуатації лінії та (технологічного чи будь-якого іншого) контролю за процесом виробництва (що не вимагає багато робочих місць), умов техніки безпеки і ремонтоздатності окремих елементів обладнання і автоматизованої лінії взагалі.



Лінія здатна забезпечити:

- низьку вартість, а також низьку собівартість продукту виробництва, в даному випадку, екструзійних труб з поліетилену марки ПЕ-80;

- низьку вартість, собівартість, обслуговування, ремонт та експлуатацію обладнання.

Продуктивність кг/год:

- для труб діаметром 40 мм - 45 кг/год

Довжина відводу труби в відрізках, м, мах -3,0

Швидкість відводу труби, кінематично

забезпечена механізмами, м/хв -1-20

Встановлена потужність електрообладнання, кВт

в тому числі:

- електродвигунів - 115,15

- електронагрівачів - 26,63

Струм мережі живлення - змінний трифазний із заземленою нейтраллю:

- напруга, В -380/220

- частота, Гц -50

Норми якості електричної енергії згідно ГОСТ 13109-87

Повітропостачання - стиснене повітря 7-9 класу забрудненості по  
ГОСТ-7433-80

- тиск, МПа -0,3-0,6 /3-6/

-об'ємний розхід стислого повітря,  
мз/год., не більше 3,5

Водопостачання - з системи технологічного водопроводу:

- тиск, МПа 0,2-0,4 /2-4/

- жорсткість води загальна  
мг.екв./л, не більше 7

- об'ємна витрата води  
м/г, кг > 4.5

## **4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА**

### **4.1 Принцип роботи автоматизованої лінії виготовлення труб**

Поступаючи на машину теплового живлення на екструзію будь-яка суміш повинна бути пластичною, тому її попередньо розігрівають або подають безпосередньо на екструдер. Підігрів суміші залежить від її складу.

Попередній розігрів екструдера підвищує пластичність суміші, зменшує навантаження електродвигуна екструдера, усуває наднапруження в окремих частинах машини; створює сприятливі умови експлуатації обладнання, скорочує невиробничі витрати часу на регулювання процесу.

Для правильного проведення процесу важливо щоб поступаючи на екструдер суміш мала постійну температуру і пластичність. Це досягається безперервною подачею суміші в екструдер транспортером, на формуючу головку. Кількість поступаючої в екструдер суміші повинна бути рівна його розходу при екструзії.

Велике значення має також рівномірна подача суміші. При рівномірній подачі суміші або при її подачі з перервами змінюється тиск в головці екструдера, що приводить до зміни швидкості екструзії і поперечного перерізу труб.

При переміщенні суміші вздовж черв'яка можна умовно виділити три робочі зони екструдера: зону живлення, зону ущільнення, зону формування, які відрізняються температурою, тиском, особливостями обробки суміші.

При екструзії внутрішня поверхня труб опудрюється тальком, який подається в трубку стисненим повітрям по каналу, що проходить через ребро хрестовини, а потім через тримач і дорн.

На виході з екструдера напівфабрикатів невеликих розмірів вони вкладаються на стелажі. Довжина транспортерів у охолоджувальних ваннах досягає іноді 40-50 м; це дозволяє забезпечити краще збереження розмірів заготовок при їх наступних обробках та зберіганні.

Продуктивність екструдера визначається рядом факторів:

- 1) Складом суміші, її температурою і пластичністю, способом живлення екструдера;
- 2) Конфігурацією поперечного перерізу напівфабрикатів, труб;
- 3) Діаметром і частотою обертання черв'яка;
- 4) Типом нарізки і довжиною черв'яка, конструкцією мундштука і дорна.

Швидкість екструзії, що характеризується лінійною швидкістю руху напівфабрикату у місці знімання його з агрегату, залежить від тих самих факторів, і коливається в широких межах – від 0,5-2,0 до 45 м/хв.

При порушенні встановленого температурного режиму екструзії або при невиконанні інших умов процесу випущені напівфабрикати (труби) можуть мати різноманітні дефекти:

1. шорстку поверхню від недостатнього розігріву суміші;
2. невідповідність екструзійних напівфабрикатів заданим розмірам через подачу погано розігрітої суміші із недостатньою пластичністю, або внаслідок недостатнього розігріву екструдера, від підвищеної швидкості приймаючого пристрою;
3. пористість напівфабрикатів за рахунок підвищеної вологості складників;

4. поздовжня полосатість;
5. бульбашки від захоплення повітря сумішшю, особливо при повторній переробці матеріалу;
6. побічні включення за рахунок неправильного зберігання суміші (підвищена вологість, низька або надто висока температура).

Виробництво труб з полімерних матеріалів є безперервним процесом і складається з ряду послідовних операцій (Додаток Б - Карта технологічного процесу виробництва труб з поліетилену).

Наприклад, для виробництва труб із пластифікованого ПВХ потрібне попереднє готування композицій, тоді як для поліолефінів, що надходять на завод у гранульованому вигляді, ця операція відпадає.

Для виготовлення труб можна використовувати різні пластичні матеріали (або суміші): поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид (ПВХ), поліметилметакрилат - в залежності від якості отриманого виробу, вимог обладнання і умов експлуатації готових виробів.

Агрегати для виробництва труб із гранульованих матеріалів створюються на базі однокерв'ячних пресів. Трубні агрегати, що випускаються серійно, забезпечуються пристроями для інтенсифікації процесу екструзії.

Трубні агрегати на базі двокерв'ячних пресів замість пневмозагрузчика і пристрою для підігріву гранул укомплектовуються двостадійним змішувачем для змішування композицій з порошкоподібних компонентів [1].

Сучасні трубні агрегати являють собою технологічну лінію, що складається з послідовно встановлених машин: черв'ячного преса з формуючою голівкою, калібруючого пристрою, ванни охолодження,

тянучого пристрою, а також труборіза, і приймального пристрою (приймально-скидальний пристрій) або пристрою, що намотує.

Крім того, у лінію також включають іноді прилади для безперервного контролю або автоматичного регулювання розмірів труби (зовнішнього діаметра, товщини стінки), лічильник довжини труби, автоматичний пристрій, що таврує.

В процесі формування труб розплав полімеру безперервно видавлюється з головки пресу у вигляді трубної заготовки, яка потім тягнучим пристроєм проводиться через насадку, калібрується в ній і попередньо охолоджується; потім заготовка остаточно охолоджується водою у ванні, після чого розрізається на відрізки довжиною 1 м.

### **Підготовка і транспортування сировини**

Гранульована сировина в мішках вагою по 20—25 кг (зберігаються на заводському складі в штабелях на піддонах) подається в цеховий склад у кількості змінної або добової витрати, звідки направляється безпосередньо до технологічних ліній. Укладання і доставку здійснюють електровантажником і електрокарами. У завантажувальний бункер черв'ячного преса з низькою продуктивністю матеріал засипають вручну.

У черв'ячних пресів з діаметром черв'яка 90 мм і більше, встановлюють на станині додатковий бункер, з якого сировина інжектором по трубопроводу подається автоматично в прийомну лійку черв'ячного пресу.

Для поліпшення якості і підвищення продуктивності рекомендується сировину підсушувати (у міру необхідності у центрифугі або віброситі) і підігрівати (наприклад, поліетилен високої щільності - до 60 - 100 °С).

Це здійснюється за допомогою сушильного пристрою, що монтується над кожним завантажувальним бункером преса або централізовано в лінії. У сушильному пристрої гранули обдуваються попередньо підігрітим повітрям.

### Екструзія трубної заготовки

З прийомної лійки черв'ячного преса гранули безупинно захоплюються обертовим черв'яком і просуваються уздовж матеріального циліндра до формуючої головки.

Розплав проходить через пакет сіток, ґрати і зазор між дорном і мундштуком і формується в трубну заготовку в каналі 6. У тілі дорна є канал 3, через який подається стиснене повітря в трубну заготовку, що сприяє її охолодженню і формостійкості.

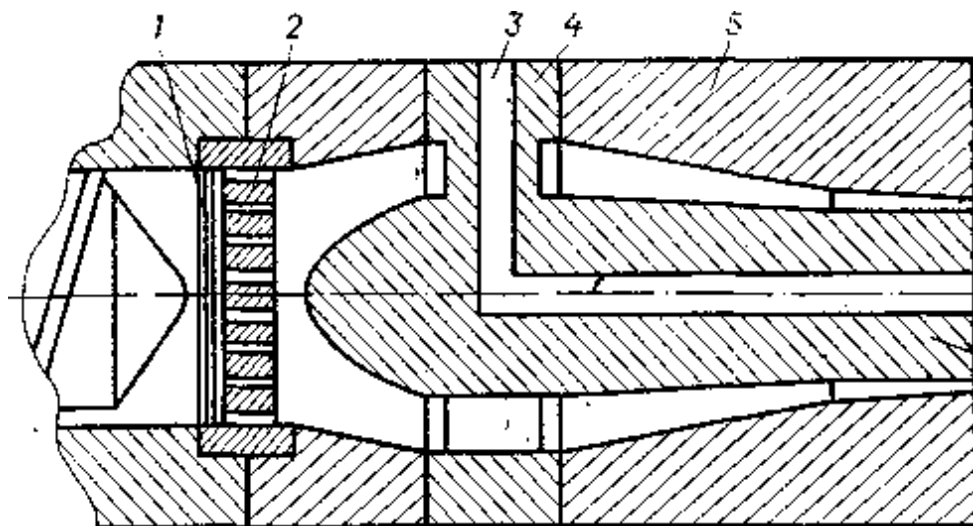


Рисунок 4.1 - Формуюча головка для формування труб:

1- фільтруючі сітки; 2 - ґрати; 3 - канал для подачі повітря; 4 - дорнотримач; 5 - корпус з мундштуком; 6 – формуючий канал; 7 - дорн.

Для регулювання опору і ступеня гомогенізації розплаву, а також його очищення від можливих дрібних засмічень (пригару і т.п.) між циліндром і головкою встановлюються грати і пакет фільтруючих сіток.

Через них екструдат продавлюється напором черв'яка в порожнині головки і далі через встановлений у ній дорнотримач - до формуючого зазору. Необхідні розміри формуючого зазору знаходять підбором відповідного формуючого інструменту: дорна, що закріплюється в дорнотримачі і порожнього циліндричного мундштука.

Закріплення і центрування співвісності мундштука щодо дорна здійснюється встановленими в головці притискними і регулювальними болтами.

### **Калібрування трубної заготовки**

З формуючого зазору екструдат безупинно видавлюється у вигляді трубної заготовки, що надходить у калібруючий пристрій. Основне призначення калібратора - стабілізувати розмірні коливання трубної заготовки і надати їй необхідну формостійкість при проходженні через ванну охолодження.

Найбільше поширення одержав спосіб калібрування труб по зовнішньому діаметру, що обумовлено особливостями взаємного з'єднання труб, а також з'єднання їх з фітінгами й арматурою. Значно рідше застосовується спосіб калібрування по внутрішньому діаметру.

При калібруванні труб по зовнішньому діаметру гаряча трубна заготовка подається в калібруючу головку. Вона являє собою безперервно охолоджувану протічною водою металічну обойму. Внутрішня поверхня обойми по розмірах та формі відповідає готовій трубі.



Розігріта трубна заготівка притискається до поверхні калібруючої головки стиснутим повітрям (подається в трубу замкнену за допомогою корка), або тиском атмосфери при умові створення розрідження в середній частині головки. При цьому холодна вода рухається тільки по двох крайніх порожнинах. Це називається вакуумним калібруванням.

Вакуумна калібровка використовується яке правило для труб менших діаметрів при невеликій товщині стінки, а труби великого діаметру з товстими стінками калібруються з використанням стисненого повітря.

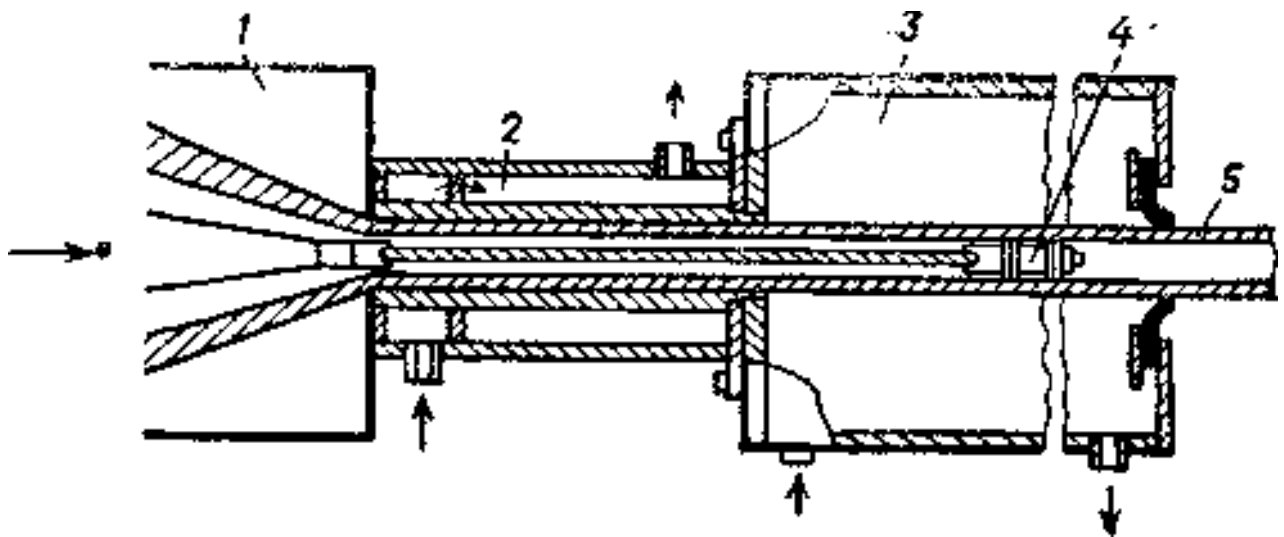


Рисунок 4.2 - Схема калібрування труби по зовнішньому діаметру:

1 - головка; 2 - насадка, що калібрує; 3 - ванна охолодження; 4 - пристрій, що запобігає втраті стиснутого повітря з калібруючої ділянки труби; 5 – труба.

Різновидом способу калібрування за допомогою насадки є калібрування за допомогою серії пластин, встановлюваних у ванну з холодною водою, унаслідок чого труба випробує менше тертя і швидше проохолоджується [9].

Калібрування труби по внутрішньому діаметру здійснюється протяганням заготовки по зовнішній поверхні конічного подовженого дорна, охолоджуваного зсередини водою.

### **Охолодження труби**

Оскільки термопласти являються поганими провідниками тепла, то треба уникати швидкого охолодження екструдованих труб, щоб звести до мінімуму нерівномірність усадки і попередити утворення порожнин в стінках труби.

Труби після насадок остаточно охолоджуються у ванні наповненій водою, а також додатковими розприскувачами води всередині труби. Ванни охолодження виконують зварними з корозійностійкої сталі.

Для рівномірного охолодження труби ванну оснащують автоматичними пристроями для підігріву і дозованої подачі води.

Охолодження труби проводиться в двох стадіях: попереднє - у насадці й остаточне - у ванні охолодження, куди труба безупинно надходить з калібруючої насадки.

В міру просування у ванні, занурена в проточну воду, труба поступово охолоджується і набуває необхідної твердості, достатньої для пружного опору деформаційним зусиллям тянучого або намотувального пристрою.

Труби великого діаметру важко утримувати зануреними у воду через гідростатичний тиск, тому для охолодження їх зрошують водою.

### **Відвід труби**

Охолоджена і досить тверда труба захоплюється тянучим пристроєм. Його призначення - витягати з ванни і калібруючої насадки - трубу, що безупинно надходить туди, і подавати її до труборіза.

Пристрій, що тягне, за допомогою спеціальних пристосувань (гусениць, роликів, колодкових захоплень або ременів) безупинно відводить трубу із заданою швидкістю, що у визначеному діапазоні плавно (безступінчато) регулюється.

Гусеничний тянучий пристрій складається з гусениць з покритими гумою пластинами, а також механізмів для безступінчатого приводу гусениць і регулювання відстані між ними. Пристрій оснащений лічильником метражу труб і тахометром.

### **Різання труб**

Для різання труб використовують дискову пилу, оскільки якість поверхні при різанні пластмас нею краща. При цьому поверхня різання більш гладка.

Шорсткість обробленої поверхні можна зменшити якщо використовувати дискову пилу з числом зубів на лінійний дюйм 5,3 замість 2,4 з добре відшліфованими торцями та нерозведеними зубами.

Працюючи такою пилою можна отримати поверхню з висотою нерівностей 0,01 мм без подальшої обробки. Дискова пила найбільш придатна для прямого різання труб. Недолік цього методу – швидке зношування зубів пили і часті переточки.

Рекомендується працювати пилою з більш крупним кроком і малою товщиною диску. При роботі дисковою пилою утворюється порівняно груба поверхня різку з розтріскуванням.

Шорсткість поверхні не змінюється при оплавленні оброблюваної поверхні і залежить переважно від глибини різання на зуб. Шорсткість поверхні залежить також від бокового прогину диску. Пила в процесі різки

переміщається разом з трубою і після її різання повертається в початковий стан.

Труби великих і середніх діаметрів випускаються прямими відрізками заданої довжини, що здійснюється труборізом, який періодично включається. Труби розрізаються обертовою дисковою фрезою або планетарним відрізним пристроєм.

В міру виходу з труборіза труба надходить на прийомний лоток трубоукладача, звідки скидається на встановлені поруч пристрої.

Бухти або пачки труб після зважування маркуються і (у залежності від системи організації приймального контролю) відправляються на цеховий або безпосередньо заводський склад готової продукції.

### **Контроль якості труб**

Система організації контролю якості труб звичайно передбачає декілька видів контролю, що взаємно доповнюють один одного: поточного, приймального і типового іспиту.

### **Поточний контроль**

Апаратник безпосередньо на робочому місці постійно контролює налагоджений технологічний процес. У технологічному змінному журналі щогодини записують покази приладів: температуру зон циліндра і головки; температуру охолодної води на вході і виході з калібруючої насадки, і ванни; тиск стиснутого повітря й олії; швидкість обертання черв'яка і відводу труби. Значення цих параметрів повинні відповідати значенням, приведеним у технологічних картах.

Шляхом установки датчиків безпосередньо в масу розплаву представляється можливим контролювати також тиск і температуру

розплаву. Зовнішній вигляд і якість поверхні екструдуючої труби перевіряються візуально шляхом співставлення з затвердженим еталоном.

На початку і кінці кожної зміни, а також кілька разів протягом зміни і на початку виробництва чергової партії апаратник перевіряє розмірні характеристики труб:

а) товщину стінки - за допомогою мікрометра з межами виміру 0 - 25 мм, типу МТ;

б) зовнішній діаметр  $D_H$  - для труб з  $D_H = 25$  мм - за допомогою штангенциркуля з межею виміру 0 - 200 мм, величиною відліку по ноніусі не менш 0,05 мм, а для труб з  $D_H = 32$  мм - за допомогою спеціальної мірної стрічки з ноніусом.

Докладна методика виміру в кожному конкретному випадку викладається у відповідних технічних умовах.

Останнім часом розроблені трубні агрегати оснащуються приладами для безперервного виміру (і реєстрації) товщини стінки труб безпосередньо в процесі їхнього виготовлення.

Кількість показників, що перевіряються, і періодичність контролю визначаються відповідними технічними умовами або встановлюються на основі заводського досвіду [8, 17].

Відповідність виготовленої партії труб вимогам технічних умов визначається приймальним контролем. Наприклад, для напірних труб і поліетилену контролюються наступні характеристики:

1. Зовнішній вигляд і якість поверхні - візуально, шляхом зіставлення контрольованих зразків труби з затвердженим еталоном.

2. Розмірні характеристики - для контрольованих зразків визначаються середні значення зовнішнього діаметра і товщини стінки труби.

3. Опір внутрішньому гідростатичному тискові - характеризує плосконапружений стан зразка; величина іспитового тиску  $P_{ісп}$  (з точністю до 10 кПа) визначається для кожного зразка по формулі.

4. Фізико-механічні показники - границя текучості при розтяганні і відносне подовження при розриві - іспити проводяться на розривній машині відповідно до вимог стандартів при швидкості руху рухливого затиску 50 мм/хв для труб з поліетилену низької щільності і 100 мм/хв. - для труб з поліетилену високої щільності.

5. Зміна розмірів труб — шляхом зіставлення діаметра і маркуючої довжини зразків до і після їхнього прогріву протягом 1 год у нагрівальній ванні, заповненій рідиною, що не робить руйнуючої дії, на зразки, при 100 °С для поліетилену низької щільності і 110° С - для поліетилену високої щільності.

При виборі способів приймального контролю кожного конкретного виробу враховуються його призначення й умови експлуатації.

Такими ж поняттями керуються при визначенні допустимих відхилень, і значень величини того чи іншого контрольованого показника, а також при визначенні числа проб, що підлягають добору від кожної партії виробів, що випускаються. Усе це характеризує і надійність оцінки якості виробу (імовірність появи браку і викликану цим ступінь ризику виготовлювача і споживача).

### **Типові іспити**

Вироби більш відповідального призначення крім приймального контролю піддаються додатковим іспитам, що або неможливо, або недоцільно проводити для кожної партії труб. Такі іспити передбачають перевірку додаткових показників якості виготовлених труб і проводяться

через визначені проміжки часу (досить тривалі в порівнянні з часом виготовлення однієї партії труб).

### **Екструзія**

1. Поліетилен ПЕ-80 загрузити в бункер вручну.
2. Екструдувати трубу.
3. Подати заготовку труби з формуючої головки в калібр, встановлений на вході у вакуумну ванну. Вакуум в зоні калібр  $-(30\pm 5)$  кПа.
4. Охолодити трубу, протягнувши її через вакуум ванну. Температура охолоджуючої води не вище  $60-70^{\circ}\text{C}$ ; вакуум -  $(20\pm 5)$  кПа.
5. Подати трубу за допомогою тянучого пристрою на відрізний пристрій.
6. Різати трубу в розмір  $(645\pm 5)$ мм. (Фреза дискова.)
7. Подати трубу через приймальний пристрій в накопичувач.
8. Готову трубу продути стисненим повітрям і покласти в тару. Контроль зовнішнього вигляду згідно еталонного взірця.

Перевірити механічну міцність при енергії удару 2,5 Дж, яка досягається ударом бойка вагою 1,0 кг, що падає з висоти 250 мм вертикально.

1. Ударна частина боек має бути сферичної форми діаметром 25 мм. Направляюча – відрізок труби висотою 250 мм. Деталь вважається придатною, якщо на поверхні після удару не утворилось тріщин, сколів чи інших механічних пошкоджень, помітних візуально. Труби, що випробовувались не придатні для використання і підлягають повторній переробці.

2.Комплект обладнання для виготовлення труб з поліетилену, передбачений для виробництва труб з номінальними зовнішніми діаметрами 40 з екструзійного поліетилену марки ПЕ-80 по ТУ 6-02-217-93.

Комплект обладнання передбачений для експлуатації в пожежонебезпечних зонах класу II-I. Вид кліматичного використання УХЛ4, категорія виробництва В.

Лінія здатна забезпечити:

- низьку вартість, а також низьку собівартість продукту виробництва, в даному випадку, екструзійних труб з поліетилену марки ПЕ-80;

- низьку вартість, собівартість, обслуговування, ремонт та експлуатацію обладнання.

Продуктивність кг/год:

- для труб діаметром 40 мм - 45 кг/год

Довжина відводу труби в відрізках, м, мах -3,0

Швидкість відводу труби, кінематично

забезпечена механізмами, м/хв -1-20

Встановлена потужність електрообладнання, кВт

в тому числі:

- електродвигунів - 115,15

- електронагрівачів - 26,63

Струм мережі живлення - змінний трифазний із заземленою нейтраллю:

- напруга, В -380/220

- частота, Гц -50



Норми якості електричної енергії згідно ГОСТ 13109-87

Повітропостачання - стиснене повітря 7-9 класу забрудненості по ГОСТ-7433-80

- тиск, МПа -0,3-0,6 /3-6/

-об'ємний розхід стислого повітря,

мз/год., не більше 3,5

Водопостачання - з системи технологічного водопроводу:

- тиск, МПа 0,2-0,4 /2-4/

- жорсткість води загальна

мг.екв./л, не більше 7

- об'ємна витрата води

м/г, кг > 4.5

## **4.2 Будова і принцип роботи обладнання і його основних частин**

Комплект обладнання для виготовлення труб з поліетилену, складається з наступних основних машин і пристроїв: екструдера (1); головки трубної (2); ванни вакуумної (3); машини тягучої (4); пристрою для різання труб (5); пристрою прийомного(6).

З формуючої головки труби заготовка поступає в калібр, встановлений у вакуум ванні, де калібрується по зовнішньому діаметру, охолоджується до створення на зовнішній поверхні труби твердої шкірки.

Протягування труби через калібр і ванну охолодження проводиться машиною тягучою, яка потім подає трубу на прилад відрізний, де труби ріжуться на відрізки не більше 3м.

Відрізки труб подаються на лоток приладу прийомного і за сигналом кінцевого вимикача скидаються в накопичувач.

### **Головка трубна**

Головка передбачена для формування заготовок труб з поліетилену марки ПЕ-80 діаметром 40 мм.

Головка має прямоточну конструкцію з дорнотримачем корзинового типу.

Набір змінного інструменту (дорна і матриці) дозволяє виготовляти труби різних діаметрів з різною товщиною стінки, обігрів головки здійснюється електронагрівачами опору.

### **Ванна охолодження вакуумна**

Ванна охолодження вакуумна призначена для охолодження труб з поліетилену при вакуумному калібруванні. Встановлюється ванна в лінії після пресу черв'ячного.

Ванна охолодження вакуумна складається із слідуючих основних вузлів: корпусу, рами, бака, насоса вакуумного і насоса центробіжного, а також механізму переміщення.

Корпус ванни представляє собою шестиметрову камеру з відгородженим передбанником. Зверху камера герметично закривається кришками. На правій торцевій стінці корпусу є отвір для кріплення калібрів через гумові ущільнення. В лівій торцевій і проміжній стінках є отвори із змінними гумовими ущільнювачами. На корпусі розташовані вузли роликів важільного типу, які виставляються під трубою. Рама представляє собою зварювальну конструкцію з прямокутних труб.

В нижній частині до неї кріпляться колеса для пересування ванни по рейковому шляху.

На рамі встановлені: насос вакуумний для утворення в ванні і калібрі вакууму, бак і насос центробіжний для здійснення циркуляції води в ванні.

Корпус ванни має можливість вертикального і поперечного переміщення для центрування його осі з віссю головки.

Вертикальне переміщення здійснюється за рахунок регулювання положення осі коліс відносно рами. Поперечне переміщення ванни здійснюється за рахунок поперечного переміщення осі коліс.

Крім перерахованих вузлів ванна оснащена напірним зливним і вакуумним трубопроводами, переливними патрубками і вакуумметрами.

Для управління електроприводами на корпусі ванни встановлений місцевий пост управління.

### **Машина тягнуча**

Машина тягнуча передбачена для протягування труб, що виготовляються, через калібруючий інструмент ванни охолодження і подачу їх на машину для різання трубних виробів. Встановлюється в лінії після ванни охолодження.

Машина тягнуча складається з основи, траверси нижньої, траверси верхньої, ланцюга тракового, приводу переміщення нижньої траверси, гвинта переміщення верхньої траверси, пульта управління і направляючих роликів.

На основі встановлені дві направляючих стійки, по яких переміщуються верхня і нижня траверси, а також привод, який складається з електродвигуна, муфти і черв'ячного редуктора і передаючої рух через вертикальний вал до трапових ланцюгів.

Траверси нижня і верхня виготовлені зварними з листової сталі.

Траверси несуть на собі приводні і натяжні зірочки тракових ланцюгів, на яких монтується втулочно-роликовий ланцюг з траками. Всередині траверси розташовані конічні передачі приводу пересування тракових ланцюгів.

Привод переміщення нижньої траверси являє собою пневмоциліндр жорстко закріплений на перемичці, шток якого шарнірно приєднаний до нижньої траверси.

В штокову порожнину пневмоциліндра через пневмоклапан подається повітря. Пневматичний клапан настроюють на мінімум тиску, достатнього для протягування даної труби без проковзування в траках.

Для опускання нижньої траверси повітря через пневмоклапан подається в зовнішньо-штокову порожнину.

Приводом верхньої траверси служить гвинтовий механізм закріплений на перемичці. Переміщення верхньої траверси здійснюється рухами маховика гвинтового механізму.

### **Пристрій для різання труб**

Пристрій для різання труб передбачений для різання труб з поліетилену на мірні довжини і встановлюється в лінії після машини тягнучої.

Пристрій відрізний складається з наступних частин: станини, каретки, механізму переміщення каретки.

Станина складається з правої і лівої опори, з'єднаної між собою направляючою стяжкою.

На вхідній і вихідній станині встановлені направляючі ролики. Корпус каретки являє собою візок, який чотирма своїми роликами переміщується по

направляючій станині. На корпусі каретки встановлені маятник, механізми затиску виробу, система пневмоапаратури та пост управління.

Маятник являє собою важіль, який може провертатися в підшипниковій опорі, затисненій на корпусі каретки.

На маятнику закріплюється привод пили - електродвигун змінного струму і клинопасова передача, звідки оберти передаються на пилу. Оберт маятника на визначений кут, який забезпечує відрізання труби, здійснюється від механізму переміщення маятника.

Механізм переміщення маятника являє собою пневмоциліндр з вмонтованим гідравлічним дроселем, який дозволяє регулювати швидкість подачі пили на врізання і швидке відведення пили в початковий стан.

Перед і після пили встановлені два механічних затискача виробу, який являє собою пневмоциліндр затиснутий на кінці штока гумовим башмаком.

По команді від системи автоматичні механізми затискання виробу своїми башмаками жорстко притискають трубу, що виготовляється, до башмаків кронштейну, закріплених на корпусі каретки.

Для розгону каретки перед початком різання, супроводження її в процесі різання і повертання в початковий стан на пристрої відрізному встановлюється механізм переміщення каретки який являє собою пневмоциліндр, корпус якого жорстко закріплений на станині, а шток кріпиться до корпусу каретки.

Регулювання елементів пневмосистеми пневмоклапана редукційного і пневмодроселя дає можливість встановлювати швидкість переміщення каретки близьку до швидкості виготовляючого виробу при різанні останнього і, яке забезпечує швидке повернення каретки в початковий стан після закінчення різання.

Управління пристрою відрізного проводиться з поста управління. Може працювати в напівавтоматичному або автоматичному режимах.

### **Приймний пристрій**

Приймний пристрій передбачений для приймання труб з поліетилену, які отримують методом екструзії і пакетування їх в накопичувач. Встановлюється пристрій в лінії після пристрою відрізного.

Приймний пристрій складається з приймаючого лотка, опірної пневмосистеми, пневмоциліндра повертання лотка і двох кінцевих вимикачів.

Основа складається з вертикального стояка на якому монтується приймаючий лоток, пневмоциліндр, пневмосистема, кінцеві вимикачі трьох горизонтальних балок, на яких встановлені лапи накопичувача.

Приймний лоток передбачений для приймання виготовлених труб, що скидаються в накопичувач.

Приймний лоток встановлюється на опорах ковзання, закріплених на основі. На основі кріпиться також два кінцевих вимикача.

Натисканням труби, яка рухається, на один з них, дається команда на різання наступного виробу, а натисканням на другий - на включення повороту лотка для скидання.

### **4.3 Електроприводи комплексу обладнання**

Виходячи з вимог технологічного процесу - регулювати частоту обертання вала, електродвигуна приводу траків, пристрою тягучого

використовується електродвигун постійного струму з незалежним збудженням.

Для регулюючих приводів :

1. агрегату електронасосного;
2. переміщення ванни;
3. вакуумного насосу ванни;
4. обертання пили пристрою відрізного - застосовані електродвигуни змінного струму, трифазні асинхронні з коротко замкнутим ротором.

Для механізмів, що здійснюють обертово-поступальний рух:

1. переміщення траверси пристрою тягнучого;
2. затискання виробу пристрою відрізного;
3. переміщення каретки пристрою відрізного;
4. переміщення пили пристрою відрізного;
5. обертання лотка пристрою прийомного - застосовані пневмоприводи, керуючі електромагнітними пневморозподільвачами.

Управління електроприводами здійснюється за допомогою командоапаратів, розташованих на пультах ванни, пристрою тягнучого, пристрою відрізного і пристрою приймального.

Живлення електроприводів комплексу обладнання здійснюється від цехової мережі з номінальною напругою 380 В і частотою 50 Гц через шафу управління з введеним автоматичним вимикачем 1- QF2.

Релейно-контакторна захисна апаратура, блоки тиристорного електропривода, трансформатори, випрямлячі та інша апаратура розташовані в шафі управління.

Ланцюги управління електроприводами виконані з живленням номінальною напругою 220В і частотою 50 Гц.

Аварійне відключення електроприводів шляхом знеструмлення ланцюгів управління, проводиться кнопковими вимикачами, які розташовані на пультах пристроїв тягнучого і відрізного.

#### **4.4. Опис схеми електричної принципової вакуумної ванни**

На ванні встановлено вакуумний насос для створення вакууму в ванні, центробіжний насос для циркуляції води, а також привод для переміщення ванни. Приводи насосів не реверсні, привод переміщення ванни реверсний.

Електродвигун насоса водяного М1 вмикається і вимикається пускачем КМ1 з допомогою кнопок SB2 і SB1.

Електродвигун приводу переміщення ванни вмикається в режимі „Вперед” пускачем КМ2 з допомогою кнопки SB3, в режимі „Назад” пускачем КМ4 кнопкою SB4 в „штовхаючому” режимі, тобто при натиснутій кнопці.

Обмеження переміщення ванни „Вперед” і „Назад” здійснюється за допомогою вимикачів кнопкових SQ1 і SQ2.

Для підсвітлення камери калібрування передбачені дві електричні лампи розжарювання EL1 і EL2.

Електродвигун насосу вакуумного М3 вмикається і вимикається пускачем КМ3 з допомогою кнопок SB6 і SB5.

Відключення напруги живлення електродвигунів М1, М2, М3, при їх тривалому навантаженні і при виникненні струмів короткого замикання в



ланцюгах живлення електродвигунів забезпечують вимикачі автоматичні QF1, QF2, QF3.

#### **4.5. Опис схеми електричної принципової тягнучого пристрою**

Регульований електропривод траків пристрою тягнучого виконаний з використанням електроприводу уніфікованого реверсивного однофазного 5-VZ1 серії ЕПУ-2-2, за допомогою якого здійснюється живлення електродвигуна «5-М1»:

1. ланцюг обмотки якоря регульованою напругою постійного струму;
2. ланцюг обмотки збудження стабілізованою напругою постійного струму.

На базі електроприводу «5-VZ1» виконана замкнена система в якій регулювання частоти і напрямку обертання валу електродвигуна проводиться зміною

значення і полярності напруги на якорній обмотці електродвигуна «5-М1». Зворотній зв'язок в частоті обертання валу електродвигуна «5-М1» здійснюється за допомогою вмонтованого в електродвигун тахогенератора 5-ВР1.

Задання регульованої частоти обертання валу електродвигуна «5-М1» для технологічного процесу протягування труби здійснюється за допомогою реєстра R, вал якого має привод від електродвигуна М задатчика резисторного 5-ВВ1.

Управління електродвигуном М задатчика резисторного дистанційного проводить оператор за допомогою трипозиційного перемикача 5-SA2 з фіксацією важеля в середньому нейтральному положенні.

В якості індикатора швидкості траків пристрою тягнучого використовується вольтметр 5-PV1, який контролює напругу на обмотці якоря тахогенератора 5-BR1.

Обмеження контролю значень напруги вольтметром 5-PV1 встановлюється тумблером 5-SA1, зміною величини додаткового опору до вольтметра 5-PV1 шляхом переключення резисторів 5-P3 і 5-P4.

Задання фіксованого значення частоти обертання валу електродвигуна «5-M1» при реверсі траків проводиться за допомогою резистора 5-R5, встановленого в шафі управління.

За допомогою випрямляча 5-VД1...5-VД4 проводиться перетворення двополярної напруги на обмотці тахогенератора 5-BR1 в однополярну напругу для контролю вольтметром 5-PV1. В якості індикатора навантаження використовується амперметр 5-PA1 контролю струму в якорній обмотці електродвигуна «5-M1», встановлений на пульті пристрою тягнучого.

Підключення електроприводу 5-VZ1 до мережі проводиться пускачем 5-КМ при натисканні вимикача кнопкового 5-SB3 „Вперед” або 5-SB5 „Назад”, якщо резистор R давача резисторного дистанційного 5-BV1 встановлений в початковий стан контролюється вимикачем кінцевим SQ2 (задання нульового значення швидкості траків). Після відключення реле 5-KV1 резистор R автоматично встановлюється в початковий стан.

Обмеження кута обертання вала привода резистора R давача резисторного дистанційного проводиться вимикачами кнопковими SQ1 та SQ2.

Після підключення електроприводу 5-VZ1 до мережі і готовності його до роботи втягнуто реле 5-KV3.

Електропривід «5-VZ1» забезпечує наступний захист:

1. часово-струмовий захист електродвигуна при довгострокових його перенавантаженнях;
2. максимальний струмовий захист якірного ланцюга електродвигуна;
3. захист від обриву ланцюга тахогенератора;
4. захист від перевищення заданого максимального значення частоти обертання валу електродвигуна.

При спрацюванні перерахованого до захисту, реле 5-КВ3, 5-КВ10, 5-КВ1 відпускають і здійснюється аварійна звукова сигналізація.

Джерело постійного струму 5-TV2, 5-VD11...5-VD16, 5-FU2 з номінальною напругою 48В використовується для живлення обмотки збудження тахогенератора 5-BR1 і реле 5-KV3.

Джерело змінного струму 5-TW1, 5-FU1 з номінальною напругою 24В використовується для живлення сигнальних ламп.

Управління електромагнітами 5-УА1, 5-УА2 пневморозподільвачів пневмоприводу переміщення нижньої траверси проводиться за допомогою трипозиційного перемикача SA4 з фіксованим середнім нейтральним положенням і реле 5-KV12, 5-KV13.

#### **4.6. Опис електричної принципової схеми відрізного пристрою**

На кресленні представлені:

- 1) ланцюги вводу електричної енергії від РП цеху в шафу управління через вхідний вимикач 1-QF2;

2) організація ланцюгів управління комплектом обладнання через запобіжник 7-FU і вимикачі кнопкові 1-SB1, 1-SB2 для аварійного відключення;

3) силові ланцюги та ланцюги управління електроприводів пристрою відрізного.

Електродвигун асинхронний 7М забезпечує привод обертання пили, а електромагніти 7-УА1, 7-УА2, 7-УА3 пневморозподільвачів управляють пневмоприводами затискання виробу, подачі пили і переміщення каретки.

Підключення електродвигуна 7М до мережі проводиться пускачем 7-КМ.

Різання труби з допомогою пристрою відрізного здійснюється в напівавтоматичному режимі після натискання вимикача кнопкового 7-SB2 або в автоматичному режимі при натисканні на важіль вимикача кінцевого 8-SQ2, встановленого на пристрої приймальному для фіксування заданої довжини відрізаної трубки.

Перше різання здійснюється в напівавтоматичному режимі – втягує реле 7-KV7, яке своїм контактом підключає ланцюг управління для виконання циклу в напівавтоматичному або в автоматичному режимі управління.

Початок циклу дозволено, якщо каретка знаходиться в початковому положенні, натиснуто важіль вимикача кінцевого 7-KV3.

### **Цикл роботи пристрою відрізного:**

1) Вмикається електропривод обертання пили М і пневмопривод затискання труби УА1, включені КМ, КТ1, КV4, КV3;

2) Після пуску електродвигуна М вмикається електромагніт УА2 подачі пили. Час пуску електродвигуна задає реле КТ1. Проводиться відрізання труби.

3) В кінці ходу пили проводиться натискання на важіль вимикача кінцевого SQ1, внаслідок чого вмикаються реле КV2, КТ2, КV1 і відключається електромагніт УА2. Пила повертається в попереднє положення.

4) З витримкою часу реле КТ2 відключаються КМ, УА1, КТ1, КV4, внаслідок чого відключаються електродвигун М і електромагніти УА1, УА3 від мережі. При цьому труба звільняється від затискання і каретка повертається в початковий стан.

5) В початковому положенні каретки натиснуто важіль вимикача кінцевого SQ2, відключається КV1. При цьому схема готова до виконання нового циклу.

Якщо в процесі роботи різання не відбулося, то каретка натискає на важіль вимикача кінцевого SQ3, включаються реле КУ3 і сирена звукової сигналізації МА. Крім того, звукова сигналізація вмикається при аварійному відключенні пристрою тягнучого.

#### **4.7. Опис електричної принципової схеми прийомного пристрою**

Для перевертання лотка пристрою прийомного і скидання труби в накопичувач застосовано пневмопривод, який управляє повітророзподільником з електромагнітом 8-VA.

Команда на скидання труби при роботі обладнання в лінії поступає від кінцевого вимикача 8-SQ1, який встановлено на лотку і натискається кінцем труби, після його відрізання.

Після натискання на кінцевий вимикач вмикається реле часу 8-КТ і електромагніт 8VA.

Лоток перевертається і труба падає в накопичувач. Після того як пройшла витримка часу, реле часу відключить електромагніт 8-VA і лоток повернеться в початковий стан.

В ручному режимі скидання труби пройде при натисканні на кнопку 8-SB.

На обладнанні прийомному встановлено також кінцевий вимикач 8-SQ2, команда від якого поступає на машину ріжучу для відрізання труб.

Релейно-контакторна апаратура розташована в шафі управління лінії.

Пост управління ПKE з кнопкою управління розташований на корпусі пристрою.

## 5 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 5.1 Аналіз та вибір методу контролю тиску в технологічному процесі екструзії поліетиленових труб

Для забезпечення високої якості труб із полімерних матеріалів необхідно здійснювати контроль та регулювання технологічних параметрів процесу екструзії труб. Одними з основних технологічних параметрів процесу екструзії полімерних труб є тиск та температура.

На даному етапі розвитку засобів автоматизації та вимірювальних систем, що володіють високою точністю та надійністю, виробники пропонують різноманітні компоненти для здійснення перетворення фізичних величин в аналогові чи дискретні електричні сигнали, засоби обробки сигналів, збереження та накопичення цифрових даних. Важливо вибрати з усього ті компоненти, які підходять для реалізації поставленої задачі.

Найбільш широко використовуваними електричними елементами для вимірювання величини тиску є резистивні та напівпровідникові тензометричні давачі. Тензометричний давач вимірює силу непрямим методом – шляхом вимірювання деформації каліброваного елемента, що викликана дією даної сили. Для вимірювання тиску можна перетворити його відповідним перетворювачем в силу, а потім виміряти його тензометричним методом.

Резистивний тензодавач являє собою основу із закріпленим на ній резистивним елементом. Під дією сили основа з закріпленим елементом міняє свої розміри, відповідно, резистивний елемент також міняє свій опір. Сила, що діє на провід (площею =  $A$ , довжиною =  $L$  та питомим опором  $\rho$ ) викличе видовження чи стиснення останнього, що приведе до пропорційного збільшення чи зменшення його опору:

$$R = \frac{r \cdot L}{A} \quad (5.1)$$

$$\frac{DR}{R} = GF \times \frac{DL}{L} \quad (5.2)$$

де  $GF$  характеризує тензочутливість; безрозмірна величина  $\frac{DL}{L}$  являється мірою сили і виражається в мікрострейнах ( $1\mu\epsilon = 10^{-6}$  см/см). Із рівності 5.2 випливає, що чим більша тензочутливість, тим більша величина зміни опору і, відповідно, більша чутливість давача. Найбільш використовуваними є наклеювані давачі. З них найкращими характеристиками володіють фольгові тензодавачі. Провідникові аналоги мають малу поверхню зв'язку з основою, що зменшує стічні токи при високих температурах і дає більшу напруженість ізоляції між чутливим елементом і основою. З другої сторони, фольгові чутливі елементи мають велику площу дотику з основою тобто є більш чутливі, і більш стабільні при критичних температурах і довготривалих навантаженнях.

Напівпровідникові тензодавачі використовують п'єзрезистивний ефект, і використовуються для одержання пристроїв і вихідних сигналів високої чутливості. Недоліком цих давачів є залежність від температури (важко піддаються компенсації). Зміна опору від деформації нелінійна. В таблиці 5.1 наведена порівняльна характеристика по основних параметрах металічних та напівпровідникових тензодавачів.

Таблиця 5.1 – Характеристики металевих та напівпровідникових тензодавачів

Параметр	Металічний тензодавач	Напівпровідниковий тензодавач
Діапазон вимірювання	0,1..40 $\mu\epsilon$	0,001..3000 $\mu\epsilon$
Тензочутливість	2,0..4,5	50..200
Опір, Ом	120, 350, 600 ..., 5000	1000..5000
Допуск резисторів	0,1% ..0,2%	1% ..2%
Розмір,мм	0,4..150(стандарт 3..6)	1..5



Майже усі давачі на основі тензорезисторів являють собою вимірювальний міст, оскільки така вимірювальна схема дає більшу чутливість і більший по амплітуді вихідний сигнал.

На рисунку 5.1 зображені різні конфігурації вимірювальних мостів.

Четвертинна мостова конфігурація (рисунок 5.1а), з одним чутливим елементом характеризується не лінійністю зміни вихідного сигналу від зміни опору:

$$V_{OUT} = \frac{V_B}{4} \frac{\hat{e} DR}{\hat{e} R + \frac{DR}{2}} \quad (5.3)$$

Ця нелінійність відноситься до самого вимірювального моста і не має ніякого відношення до нелінійності чутливого елемента.

#### Напівмостова

конфігурація може бути представлена у двох видах:

- Коли обидва чутливі елементи змінюються в одну сторону і монтується рядом на одній осі (Рисунок 5.1б). Не лінійність такої схеми така ж як і в четвертинної схеми, але коефіцієнт передачі в два рази більший:

$$V_{OUT} = \frac{V_B}{2} \frac{\hat{e} DR}{\hat{e} R + \frac{DR}{2}} \quad (5.4)$$

- Коли чутливі елементи змінюються в протилежні сторони і монтується, наприклад, на одній осі, але зрізних сторін основи:

$$V_{OUT} = \frac{V_B}{2} \frac{\hat{e} DR}{\hat{e} R} \quad (5.5)$$

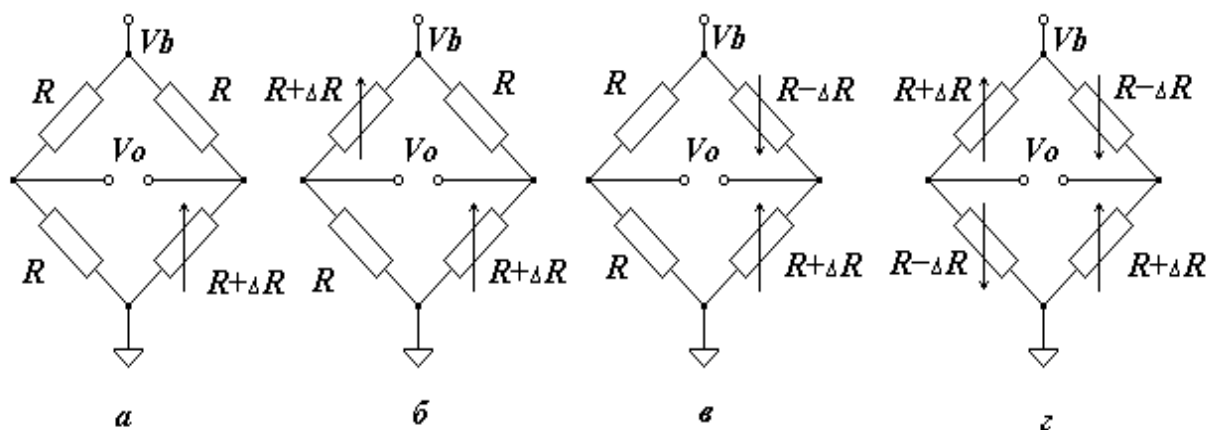
Дана схема є лінійна, коефіцієнт передачі 0,5 (рисунок 5.1в).

Повномостова конфігурація (рисунок 5.1г) дає максимальний сигнал на виході і лінійна:

$$V_{OUT} = V_B \frac{\hat{e} DR}{\hat{e} R} \quad (5.6)$$

З усього вище сказаного можна сформуванати вимоги до давача тиску:

побудований на основі повно мостової вимірювальної схеми (рисунок 5.1г), або напівмостової(рисунок 5.1в), тензорезистор металічний наклеюваний, опором 350 Ом, середньої чутливості, невеликих розмірів. Вибрано давач типу ДДТ-1. Похибка 1%, верхня межа вимірювання 40МПа, чутливість 10мВ/В.



- а) четвeртинна мостова конфігурація;
- б) половинна конфігурація, чутливі елементи мінються в одну сторону і монтуються на одній осі;
- в) половинна конфігурація, чутливі елементи мінються в різні сторони і монтуються на одній осі, але з різних сторін пружного елемента;
- г) повно мостова конфігурація.

Рисунок 5.1 – Конфігурації включення тензодавачів в мостові схеми.

## 5.2 Аналіз та вибір методу контролю температури в технологічному процесі екструзії поліетиленових труб

Для вимірювання температури використовують такі типи датчиків:

- термопари;
- резистивні датчі;
- термістори;
- напівпровідникові датчі температури.

Головним недоліком майже усіх температурних датчиків є нелінійність характеристики. Для корекції використовують нормуючі схеми або, якщо здійснюють аналого-цифрове перетворення, виконують лінеаризацію та калібрування цифровим способом. Основні параметри датчиків наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Типи датчиків температури

Термопари	РДТ	Термістори	НДТ
Найбільший діапазон температур Висока точність	Діапазон -200°C до +850°C Висока лінійність	Діапазон 0°C до +150°C Низька лінійність	Діапазон -55°C до +150°C Лінійність 1°C Точність 1°C
Необхідність компенсації холодного спаю	Вимагає джерела живлення	Вимагає джерела живлення	Вимагає джерела живлення
Низька вихідна напруга	Низька ціна	Висока чутливість	Вихідний сигнал 10мВ/К, 10мВ/К

Оскільки при вимірюваннях температури в технологічному процесі

екструзії поліетиленових труб найбільш важливим параметром є чутливість та малі габаритні розміри, то вирішено використати в ролі давача температури термістор. Велика нелінійність компенсується цифровим шляхом. Як давач температури вибрано термістор типу 10К3А1 з температурним діапазоном 0°С до +150°С.

## **5.2 Розробка автоматизованої системи контролю тиску та температури в технологічному процесі екструзії поліетиленових труб**

Основною складовою автоматизованої системи контролю тиску та температури є мікроконтролер, який здійснює: керування аналого-цифровим перетворювачем: задає частоту дискретизації, комутує потрібні канали АЦП; керування потоками цифрових даних та виконання потрібного режиму роботи пристрою. Багато зарубіжних фірм випускають мікроконтролери, які відрізняються в першу чергу своєю архітектурою, кількістю оперативної пам'яті та пам'яті програм, кількістю та різноманітністю периферійних пристроїв.

В даній розробці пропонується використати мікроконтролер фірми Microchip PIC16f873. Це контролер з RISC архітектурою, це означає що усі команди однієї довжини і відповідно виконуються за один проміжок часу, організація пам'яті банкова, тому не вимагає великої кількості типів адресацій; виходячи із сказаного вище даний тип контролера дуже простий у використанні.

Основні технічні параметри:

- Високошвидкісна RISC архітектура
- 35 інструкцій

- всі команди виконуються за один цикл крім команд переходу
- до 4к x 14 байт пам'яті програм
  - до 192 x 8 байт ОЗП
  - до 128 x 8 байт EEPROM
- система переривань (до 13 джерел)
- прямий, непрямий та відносний режими адресації
- діапазон напруги живлення від 2,0 до 5,5 В
- мала потужність споживання
  - 0,6 мА при 3.0 В 4мГц
  - 20 мкА при 3,0 В 32 кГц
  - < 1мкА в енергозберігаючому режимі

Перелік периферійних пристроїв:

- таймер 2, таймер 0: 8-ми розрядні таймери/лічильники з 8-ми розрядним поділювачем.
- Таймер 1: 16-ти розрядний таймер/лічильник з 8-ми розрядним поділювачем.
- Два 16-ти розрядні модуля порівняння/захоплення CCP1,2; 10-ти розрядний ШІМ.
- Багатоканальний 10-ти розрядний АЦП.
- Послідовний синхронний порт MSSP
  - ведучий/ підрядний режими SPI
  - ведучий/ підрядний режими I<sup>2</sup>C

Послідовний синхронно/асинхронний приймач/передавач USART з підтримкою детектування адреси

Таблиця 5.3 – Максимально допустимі параметри роботи контролера

Назва параметру	Значення параметру
Допустима робоча температура	Від $-50^{\circ}\text{C}$ до $125^{\circ}\text{C}$
Температура зберігання	Від $-65^{\circ}\text{C}$ до $150^{\circ}\text{C}$
Напруга $V_{\text{CC}}$ відносно $V_{\text{SS}}$	Від $-0.3\text{ В}$ до $7.5\text{ В}$
Напруга MCLR відносно $V_{\text{SS}}$	Від $0\text{ В}$ до $14\text{ В}$
Напруга RA4 відносно $V_{\text{SS}}$	Від $0\text{ В}$ до $V_{\text{CC}}+0.3\text{ В}$
Напруга на інших виводах	Від $-0.3\text{ В}$ до $\text{В}$
Розсіювана потужність	1 Вт
Максимальний струм виводу $V_{\text{CC}}$	300 мА
Максимальний струм виводу $V_{\text{SS}}$	250 мА

Для живлення схеми та датчиків тиску та температури необхідно два джерела стабільної напруги на 2.5 В та на 3.3 В.

Джерела опорної напруги серії REF19x ANALOG DEVICES являються мікропотужними джерелами з малим перепадом напруги живлення і вихідною напругою: вони дають стабільну номінальну вихідну напругу  $V_{\text{out}}$  при напрузі живлення  $V_{\text{in}}$  і  $V_{\text{out}}+100\text{ мВ}$  при цьому струм, що споживається складає 45мкА (без навантаження на виході). Специфікації джерел сімейства REF19x приведені для промислового температурного діапазону ( $-40..+85^{\circ}\text{C}$ ), а для таких застосувань як автомобільна електроніка та інше, приводяться типові параметри для температур  $-40..+125^{\circ}\text{C}$ .

AD680 опорної напруги, який дає фіксовану вихідну напругу 2.5 В для вхідних напруг від 4.5 до 36 В. При виготовленні мікросхеми використовується лазерна підгонка тонко плівкових резисторів до досягнення максимальної початкової точності і мінімального температурного коефіцієнта, що в цілому дає дуже малу похибку у всьому температурному діапазоні.

Таблиця 5.4 – Основні електричні параметри REF196 при  $V_{in}=3.5$  В, температурний діапазон  $-40..+85^{\circ}\text{C}$ , вихідна напруга 3,3 В

Параметр	Умови	Типове знач.	Макс. знач.	Од. вим.
Температурний коеф. вихідної напруги	$I_{out}=0$ мА	10	25	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
Коеф. стабілізації по вхідній напрузі	$3.5\text{В} < V_{in} < 15\text{В}$ , $I_{out}=0$ мА	10	20	ppm/В
Коеф. стабілізації по струму навантаження	$V_{in}=5\text{В}$ , $0 < I_{in} < 25\text{мА}$ ,	10	20	ppm/мА
Різниця напруги вхід / вихід	$V_{in}=4.1\text{В}, I_{out}=10$ мА		0.8	В
Струм споживання	$V_{in}=4.3\text{В}, I_{out}=30$ мА Без навантаження на виході		1.00 45	В мкА

Завдячуючи високій точності AD680 ідеально підходить для використання в ролі джерела опорної напруги для АЦП. AD680 рекомендується до застосування в тих випадках коли критичним являється низьке енергоспоживання.

Таблиця 5.5 – Основні технічні характеристики AD680. При  $V_{in}=5V$  і  $T=25^{\circ}C$

Параметр	Умови	Мін. Знач.	Типове знач.	Макс. знач.	Од. вим.
Вихідна напруга	-	2.495		2.505	В
Температурний коеф. вихідної напруги	$I_{out}=0$ мА		10	20	ppm/°C
Коеф. стабілізації по вхідній напрузі	$4.5V \leq V_{in} \leq 15V$ , $I_{out}=0$ мА		10	40	мкВ/В
Коеф стабілізації по струму навантаження	$V_{in}=5V$ , $0 \leq I_{in} \leq 10$ мА,		80	100	мкВ/мА
Струм споживання	Без навантаження на виході		195	250	мкА

Для забезпечення запису 333333 пар відліків температури та тиску необхідна пам'ять об'ємом 1 МБайт. Для зменшення кількості виводів зв'язку з пам'яттю та зменшення розмірів мікросхеми пам'яті необхідно використати послідовний інтерфейс SPI. Пам'ять повинна мати мінімально можливі струми споживання. Цим вимогам відповідає енергонезалежна FLASH пам'ять фірми ATMEL AT45DB041B. Основні параметри роботи якої наведені в таблиці 5.6.



Таблиця 5.6 – Основні параметри FLASH пам'яті AT45DB081B

Параметр	Умови	Мін. Знач.	Типове знач.	Макс. знач.	Од. вим.
Робоча температура		-40		80	°C
Струм споживання при чит. з пам'яті	$F=20\text{МГц}, I_{\text{out}}=0\text{мА}$ $V_{\text{cc}}=3.6$		4	10	мА
Струм споживання при стиранні та програмуванні	$F=20\text{МГц}, I_{\text{out}}=0\text{мА}$ $V_{\text{cc}}=3.6$		15	35	мА
Напруга живлення		2.7		3.6	В
Частота передавання даних				20	МГц

До підсилювачів, які використовуються для нормування сигналів висувають такі вимоги:

- вхідна напруга зміщення <math><100\text{мкВ}</math>;
- дрейф вхідної напруги зміщення <math><1\text{мкВ}/\text{°C}</math>;
- вхідний струм <math><\text{нА}</math>;
- вхідний струм зміщення <math><\text{нА}</math>;
- розімкнутий коефіцієнт передачі по пост. струму >1 000 000;
- полоса при одиничному підсиленні 500КГц ... 5МГц;
- низький шум в полосі 0.1... 10ГГц <math><1\text{мкВ}</math>;
- коефіцієнт послаблення синфазного сигналу >100 дБ;
- Робота з одним джерелом живлення.

Наведеним вимогам відповідає операційний підсилювач типу ОР296.

Основні характеристики наведені в таблиці 5.7

Таблиця 5.7 – основні параметри операційного підсилювача ОР296.

Параметр	Типове знач.	Од. вим.
Робоча температура	-40..+85	°C
Струм споживання	100	мкА
Вхідна напруга зміщення	300	мкВ
Дрейф вхідної напруги зміщення	1,5	мкВ/°C
Розімкнутий коефіцієнт передачі на частоті	150	КОд.
Шум 1 КГц	26	нВ/?Гц

#### **5.4 Аналіз основної допустимої похибки вимірювання тиску та температури.**

Оскільки розроблювана нами система складається з ряду блоків та вузлів, то і основна допустима похибка буде теж складатись з складових похибок її блоків і вузлів. Значення цієї похибки може суттєво залежати від зовнішніх факторів, які впливають на роботу системи.

На практиці вимірювань часто постає задача визначення сумарної (результуючої) похибки по відомим значенням складових цієї похибки.

Знаходження сумарної систематичної похибки по відомим систематичним похибкам сумуючих складових не викликає труднощів. В цьому

випадку при розрахунку приймають  $r=0$ , якщо випадкові складові можна рахувати невідомими, або рівними одиниці з знаком плюс або мінус, якщо помітна кореляція між сумуючими випадковими складовими похибки. Розглянемо більш детально сумування випадкових похибок .

Будемо вважати, що результуюча похибок вимірювань складається з  $n$  випадкових складових, які мають нормальний закон розподілу. Знаючи довірочну імовірність і інтервал довіри для кожної складової похибки, можна знайти середньоквадратичне відхилення кожної із них за формулою:

$$s_i = \frac{d_{im}}{Z_{p_i}} \quad (5.7)$$

де  $Z_{p_i}$ - коефіцієнт, взятий з таблиць для нормального розподілу і відповідної довірочної імовірності  $P_i$ .

Якщо імовірність довіри для всіх складових однакова і рівна  $P$ , тоді використовують вираз (5.7) дістанемо:

а) для корельованих складових:

$$s_s = \frac{\sum_{i=1}^n \pm d_{im}}{Z_p} \quad (5.8)$$

де знак  $\pm$  означає, що для складових з позитивною кореляцією  $s_i$  і  $d_{im}$  потрібно брати з знаком плюс , а для складової з негативною кореляцією – з знаком мінус;

б) для незалежних складових ( $r_{ij}=0$ ):

$$s_s = \frac{\sqrt{\sum d_{im}^2}}{Z_p} \quad (5.9)$$

При сумуванні складових, які мають нормальний закон розподілу, результуюча похибка буде мати той самий нормальний закон розподілу. Тому інтервал довіри сумарної похибки з імовірною довірою  $P$  може бути знайдений як:

$$d_s = \pm z_p s_s \quad (5.10)$$

де  $d_s$ - границя інтервалу довіри сумарної похибки.

З врахуванням (5.7) (5.8) вираз (5.9) матиме вигляд:

а) для корельованих складових:

$$d_s = \pm \overset{\circ}{a} \pm d_{im} \quad (5.11)$$

б) для незалежних складових:

$$d_s = \pm \sqrt{\overset{\circ}{a} d_{im}^2} \quad (5.12)$$

Якщо в виразі (5.6) всі складові мають позитивну кореляцію, тоді

$$d_s = \pm \sqrt{d_{im}} \quad (5.13)$$

Сумування похибок по виразу (5.12) називається арифметичним сумуванням, а по виразу (5.13) – геометричним сумуванням.

Дійсні значення коефіцієнтів кореляції по абсолютному значенню можуть знаходитись в границі від 0 до 1 , тому арифметичне сумування звичайно дає зависокі значення похибки.

Сумування випадкових похибок при їх законах розподілу, які відрізняються від нормальних.

Складність знаходження сумарної похибки в цьому випадку полягає в тому, що закон розподілу сумарної похибки залежить від конкретних видів і характеристик законів розподілу сумарних складових. Наприклад, при складанні двох незалежних похибок, які мають рівномірні закони розподілу з однаковими дисперсіями, результуюча похибка буде розподілятися по трикутному закону. Якщо ці рівномірні закони мають різні дисперсії, тоді результативний закон буде мати вид у вигляді трапеції. Тому для встановлення інтервалу довіри сумарної похибки необхідно в кожному конкретному випадку шукати методами теорії імовірності результуючий закон розподілу по відомим законам сумування складових.

Можливі приблизні способи визначення інтервалу довіри похибки без встановлення результативного закону розподілу. Перший базується на

центральної граничної теоремі: якщо число сумуючих незалежних складових достатньо велике, тоді результуючий закон розподілу близький до нормального і в якості коефіцієнту  $k_S^{(p)}$  можна приймати  $z_p$ . Другий – при сумуванні незалежних складових, які мають закон розподілу.

Розподіл похибок ЗВ на основі центральної граничної теоремі теорії імовірності мають бути завжди близькі до нормативного розподілу. Але більш детально випробування фактичного розподілу похибок системи показали, що закони розподілу похибок різноманітні. Це різко ускладнює призначення верхньої і нижньої границі лінії похибки, а тому і всю методику створення суджень про положення лінії похибки системи в границях нормуючих границь і умов виходу частини смуги похибки за нормуючі границі.

Це більше ускладнюється ще тим, що форма закону розподілу в поперечному січенні смуги різна не тільки для систем різних типів, але може суттєво відхилятися у окремих видах систем одного і того самого типу. І більш того, навіть у даному виді систем вона може змінюватися по довжині смуги похибки, тобто мати одну форму при  $x=0$  і поступово набирати зовсім іншу форму до кінця смуги.

Більш детальним дослідженням цієї властивості граничних квантилів при  $P_d=0,9$  показали, що інтегральні криві багатьох класів симетричних розподілів в області 0,05 і 0,95 квантилів перетинаються між собою хоча і не строго в одній точці, зате в дуже вузькому інтервалі. Тому з похибкою в  $0,05S$ , що в більшості технічних розрахунків, похибка з імовірністю  $P_d=0,9$  може бути визначена як  $D_{0,9}=1,6S$ , а верхні і нижні границі можна знайти по формулам.

Таким чином, при використанні для оцінки випадкової складової похибки з  $P_d=0,9$  оцінки  $D_{0,9}=1,6S$  довірочна імовірність виходу похибки за симетричні границі буде мати значення  $P_d=0,95$ , так як вихід за нижню границі буде практично відсутній.

$$d_z = \frac{D_s}{U_{нвих}} \quad (5.14)$$

$$D_s = Z \cdot s_s, \quad (5.15)$$

де  $s_s$  – сумарне середньо - квадратичне відхилення(СКВ) похибок;

$U_{\text{нвих}}$  – номінальне значення вихідної напруги;

$Z$ - коефіцієнт Ст'юдента (коефіцієнт довіри), який по нормальному закону розподілу рівний  $Z=1,96$  [4].

$$s_s = \sqrt{\sum s_i^2}, \quad (5.16)$$

де  $s_i$  - СКВ похибок окремих елементів і яке рівне

$$s_i = \frac{D_i}{Z}, \quad (5.17)$$

де

$$D_i = d_i \cdot U_n \quad (5.18)$$

Вхідною інформацією при розрахунку сумарної похибки приладу є похибка кожного функціонального блоку.

Наведемо значення похибок кожного функціонального блоку системи:

- 1) похибка давача тиску – 0,2% ;
- 2) похибка масштабуючого підсилювача – 0,1%;
- 3) похибка генератора – 0,05% ;
- 4) похибка АЦП – 0,1% ;
- 5) похибка мікроконтролера – 0,05% .

Розрахунок значень абсолютних похибок окремих блоків приладу наведено нижче:

$$D_1 = 0,002 \cdot 0,06 = 0,00012 \text{ В},$$

$$D_2 = 0,001 \cdot 2,95 = 0,00295 \text{ В},$$

$$D_3 = 0,0005 \cdot 3,3 = 0,00165 \text{ В},$$

$$D_4 = 0,001 \cdot 3,3 = 0,0033 \text{ В},$$

$$D_5 = 0,0005 \cdot 3,3 = 0,00165 \text{ В}.$$

Знайдемо СКВ кожної ланки згідно (5.17):

$$\sigma_1 = \frac{0,00012}{1,96} = 0,00006,$$

$$\sigma_2 = \frac{0,00295}{1,96} = 0,0015,$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00165}{1,96} = 0,00084,$$

$$\sigma_4 = \frac{0,0033}{1,96} = 0,0017,$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00165}{1,96} = 0,00084.$$

Знаючи похибку кожного блоку, знайдемо СКВ похибок згідно (5.16):

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{0,00006^2 + 0,0015^2 + 0,00084^2 + 0,0017^2 + 0,00084^2} = 0,00257$$

Знайшовши СКВ, знайдемо сумарну відносну похибку вимірювання тиску за формулами (5.7), (5.8):

$$D_a = 0,00257 \times 1,96 = 0,005B$$

Прийнявши, що вихідна напруга системи – 3,3В, знайдемо:

$$\delta_{\Sigma P} = \frac{0,005}{3,3} \times 100\% = 0,15\%$$

Таким чином сумарна похибка вимірюванні тиску складає 0,15%, що є достатньою для роботи системи.

Обрахуємо похибку у випадку вимірювання температури.

Наведемо значення похибок кожного функціонального блоку системи:

1) похибка давача температури – 1 % ;

2) похибка генератора – 0,05% ;

3) похибка АЦП – 0,1% ;

4) похибка мікроконтролера – 0,05% .

Розрахунок значень абсолютних похибок окремих блоків приладу наведено нижче:

$$D_1 = 0,01 \times 3 = 0,03 \text{ В},$$

$$D_2 = 0,0005 \cdot 3,3 = 0,00165 \text{ В},$$

$$D_3 = 0,001 \times 3,3 = 0,0033 \text{ В},$$

$$D_4 = 0,0005 \times 3,3 = 0,00165 \text{ В},$$

Знайдемо СКВ кожної ланки згідно (5.17):

$$\sigma_1 = \frac{0,03}{1,96} = 0,015,$$

$$\sigma_2 = \frac{0,00165}{1,96} = 0,00084,$$

$$\sigma_3 = \frac{0,0033}{1,96} = 0,0017,$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00165}{1,96} = 0,00084.$$

Знаючи похибку кожного блоку, знайдемо СКВ похибок згідно (5.16):

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{0,015^2 + 0,00084^2 + 0,0017^2 + 0,00084^2} = 0,015$$

Знайшовши СКВ, знайдемо сумарну відносну похибку вимірювання температури за формулами (5.7), (5.8):

$$D_a = 0,015 \times 1,96 = 0,03$$

Прийнявши, що вихідна напруга системи – 3,3В, знайдемо:



$$\delta_{\Sigma P} = \frac{0,03}{3.3} \times 100\% = 0,9\%$$

Таким чином сумарна похибка вимірювання температури складає 0,9% .

## **6 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА**

### **Використання засобів САПР при виконанні дипломної роботи**

#### **6.1 Опис та принцип роботи пакету АСAD**

Пакет програм AutoCAD являє собою прикладну систему автоматизації креслярських робіт.

Можливості системи:

- архітектурні креслення всіх видів;
- проектування інтер'єра і проектування приміщень;
- технологічні системи і організаційні діаграми;
- криві будь-якого виду;
- креслення для електронних, хімічних, будівельних і машинобудівних застосувань;
- графіки та інші представлення математичних та інших наукових функцій;
- виконання художніх малюнків.

Для відображення креслень використовуємо графічний монітор.

Система AutoCAD для побудови креслень надає у розпорядження користувача набір графічних примітивів. Примітив являє собою такий графічний елемент, як лінія, коло, текстова стрічка і т.п.

Креслення в системі AutoCAD – це файл з інформацією, яка описує графічне зображення.

Він може бути будь-якого необхідного розміру, у ньому можуть бути задані будь-які одиниці вимірювань і він точно відповідає кресленню, виконаному на папері.

Тобто, графічні примітиви на кресленні (такі елементи, як лінії, кола, і т.

п.) позиціюються в межах файла-креслення точно в тих місцях, в яких вони були б на папері.

Для визначення місцезнаходження точок на кресленні використовується Декартова система координат; координата  $x$  вказує на місцезнаходження по горизонталі, а координата  $y$  вказує на місцезнаходження по вертикалі. Точка  $(0,0)$  звичайно розташована в нижньому лівому кутку креслення.

Для збільшення або стискання видимого образу креслення може бути виконане із зміною масштабу зображення на кресленні відповідно в бік великого або дрібного плану.

Коли масштаб зображення на екрані дає дрібний план, можна бачити більший фрагмент креслення; змінна масштабу в бік великого плану може “роздуми” невеликий фрагмент креслення і відобразити на екрані велику кількість його деталей.

“Масштабний коефіцієнт” системи AutoCAD складає порядку десяти трильйонів до одного, тобто і більше ніж адекватним для більшості застосувань.

## **6.2 Функціонування програми. Головне меню**

Система AutoCAD функціонує на двох рівнях для скорочення на роботи, необхідної для генерації креслення, так і часу, необхідно для вивчення системи. На зовнішньому рівні система надає користувачу інтерфейс на основі меню (Головне меню), який дає можливість ініціювати різні задачі, такі як створення нових креслень, модифікація зберігаємих креслень і видача креслень на папір.

Головне меню – це те перше, що з'являється на екрані дисплея після запуску системи. І воно також є тим засобом, за допомогою якого закінчується сеанс роботи з системою. Воно забезпечує доступ до різних частин системи AutoCAD, таких як інтерактивний редактор креслень та інтерфейс з

графобудувачем.

Редактор креслень відображає на екрані дисплея креслення і надає у команди для створення, модифікації, перегляду креслень і викреслювання їх на папері.

На будь-якій стадії виготовлення креслення можна отримати його тверду копію. У процесі виготовлення креслення можуть бути виготовленні його “контрольні копії”, призначені для перевірки щодо виявленні помилок позиціювання і задання розмірів, які можуть бути одразу не помічені на екрані.

Після завершення роботи над кресленням на папері з допомогою графобудувача будується його остаточний варіант. Графічний вивід може бути направлений перовий графобудувач або на друкуючий пристрій, що підтримує графічний вивід.

Пакет дає можливість використовувати один із наступних форматів для відображення і вводу значень координат і відстаней:

Наукові	1,55E+01(15,5 одиниць);
Десяткові	15,5000;
Технічні	<del>1</del> 3,5 <del>0</del>
Архітектурні	<del>1</del> 31/2;
З дробовою частиною	15/2.

Крім того, Ви можете також задати точність (вказавши кількість знаків після десяткової крапки або найменшу відображаєму на екрані частину дюйма).

Ви можете вибрати один із наступних форматів для відображення і вводу величин кутів:

Градуси в десятковому виді	42,5;
Градуси (мінута) секунди	42d30 <del>0</del> .0;
Гради	47,2222g
Радіани	0,7418z
Геодезійний формат	N47d30 <del>0</del> <del>E</del>

### 6.3 Початок роботи

Завантаження системи AutoCAD.

Нижче приведений перелік тих файлів, які необхідні для завантаження системи AutoCAD.

ACAD.EXE – головна виконуємо програма;

ACAD.HLP – файл з текстами консультативної інформації;

ACAD.HDX – файл з індексом консультативної інформації;

ACAD.OVL – редактор креслень і оверлей;

ACAD.CFG – файл даних конфігурування;

ACAD.OVL – оверлей драйвера (цифрового пристрою) відео дисплея;

ACADDG.OVL – оверлей драйвера цифрового пристрою;

ACADPL.OVL – оверлей драйвера графобудувача;

ACADPP.OVL – оверлей драйвера друкуючого пристрою (з можливостями графічного виводу).

Ви можете користуватись операційною системою MS-DOS або PC-DOS шляхом доступу до файлів (PATH), розміщуючи всі переміщені вище файли в довідник, що вказується командою PATH. Можуть використовуватись також інші узгодження, що стосуються довідників.

Система AutoCAD може бути завантажена досить легко, але спосіб залежить від того, який тип дискової пам'яті використовується в Вашому комп'ютері.

Завантаження:

```
C>ACAD
```

Через декілька секунд на екрані з'являється головне меню системи ACAD.

Головне меню.

Після завантаження програми на екрані дисплея в текстовому режимі

з'являється головне меню системи ACAD.

Вибір з меню здійснюється просто натисканням клавіші з цифрою, що відповідає тій гілці, на яку потрібно перейти, а потім клавіші RETURN або пропуску. В результаті має місце короткий діалог, під час якого від Вас вимагається додаткова інформація.

Гілка 0 – вийти з системи ACAD;

Гілка 1 – розпочати нове креслення.

Для початку нового креслення виберіть гілку 1 головного меню. Після цього система запитує у Вас назву того креслення, яке повинно бути створене. Ім'я яке ви вводите, стає іменем цього файлу, який використовується для зберігання креслення в дисковій пам'яті. Всім кресленням привласнюється тип файлу “\*.DWG”, і ця ознака автоматично приєднується до введеного вами імені.

Гілка 2 – редагувати існуюче креслення.

Для внесення змін і доповнень в існуюче креслення або тільки для відображення креслення на екрані графічного монітора виберіть гілку 2 головного меню системи.

Гілка 3 – вивести креслення на графобудувач. Гілка 3 головного меню використовується одержання “твердої копії” креслення за допомогою перового графобудувача. Коли система AutoACAD запитує ENTER NAME of AutoACAD після цього входить в програму виводу на графобудувач.

Зауваження: Ви також можете викликати програму виводу на графобудувач, знаходячись в режимі редагування креслення.

Гілка 4 – вивести креслення на друкуючий пристрій з графічними можливостями.

Гілка 4 головного меню використовується для одержання “твердої копії” креслення за допомогою друкуючого пристрою, що забезпечує вибір графічної інформації.

Коли система AutoACAD запитує:

Enter of draving: відповідайте іменем друкуючого креслення.

AutoACAD входить після цього в програму виводу на друкуючий пристрій.

Зауваження: Ви можете також викликати програму виводу на друкуючий пристрій з графічними можливостями, знаходячись в режимі редагування креслення.

Гілка 5 – конфігурувати систему ACAD. Перед тим як можна буде скористатись системою AutoACAD, остання повинна бути належним чином розміщена у Вашій обчислювальній системі. Функція “конфігурувати систему AutoACAD” (гілка 5) використовується для вибору драйверів для Вашого графічного обладнання і для встановлення з метою задоволення ваших потреб значень, які розуміються, різних параметрів AutoACAD у своєму комп’ютері; Ви можете інколи пізніше використовувати для внесення змін значення параметрів, що розуміються і т.п.

Гілка 6 – укріпити роботи з файлами. По гілці 6 головного меню керування передається на уточнююче меню утиліт роботи з файлами на дисках системи AutoACAD, працюючи з ним. Ви можете вивести заголовок диска, знищити певні файли, змінити назву файла або копіювати файл.

Гілка 7 – компілювати файл форми шрифту.

Гілка 7 головного меню забезпечує конвертування описів форм у придатній для використання редактором креслень системи AutoACAD вигляд. Перехід на цю гілку необхідний тільки в цьому випадку, коли створюються або модифікуються файли форми або шрифту.

Гілка 8 – конвертувати створити файл креслення. Коли ви вибираєте в головному меню гілку 8, система у вас запитує: Enter NAME of drawing:

Відповідайте іменем файла креслення, яке повинно конвертуватися. Дозволяється використання спеціальних неалфавітних символів “?” і “\*”, наприклад, у відповідності з відповіддю “В.:\*” здійснюється конвертування всіх файлів креслень в зареєстрованому довіднику на накопичувачі.

Ввід команд.

Команди можна ввести одним із наступних способів.

З екранного меню.

Екранне меню висвітлюється на правому боці графічного монітора, коли активним є редактор креслень. Меню може містити стільки елементів, що всі вони за один раз можуть вміститися в області екранного меню.

З клавіатури.

Для вводу команди з клавіатури просто наберіть назву команди, а потім натисніть ричаг пропуску або клавішу вводу RETURN.

## **6.4 Команди, які використовуються в системі AutoCAD**

Типи файлів, які використовуються системою AutoCAD.

BAK – резервна копія файла креслення.

DWG – файл креслення

DXB – двійковий файл обміну графічною інформацією.

DXF – файл обміну графічною інформацією.

DXX - файл витягнення атрибутів.

LIN – бібліотечний файл типів ліній.

MNV – файл меню.

PAT – бібліотечний файл візерунків заштриховок.

PGP – файл опису зовнішніх програм.

SCR – файл командного сценарію.

SHP – вихідний файл визначення форми шрифту.

SHX - файл визначення форми/шрифту.



## **7 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

### **7.1 Вступ**

Метою даної роботи є проведення техніко-економічного аналізу розробки, виготовлення та використання нового виробу, порівняння техніко-економічних показників нового виробу з відповідними показниками базового виробу, визначення економічної ефективності нового виробу при його виготовленні та експлуатації та визначення на основі проведених розрахунків доцільності впровадження даного пристрою у виробництво і експлуатацію.

Спроектована в даній дипломній роботі автоматизована система керування процесом виготовлення пластмасових труб може експлуатуватись як на підприємствах, так і в дослідних лабораторіях.

В даному економічному розрахунку за базовий прийнятий пристрій, який має аналогічний принцип роботи, але на відміну від спроектованого пристрою процес управління в ньому не автоматизований. В спроектованому пристрої одночасно контролюється три параметри труб при практично незмінних всіх інших експлуатаційних витратах. За рахунок економії цих витрат планується отримати основну частину економічного ефекту.

### **7.2 Планування технічної підготовки виробництва спроектованого пристрою**

#### **7.2.1 Визначення трудомісткості і обсягу робіт конструкторської підготовки виробництва**

Величина трудових затрат розраховується в розрізі етапів конструкторської підготовки виробництва. Перелік етапів конструкторської підготовки виробництва регламентується ГОСТ 2.103-68.

Трудомісткість виконання окремого етапу конструкторської підготовки визначається за формулою:

$$T_{ki} = H_{чк} \times O_n \times K_c \times K_r \times K_{\phi}, \quad (7.1)$$

де  $H_{чк}$  - норма часу на одну облікову одиницю конструкторської підготовки в розрахунку на одну деталь  $i$ -го вузла в залежності від ступеня складності і новизни цього вузла, приймаємо по [18, додатки 2-6];

$K_c$  - коефіцієнт серійності виробництва спроектованих виробів;

$K_r$  - коефіцієнти габаритності в залежності від маси конструкцій, що проектуються);

$K_{\phi}$  - поправочний коефіцієнт при невідповідності фактичних і нормативних форматів технічної документації.

Розрахуємо трудомісткість проектування робочих креслень деталей 1-ої групи складності для розробленого пристрою. Для цієї групи вищеназвані параметри мають наступні значення:

- $H_{чк} = 2,6$  люд/год, [18, додаток 6];
- $K_n = 1$  - коефіцієнт переводу в умовні деталі для оригінальних деталей, для уніфікованих деталей  $K_n = 0,3$  [18, с.7];
- $K_c = 1,2$  - коефіцієнт серійності для дрібносерійного виробництва, [18, додаток 7];
- $K_r = 1$ , [18, додаток 8];
- $K_{\phi} = 1$ , [18, додаток 9];
- $O_n$  - об'єкт конструкторської підготовки виробництва визначається кількістю умовних деталей по формулі:

$$D_{ум} = S (D \times K_n) = 5 \times 1 + 11 \times 0,3 = 8,3, \quad (7.2)$$

де  $D' = 5$  - кількість оригінальних деталей 1-ої групи складності,  $D'' = 11$  - кількість уніфікованих деталей.

Тоді трудомісткість загального обсягу робіт по даному етапу конструкторської підготовки складає:

$$T_{ki} = 2,6 \times 8,3 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 = 25,8 \text{ люд/год}$$

Результати обчислень для інших етапів конструкторської підготовки виробництва зводимо в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1

Назва конструкторської документації	Стадії проектування	К-сть облік. одиниць	Норма часу на 1 обл.один., люд.-год.	Труд-сть заг.обсягу робіт, люд.-год	Квалі-фікац. виконав Ців
1	2	3	4	5	6
Технічне завдання	технічне завдання	1	36,5	36,5	ведуч.інж.-конструк.
Робочі креслення деталей 1-ї групи складності	робочий проект	8,3	2,6	25,8	інж.-кон. III катег.
Робочі креслення деталей 2-ї групи складності	робочий проект	7,5	3,1	23,2	інж.-кон. III катег.
Робочі креслення деталей 3-ї групи складності	-//-	3	4,2	15,1	інж.-кон. III катег.
Робочі креслення деталей 4-ї групи складності	-//-	1,1	6,0	6	інж.-кон. II-катег.
Складальні креслення вуз-лів 2-ї групи складності	-//-	1,2	3,1	5,4	інж.-кон. II-катег.
Складальні креслення вуз-лів 3-ї групи складності	-//-	1,6	4,2	6,5	інж.-кон. II-катег.
Складальні креслення пристрою	-//-	1	9	9	інж.-кон. II-катег.

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5	6
Технічний паспорт на пристрій	-//-	1	48	48	ведуч.інж.-конструк
Електричні схеми	-//-	1	10,7	10,7	інж.-кон. I-катег.
Участь у відладці дослідного взірця		-	6% Нч роб.пр.	13,3	інж.-кон. II-катег.
Коректування технічної документації		-	14% Нч доб.роб.	31,5	інж.-кон. III-катег.
Копірувально-монтажні роботи		-	9% Нч кон.роб.	20,2	кепірувальники
<b>СУМАРНА ТРУДОМІСТКІСТЬ</b>		-		245,8 люд.-год	-

### 7.2.2 Визначення трудомісткості та обсягу робіт технологічної підготовки виробництва

У відповідності з ЄСТПВ встановлені такі етапи технологічної підготовки виробництва: технологічний контроль креслень (враховано при визначенні трудомісткості конструкторської підготовки), складання міжцехових технологічних маршрутів, розробка технологічних процесів, проектування та виготовлення технологічного оснащення, наладка і впровадження технологічних процесів.

Трудомісткість окремих етапів технологічної підготовки визначається за формулою:

$$T_{mi} = H_{чт} \times N_d, \quad (7.3)$$

де  $H_{чт}$  - норма часу на проектування технологічного процесу виготовлення однієї деталі, приймаємо по [18, додаток 10];

$N_d$  - кількість облікових одиниць (найменувань деталей).

Результати обрахунку трудомісткості технологічної підготовки зводимо в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2

Етапи технологічної підготовки	К-сть обліко-вих одиниць	Норма часу на 1обл.один., люд.-год	Трудоміст. загал.обс. робіт, люд.-год	Кваліфікація викон.
Розробка маршрутної техно-логії для деталей 1-ї групи складності	7	0,9	6,6	інж.-техн. III катег.
Розробка маршрутної техно-логії:				
-деталей 2-ї групи складності	7	1,8	12,6	інж.-техн. III катег.
-деталей 3-ї групи складності	10	3,2	9,6	III катег.
-деталей 4-ї групи складності	2	5,7	11,4	II катег.
Розробка операційної техно-логії:				
-деталей 1-ї групи складності	7	0,8	5,6	інж.-техн. IV катег.
-деталей 2-ї групи складності	7	16,8	117,6	IV катег.
-деталей 3-ї групи складності	3	27,6	82,8	III катег.
-деталей 4-ї групи складності	2	43,6	81,2	III катег.
Розробка операційної техно-логії складання:				
-вузлів 2-ї групи складності	2	8,4	16,8	Ведуч.
-вузлів 3-ї групи складності	2	13,8	27,6	інж.-техн.
-пристрою	1	13,8	13,8	
<b>ВСЬОГО</b>		304,4 люд.-год		

### 7.3 Визначення економічної ефективності нового приладу

#### 7.3.1 Розрахунок затрат на виготовлення і використання нового приладу

##### 7.3.1.1 Розрахунок затрат на виготовлення нового приладу

Затрати на виробництво нового приладу включають в себе наступні статті:

- сировина і матеріали (за мінусом повернутих відходів);
- куповані напівфабрикати і комплектуючі прилади;
- паливо і енергія на технологічні цілі;
- основна і додаткова заробітна плата виробничих робітників;
- нарахування на зарплату (органам соціального страхування, в фонд зайнятості);
- витрати на підготовку і освоєння виробництва;
- витрати на експлуатацію і утримання обладнання;
- цехові (загальновиробничі) витрати;
- заводські (загальногосподарські) витрати;
- інші виробничі витрати;
- позавиробничі витрати.

Затрати на сировину і матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних оптових цін за формулою:

$$M_3 = \sum H_{Mi} \times \Pi_{oi}, \quad (7.3)$$

де  $H_{Mi}$  - норма і-х затрат сировини і матеріалу на прилад;

$\Pi_{oi}$  - оптова ціна за одиницю і-го матеріалу;

$n$  - кількість найменувань сировини і матеріалу.

Із визначеної суми затрат вираховуємо величину повернутих відходів (2-3% від затрат сировини і матеріалів). До отриманого результату додаємо транспортно-заготівельні затрати на рівні 10% преїскурантної вартості.

Результати розрахунку затрат на сировину і матеріали зводимо в табл. 7.4.

Таблиця 7.4.

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Одиниці виміру	Норма витрат на виг. прил.	Ціна за одиницю, грн.	Затрати матер. грн.	Величина відход. грн.	Затрати матер. без від., грн.	Транс.-загот. витрати, грн.	Витр на 1 прип грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Лист 0,5мм, Ст.3	Кг	1,3	1,62	2,1	0,063	2,04	0,12	2,24
2.	Лист 1,5мм, Ст.3	Кг	9	1,58	14,2	0,43	13,77	1,37	15,14
3.	Лист 14мм, Ст.3	Кг	30	1,52	45,6	1,37	44,23	4,42	48,65
4.	Круг d5мм, 40XB	Кг	0,5	4,05	2,02	0,06	1,96	0,196	2,16
5.	Кругd30мм, Ст.3	Кг	5,2	1,5	7,8	0,23	7,57	0,76	8,33
6.	Асбест	Кг	3,5	6,2	21,7	0,65	21,05	2,1	23,16
7.	Масило "Вапор"	Л	20	5,6	112	-	112	11,2	123,2
8.	Трубка М10	М/п	4	1,2	4,8	-	4,8	0,48	5,28
9.	Емаль МЛ12	Кг	0,04	3,67	0,147	-	0,147	0,015	0,162
	<b>ВСЬОГО</b>	-	-	-	210,3	2,8	20,7	20,75	228,05

Розраховуємо вартість купованих напівфабрикатів і виробів.

Розраховану вартість збільшуємо на величину транспортно-заготівельних витрат в розмірі 10% від преїскурантної вартості. Результати зводимо в таблицю 7.5.

Затрати на паливо на технологічні цілі в даному пристрої відсутні.

Затрати на електроенергію розраховуємо за формулою:

$$Z_{em} = H_e \times T_e, \quad (7.5)$$

де  $H_e$  - норма витрат електроенергії на одиницю виробу, кВт × год;

$T_e = 0,18$  грн. - тариф за 1 кВт × год на момент виробництва.

$$Z_{\text{ет}} = 132 \times 0,18 = 23,76 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.5.

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Одиниці виміру	Кі-сть виробів на вигот. 1 приладу	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.	Транс.-загот. витрати грн.	Загал. сума витрат на 1 пр. грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Датчик індуктивний мод. 75	Шт	3	48,1	144,3	14,43	158,7
2.	Штуцер	Шт	2	2,7	5,4	0,54	5,94
3.	Електромагніт	Шт	3	5,3	15,9	1,59	17,44
4.	Електродвигун УАД	Шт	2	61	122	12,2	134,2
5.	Гвинт М4	шт	56	0,05	2,8	0,28	3,08
6.	Гвинт М6	шт	12	0,10	1,2	0,12	1,32
7.	Болт М8	Шт	18	0,15	2,7	0,27	2,97
8.	Гайка М4	Шт	8	0,05	0,4	0,04	0,44
9.	Резистор	Шт	42	0,12	5,04	0,5	5,34
10.	Конденсатор	Шт	17	0,08	1,36	0,136	1,49
11.	Діод	Шт	19	0,2	3,8	0,38	4,18
12.	Транзистор	Шт	38	0,35	13,3	1,33	14,63
13.	Мікросхема	шт	27	4	108	10,8	118,8
	<b>ВСЬОГО</b>				468,82		

Затрати на основну заробітну плату виробничих робітників, що зайняті у виготовленні пристрою, визначаються на основі даних про трудомісткість виготовлення всіх деталей по видах робіт, величину тарифних ставок відповідних розрядів та процент доплат, що входять до основної зарплати робітників за формулою:

$$Z_o = \sum T_i \times T_{ci} \times K_o \quad (i = 1 \text{ до } n), \quad (7.6)$$

де:  $Z_o$  - затрати на основну зарплату;



$T_i$  - трудомісткість  $i$ -х видів робіт по виготовленню пристрою;

$T_{ci}$  - величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розрядові  $i$ -х видів робіт;  $K_d$  - коефіцієнти доплат, що входять до основної заробітної плати (премії, доплати за роботу в нічний час, доплати незвільненим бригадирам і т.п.);

$n$  - кількість видів робіт.

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розрядові  $i$ -х видів робіт визначається за формулою:

$$T_{ci} = T_{c1} \times T_{kc}, \quad (7.7)$$

де:  $T_{c1}$  - величина тарифної ставки 1-го розряду;

$T_{kc}$  - середній тарифний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$T_{kc} = \mathbf{S} (K_i \times T_{ij}) / \mathbf{S} T_{ij} (i = 1 \text{ до } p), \quad (7.8)$$

де:  $K_i$  - тарифні коефіцієнти  $i$ -х розрядів;

$T_{ij}$  - трудомісткість  $i$ -х робіт  $j$ -х розрядів;

$p$  - кількість розрядів.

Результати розрахунку трудомісткості робіт по виготовленню приладу зводимо в таблицю 7.6.

Коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати приймаємо рівним 1,35.

Додаткова зарплата виробничих робітників розраховується в процентах до основної зарплати. Приймаємо її рівною 10% від основної.

Розрахунок затрат на зарплату основних робітників зводимо в таблицю 7.7.

Таблиця 7.6.

№ п/п	Перелік деталей та вузлів, що виготовляються	Трудомісткість робіт, нормо-год							
		Загот.	Мех.	Гальв.	Терм.	Слюс.- склад.	Елект. монт.	Фар- бу- ван ня.	Регу- люв.
1.	Основи, шасі, кронштейни, планки, пластини	2,4	33	3,12	2,03	-	-	-	-
2.	Осі, валики, стержні	3,1	5	2,08	4,4	-	-	-	-
3.	Шайби, гвинти, гайки, прокладки	2,5	8,4	1,16	1,4	-	-	-	-
4.	Корпуси	2,65	28,15	3,03	3,5	-	-	0,4	-
5.	Підвіска	-	-	-	-	16	-	-	2,5
6.	БОІ	-	-	-	-	8,5	15,1	-	5,5
8.	Вузол діагностики	-	-	-	-	1,12	2,15	-	0,35
	<b>ВСЬОГО нормо-год</b>	10,65	84,55	9,39	11,33	24,5	15,1	0,4	8,3

Затрати на підготовку і освоєння виробництва розраховуємо по основній і додатковій зарплаті працівників, зайнятих ТПВ.

Визначаємо чисельність працівників по професіях і кваліфікації за формулою:

$$ЧП_{mi} = T_{mni} / B_{ч} \times K_{вн} \quad (7.9)$$

де:  $T_{mni}$  – трудомісткість і-го етапу технічної підготовки (беремо із таблиць 7.1 і 7.2);

$B_{ч}$  - плановий річний бюджет часу одного працівника;

$K_{вн} = 1,05$  - коефіцієнт виконання норм часу працівниками.

Таблиця 7.7.

№ п/п	Види робіт та розряди	Труд-сть робіт, нор.-год	Год. тар. став-ка відп. роз., грн.	Величина тар. зарп-лати, грн.	Кое-єнт доплат	Основ-на зарплат а., грн.	Кое-єнт додатк. зарплат и	Додатко ва зарп лата, грн.	Сума осн. і додат. зарпл. грн
1.	<b>Заготівельні</b> 3-й розряд	10,65	2,01	<b>21,40</b>	x	x	x	x	x
2.	<b>Механічні</b> 1-й розряд 3-й розряд 4-й розряд	84,55 21,85 20,2 42,5	- 1,77 1,13 2,52	<b>188,8</b> 38,67 43,02 107,1	x	x	x	x	x
3.	<b>Гальванічні</b> 4-й розряд	9,39 9,39	2,19	<b>20,56</b> 20,56	x	x	x	x	x
4.	<b>Термо- обробка</b> 3-й розряд	11,33 11,33	- 1,83	<b>20,73</b> 20,73	x	x	x	x	x
5.	<b>Слюсарно- складальні</b> 3-й розряд	24,5 24,5	- 1,92	<b>47,04</b> 47,04	x	x	x	x	x
6.	<b>Електромонтаж ні</b> 3-й розряд	15,1 15,1	- 2,07	<b>31,26</b> 31,26	x	x	x	x	x
7.	<b>Фарбуваль- ні</b> 2-й розряд	0,40 0,40	- 1,74	<b>0,69</b> 0,69	x	x	x	x	x
8.	<b>Регулюваль-ні</b> 5-й розряд	8,0 8,0	- 2,79	<b>22,32</b> 22,32	x	x	x	x	x
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>152,6</b>	<b>x</b>	<b>352,8</b>	<b>1,35</b>	<b>476,3</b>	<b>0,1</b>	<b>47,63</b>	<b>523,9</b>

Чисельність конструкторів III категорії:

$$Ч_{кIII} = 95,6/1860 \times 1,05 = 0,048.$$

Чисельність конструкторів II категорії:

$$Ч_{кII} = 40,2/1860 \times 1,05 = 0,02.$$

Чисельність конструкторів I категорії:

$$Ч_{кI} = 10,7/1860 \times 1,05 = 0,0055.$$

Ведучих конструкторів:

$$Ч_{вк} = 84,5/1860 \times 1,05 = 0,043.$$

Чисельність технологів III категорії:

$$Ч_{тIII} = 234,8/1860 \times 1,05 = 0,12.$$

Чисельність технологів II категорії:

$$Ч_{тII} = 98,6/1860 \times 1,05 = 0,055.$$

Ведучих технологів:

$$Ч_{вт} = 58,2/1860 \times 1,05 = 0,0299.$$

Копірувальників:

$$Ч_{кп} = 20,2/1860 \times 1,05 = 0,01.$$

Розраховуємо суму зарплати працівників за окладами:

$$Зn_o = \sum O_i \times Ч_{nmi} \times 12 \quad (i = 1 \text{ до } p), \quad (7.10)$$

де  $O_i$  - розмір місячних окладів  $i$ -ї категорії працівників.

$$\begin{aligned} Зn_o = & (145 \times 0,048 + 165 \times 0,02 + 180 \times 0,0055 + 200 \times 0,043 + 140 \times 0,12 + 160 \times 0,055 + \\ & + 195 \times 0,0299 + 100 \times 0,01) \times 12 = 623,8 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Визначаємо величину основної і додаткової зарплати працівників:

$$Зn_{од} = Зn_o \times (1 + K_d) = 623,8 \times (1 + 0,15) = 717,47 \text{ грн.}$$

Знаючи питому вагу (процентне співвідношення) основної і додаткової зарплати в зарплатах на підготовку і освоєння приладу-аналога, величина затрат на підготовку і виробництво нового приладу визначається за формулою:

$$Зn_o = Зn_{од} \times 100 / З_{зб} = 717,47 \times 100 / 55 = 1304,5 \text{ грн.}$$

Затрати на експлуатацію обладнання приймаємо на рівні 200% від основної зарплати робітників.

Аналогічно: цехові затрати - 160%; загальнозаводські затрати - 210%. Інші виробничі затрати приймаємо на рівні 2% від заводської собівартості, позавиробничі затрати - 1% цієї собівартості. Відрахування соцстраху 37% від суми основної і додаткової зарплати, в фонд Чорнобиля 12%, фонд зайнятості 3%. Розрахунок поточних затрат на виготовлення приладу зводимо у таблицю 7.8.

Таблиця 7.8

№ п/п	Калькуляційні статті	Сума затрат по варіантах, грн.	
		базовий варіант	Проектний варіант
1.	Сировина і матеріали за мінусом відходів	112,1	207,5
2.	Куповані напівфабрикати і комплектуючі вироби	293,2	468,82
3.	Енергія на технологічні цілі	18,24	23,76
4.	Основна і додаткова зарплати виробничих робітників	430,2	523,89
5.	Нарахування на зарплату	172	20955
6.	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	1125,5	1304,5
7.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	823,2	952,54
8.	Цехові витрати	656,2	762,03
9.	Загальнозаводські витрати	861,4	1000,16
10.	Інші виробничі витрати	113,12	135,94
11.	Позавиробничі витрати	56,56	67,9
	<b>ПОВНА СОБІВАРТІСТЬ</b>	4660,7	5656,6

### 7.3.1.2 Визначення лімітної ціни нового пристрою

Лімітна ціна - це максимальна оптова ціна, яка відповідає певним техніко-економічним параметрам нового виробу, відображає покращення його споживчих властивостей в порівнянні із зразками, що замінюються і зацікавлює споживача в його використанні. Вона розраховується за формулою:

$$Ц_{л} = C_{мп} + П_{н} \quad (7.11)$$

де  $C_{мп}$  - максимальний рівень повної собівартості нового приладу;

$П_{н}$  - нормативна величина прибутку.

Приймаємо  $П_{н} = 0,15 \times C_{пн}$ , де  $C_{пн}$  - повна собівартість нового приладу.

Максимальний рівень повної собівартості нового приладу дорівнює:

$$C_{мп} = 0,85 \times C_{па} \times П_{к} \quad (7.12)$$

де  $C_{па}$  - повна собівартість приладу-взірця, що замінюється новим;

0,85 - нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нового приладу.

Лімітна ціна нового приладу складе:

$$Ц_{л} = C_{мп} + П_{н} = 0,85 \times C_{па} \times П_{к} + 0,15 \times C_{пн}$$

де  $П_{к} = 1,35$  - комплексний показник якості нового приладу.

Тоді отримаємо:

$$Ц_{л} = 0,85 \times 4660,7 \times 1,35 + 0,15 \times 5656,6 = 6196,6 \text{ грн.}$$

### 7.3.1.3 Визначення затрат на експлуатацію пристрою

Визначаємо затрати на експлуатацію за один рік його експлуатації за формулою:

$$З_{ен} = ПЗ_{ев} + K_t - Л_t \quad (7.13)$$

де  $ПЗ_{ев}$  – поточні затрати по експлуатації пристрою за 1 рік;

$K_t$  – разові (капітальні) затрати при використанні пристрою за цей же період, ці затрати складаються з його оптової ціни з врахуванням затрат на доставку і монтаж в розмірі 10%;

-для базового приладу:

$$Ц_{\bar{o}} = C_{na} + 0,15 \times C_{na} = 4660,7 + 1,15 \times 4660,7 = 5359,8 \text{ грн.}$$

$$K_t^{\bar{o}} = 1,1 \times Ц_{\bar{o}} = 1,1 \times 5359,8 = 5895,8 \text{ грн.}$$

- для нового приладу:

$$Ц_n = C_{nn} + 0,15 \times C_{nn} = 5656,6 + 1,15 \times 5656,6 = 6505,09 \text{ грн.}$$

$$K_t^n = 1,1 \times Ц_n = 1,1 \times 6505,09 = 7155,6 \text{ грн.}$$

$L_t$  – залишкова вартість приладу на кінець першого року експлуатації:

- для базового варіанту:

$$L_t^{\bar{o}} = Ц_{\bar{o}} - K_a \times Ц_{\bar{o}}, \text{ де } K_a = 9\%, [18, \text{ додаток 11}] \text{ – норма амортизаційних відрахувань на прилади, } L_t^{\bar{o}} = 5359,8 - 0,9 \times 5359,8 = 4877,4 \text{ грн.}$$

- для нового приладу:

$$L_t^n = 6505,09 - 0,9 \times 6505,09 = 5919,6 \text{ грн.}$$

Величина поточних експлуатаційних затрат за рік служби приладу складається з таких статей:

$$ПЗ_{ев} = З_{мо} + З_{мд} + З_{зп} + З_e + З_p + З_i + З_{\bar{o}} + З_n + З_{уп} \quad (7.14)$$

де  $З_{мо}$  - затрати на основні матеріали за рік;

$З_{мд}$  - затрати на допоміжні матеріали;

$З_{зп}$  - затрати на основну і додаткову зарплату з нарахуванням;

$З_e$  - затрати по всіх видах енергії як пристрою, так і технологічного процесу, де застосовується пристрій;

$З_p$  - затрати на ремонт приладу і технологічного обладнання, якщо використання приладу вплинуло на виробничий процес;

$З_i$  - затрати на інструмент, використаний для обробки і вимірювання;

$З_{\bar{o}}$  - затрати від браку на першому році експлуатації;

$З_n$  - затрати на періодичні перевірки і наладку приладу;

$З_{уп}$  - умовно-постійні затрати на перший рік експлуатації приладу.

При розрахунку поточних затрат по експлуатації приладу враховуємо наступні фактори:

1. У зв'язку з тим, що затрати на основні та допоміжні матеріали в базовому і проектному варіантах не відрізняються, ці затрати при розрахунку

не визначаємо.

2. Визначаємо затрати на основну і додаткову зарплату для базового приладу по формулі:

$$Z_{zn}^{\bar{}} = (t_1'/60) \times TC_i \times (1+K_{до}) \times (1+K_{дд}) \times (1+K_{вз}) \times \Pi_1, \quad (7.15)$$

де  $t_1' = 3,5$  год – максимальний час дослідження зразка в базовому одномісному приладі,  $t_1'' = (t_{\text{вимір.}} + t_{\text{охолодж.}}) = (1,89+1,4)/3=1,09$  год – максимальний час дослідження і охолодження одного зразка в спроектованому пристрої (див. циклограму роботи пристрою);

$TC_i = 0,84$  грн. - годинна тарифна ставка оператора IV розряду;

$K_{до} = 0,4$  - коефіцієнт доплат до основної зарплати;

$K_{дд} = 0,11$  - коефіцієнт додаткової зарплати;

$K_{вз} = 0,52$  - сума відрахувань від основної зарплати;

$\Pi_1' = 520$  шт/рік - річна програма дослідження зразків при використанні базового приладу;  $\Pi_1'' = 1600$  шт/рік - річна програма дослідження зразків при використанні нового пристрою.

Тоді для базового варіанту отримуємо:

$$Z_{zn}^{\bar{}} = 3,5 \times 0,84 \times (1+0,4) \times (1+0,11) \times (1+0,52) \times 520 = 3254,78 \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту отримуємо:

$$Z_{zn}^{\text{H}} = 1,09 \times 0,84 \times (1+0,4) \times (1+0,11) \times (1+0,52) \times 1600 = 3118,87 \text{ грн.}$$

3. Розраховуємо затрати на електроенергію за формулою:

$$Z_e = M_1 \times (t_1/60) \times \Pi_1 \times E_e, \quad (7.16)$$

де  $M_1 = 2,5$  кВт - потужність, яку споживає базовий прилад ( $M_2 = 2,9$  кВт - потужність, яку споживає новий прилад);

$t_1 = 1,83$  год – час нагріву в базовому приладі ( $t_2 = 1,83/3=0,61$  год - час нагріву в новому пристрої).

Для базового приладу:

$$Z_e^{\bar{}} = 2,5 \times 1,83 \times 520 \times 0,18 = 428,22 \text{ грн.}$$

Для нового приладу:

$$Z_e^{\text{H}} = 2,9 \times 0,61 \times 1600 \times 0,18 = 509,4 \text{ грн.}$$



4. Затрати на ремонт приладу і технологічного обладнання обраховуються за формулою:

$$Z_p = Z_{pn} + Z_{po}, \quad (7.17)$$

де  $Z_{pn}$  – затрати на ремонт приладу;

$Z_{po}$  – затрати на ремонт технологічного обладнання, оскільки новий пристрій експлуатується автономно, то ці затрати не враховуються.

Затрати на ремонт базового приладу приймаємо в процентах від його оптової ціни:

$$Z_p^{\bar{o}} = 0,09 \times C_{\bar{o}} = 0,09 \times 5359,8 = 482,4 \text{ грн.}$$

Для базового приладу:

$$Z_{pn}^{\bar{o}} = Z_p^{\bar{o}} \times \Pi_2 / \Pi_1 \times K_{\text{пн}} \times K_{\text{еф}}, \quad (7.18)$$

де  $K_{\text{пн}}$  – коефіцієнт, що характеризує зростання продуктивності робочого процесу, в якому використані нові прилади підвищеної надійності,  $K_{\text{пн}} = 1,2$ ;

$K_{\text{еф}} = 1,1$  – коефіцієнт, який характеризує долю зменшення затрат на ремонт нового приладу при підвищенні його надійності.

$$Z_{pn}^{\bar{o}} = 482,4 \times 1600/520 \times 1,2 \times 1,1 = 1959,2 \text{ грн.}$$

Для нового пристрою:

$$Z_{pn}^{\bar{o}} = 0,09 \times C_{\bar{n}} = 0,09 \times 6505,09 = 525,4 \text{ грн.}$$

5. Затрати на обробний і вимірювальний інструмент в обох варіантах однакові, тому їх не розраховуємо.

6. Новий і базовий прилади працюють практично без браку, тому розрахунок втрат на брак не виконуємо.

7. Затрати на періодичні повірки пристрою визначаємо на основі прејскуранту повірочних робіт Держстандарту.

- для базового приладу:

$$Z_n^{\bar{o}} = H_n \times Z_{\text{пн}}^{\bar{o}} \times \Pi_2 / \Pi_1 = 1 \times 15,8 \times 1600/520 = 48,6 \text{ грн.,}$$

де  $H_n$  – кількість повірок на рік;

$Z_{\text{пн}}^{\bar{o}}$  – затрати на одну повірку приладу.

- для нового приладу:

$$Z_n^H = H_n \times Z_{nn}^H = 1 \times 22,34 = 22,34 \text{ грн.}$$

8. Величина умовно-постійних затрат з врахуванням зростання продуктивності нового приладу визначається за формулою:

- для базового приладу:

$$Z_n^{\bar{o}} = Z_{yn}^{\prime} \times (P_2/P_1 - (P_2/P_1 - 1) \times K_{yn}), \quad (7.19)$$

де  $Z_{yn}^{\prime}$  – величина умовно-постійних затрат без врахування приросту продуктивності нового приладу;

$K_{yn}$  – коефіцієнт, який враховує долю приросту умовно-постійних затрат на 1% приросту продуктивності нового приладу.

$$Z_n^{\bar{o}} = 84,6 \times (1600/520 - (1600/520 - 1) \times 0,6) = 104,12 \text{ грн.}$$

- для нового приладу:

$$Z_n^{\bar{o}} = Z_{yn}^{\prime} = 68,4 \text{ грн.}$$

Визначаємо сумарні поточні затрати на експлуатацію приладу, сумуючи величини, розраховані в п.п.1-8 даного підрозділу:

- для базового варіанту:

$$PZ_{ев}^{\bar{o}} = 3254,78 + 428,22 + 1959,2 + 48,6 + 104,12 = 5814,92 \text{ грн.}$$

- для проектного варіанту:

$$PZ_{ев}^H = 3118,87 + 509,4 + 525,4 + 22,34 + 84,6 = 4260,6 \text{ грн.}$$

З врахуванням разових капітальних затрат за мінусом залишкової вартості, одержимо:

- для базового приладу:

$$Z_{en}^{\bar{o}} = 5814,92 + 5895,8 - 4877,4 = 6833,3 \text{ грн.}$$

- для проектного приладу:

$$Z_{en}^H = 4260,6 + 7155,6 - 5919,6 = 5496,6 \text{ грн.}$$

### **7.3.2 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення і експлуатації приладу**

#### **7.3.2.1 Економічний ефект від виготовлення приладу**

Економічний ефект від виготовлення приладу розраховуємо за формулою:

$$E_{\bar{o}} = (Ц_n - Z_{н\bar{o}}) - (Ц_{\bar{o}} - Z_{\bar{o}\bar{o}}) = (6505,9 - 5656,6) - (5359,8 - 4660,7) = 149,3 \text{ грн.}$$

### 7.3.2.2 Економічний ефект від експлуатації приладу

Економічний ефект від експлуатації приладу визначаємо за формулою:

$$E_e = Z_{en}^{\bar{}} \times T_{C1} / T_{C2} - Z_{en}^H, \quad (7.20)$$

де  $T_{C1}$ ,  $T_{C2}$  – строки служби відповідно базового і нового приладів.

Строк служби приладу визначається за формулою:

$$T_c = 100 \times (P_b + B_d - L_b) / P_b \times H_a, \quad (7.21)$$

де  $P_b$  – початкова вартість приладу, яка визначається оптовою ціною з включенням до неї затрат на доставку і монтаж в розмірі 10% від ціни:

$$P_b^{\bar{}} = 5359,8 \times 1,1 = 5895,78 \text{ грн. і } P_b^H = 6505,09 \times 1,1 = 7155,6 \text{ грн.};$$

$B_d$  - вартість демонтажу (приймаємо 1% від оптової ціни):

$$B_d^{\bar{}} = 5359,8 \times 0,01 = 53,6 \text{ грн. і } B_d^H = 6505,09 \times 0,01 = 65,05 \text{ грн.};$$

$L_b$  - ліквідаційна вартість (2% від оптової ціни):

$$L_b^{\bar{}} = 5359,8 \times 0,02 = 107,2 \text{ грн. і } L_b^H = 6505,09 \times 0,02 = 130,1 \text{ грн.};$$

$H_a = 9\%$  – норма амортизації.

Тоді отримаємо:

$$T_{C1} = 100 \times (5895,78 + 53,6 - 107,2) / 5895,78 \times 9 = 11 \text{ років.}$$

$$T_{C2} = 100 \times (7155,6 + 65,05 - 130,1) / 7155,6 \times 9 = 11,01 \text{ років.}$$

Економічний ефект від експлуатації приладу складає:

$$E_e = 6833,3 \times 11 / 11,01 - 5496,6 = 1336,7 \text{ грн}$$

**Загальний економічний ефект від виробництва і експлуатації приладу становить:**

$$E_{ee} = E_b + E_e = 149,3 + 1336,7 = 1486 \text{ грн.}$$

## 7.4 Техніко-економічні показники порівнюваних варіантів

Результати розрахунків зводимо в таблицю 7.9.

Таблиця 7.9.

№ п/п	Показники	Одиниці виміру	Показники		Результат +/-
			базовий	проектний	
1.	Строк служби	Років	11	11,01	+
2.	Комплексний показник якості	-	1	1,35	+
3.	Оптова ціна	грн.	5359,8	6505,09	+
4.	Затрати на виготовлення	грн.	4660,7	5656,6	+
5.	Поточні експлуатаційні затрати	грн.	6833,3	5496,6	-
6.	Разові (капітальні) експлуатаційні затрати	грн.	5895,8	7155,6	+
7.	Залишкова вартість	грн.	4877,4	5919,6	+
8.	Економічний ефект	грн.	-	1486	+

### 7.5 Висновки і пропозиції

Проведений техніко-економічний аналіз проектування, виготовлення та експлуатації нового пристрою для управління процесом виготовлення пластмасових труб дає можливість зробити наступні висновки:

1. Затрати на технічну підготовку і освоєння нового пристрою вищі, ніж у базовому варіанті.
2. Собівартість нового приладу вища, ніж у базовому варіанті, по причині більших затрат на ТПВ.
3. Економічний ефект від виробництва нового пристрою дуже незначний ( $E_b = 149,3$  грн.).
4. Основну частину економічного ефекту ( $E_e = 1336,7$  грн.) отримуємо при експлуатації нового пристрою за рахунок підвищення його продуктивності у 3 рази, що впливає на всі інші види експлуатаційних затрат в сторону їх зменшення.

## **8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **8.1 Заходи з охорони праці**

Спроектowana в дипломній роботі автоматизована лінія для виготовлення пластмасових труб має три вузли, які можуть представляти потенційну небезпеку для здоров'я персоналу, що обслуговує її в процесі експлуатації: два електродвигуни змінного струму серії УАД, що живляться напругою 220 В, та термокамера, в якій технічне мастило нагрівається до температури 200<sup>0</sup>С.

Нижче перераховані заходи безпеки, передбачені для безпечної роботи на спроектованому пристрої.

#### **8.1.1 Міроприємства по захисту від ураження електричним струмом**

Оскільки в спроектованому пристрої є прилади (електродвигуни), що живляться змінним струмом при напрузі 220 В, то згідно з рекомендаціями [19] металеві струмопровідні частини електрообладнання та самого пристрою, які через несправність ізоляції можуть виявитися під напругою, підлягають захисту захисним заземленням.

Захисне заземлення – це навмисне з'єднання із землею металевих частин обладнання, які не є під напругою в звичайних умовах, але можуть виявитись під напругою в результаті пошкодження ізоляції електрообладнання.

Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки ураження людини електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, а також при “замиканні на корпус”.

Принцип дії захисного заземлення полягає в пониженні до безпечних значень напруги дотику і кроку, обумовлених “замиканням на корпус”. Це досягається зменшенням потенціалу заземленого обладнання, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підвищення потенціалу основи, на якій знаходиться робтник, до потенціалу “близького обладнання”.

В пристрої для визначення теплостійкості пластмас застосовується контурне заземлення. Воно характеризується тим, що його одиночні заземлюючі труби діаметром 40 мм і довжиною 3 м, розміщені по периметру площадки, на якій розміщений спроектований пристрій та інші прилади, що підлягають заземленню.

Безпечність при контурному заземленні забезпечується вирівнюванням потенціалу на захищеній території до такої величини, при якій максимальне значення напруги дотику і кроку не перевищує допустимого. Це досягається шляхом відповідного розміщення одинарних заземлень.

В середині приміщення вирівнювання потенціалу відбувається звичайним шляхом через металеві конструкції, пов'язані з розгалуженим контуром заземлення.

В якості провідників для з'єднання приладів із заземленням застосовуємо сталеву смугу. Монтаж заземлюючих провідників виконується по стінах лабораторії чи участку цеху на спеціальних опорах так, щоб вони були доступні для огляду.

Згідно з правилами монтажу електроустановок, опір захисного заземлення в будь-яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом (для установок з напругою до 1000 В і потужністю до 100 кВА).

Опір розтіканню струму з одного заземлювача (труби, стержні) залежить від питомого опору ґрунту, глибини від поверхні землі до верху заземлювача і розмірів самого заземлювача (труби). Цей опір визначається за формулою [19, с.221]:

$$R_{mp} = 0,366 \frac{\rho}{l} \ln \frac{2l}{d} + 0,51 \rho \frac{4t + l}{4t - l} \quad (8.1)$$

де  $\rho$  – питомий опір ґрунту, приймаємо для чорнозему при вологості 10...20%

$\rho = 20 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , [19, табл. 16.2];

$l$  – довжина заземлювача, приймаємо  $l = 1 \text{ м}$ ;

$d$  - діаметр заземлювача, приймаємо  $d = 0,03 \text{ м}$ ;

$t$  – відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (див. рис. 8.1), приймаємо  $t = 1,1$  м.

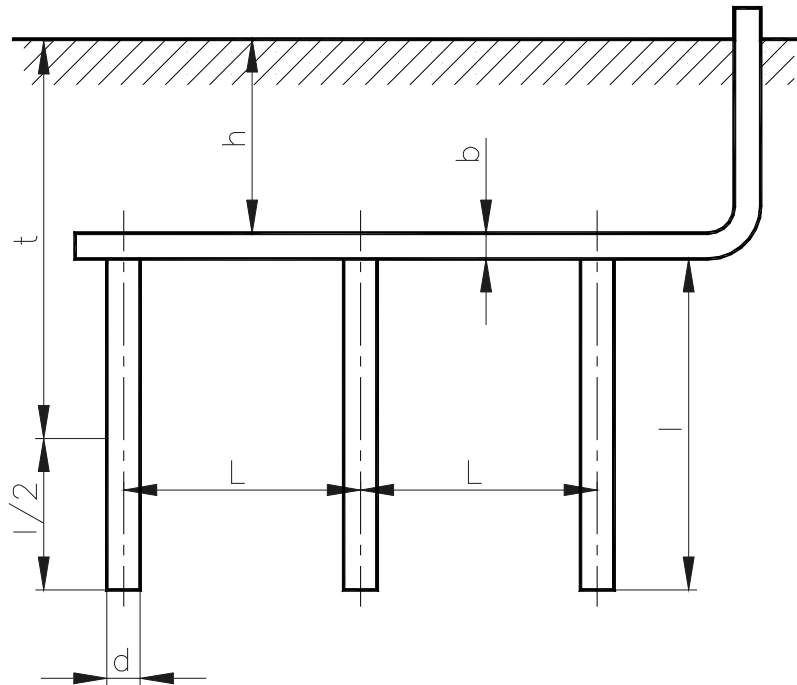


Рисунок 8.1 – Схема розміщення заземлювачів (труб)

Тоді

$$R_{mp} = 0,366 \frac{20 \rho}{1 \cdot \epsilon} \frac{2 \times 1}{0,03} + 0,51 g \frac{4 \times 1,1 + 1 \cdot 0}{4 \times 1,1 - 1 \cdot 0} = 14,05 \text{ Ом}$$

Із врахуванням коефіцієнтів сезонності та екранування кількість заземлювачів (труб) визначається за формулою [19, с.223]:

$$n = \frac{R_{mp}}{R_d \cdot \eta_c \cdot \eta_e}, \quad (8.2)$$

де  $R_{тр}$  – опір одного заземлювача,  $R_{тр} = 14,05$  Ом;

$R_d = 4$  Ом – допустимий опір розтікання струму заземлення;

$\eta_c = 1,7$  – коефіцієнт сезонності, приймаємо по [19, табл. 16.3];

$\eta_e = 0,7$  – коефіцієнт екранування, приймаємо по [19, табл. 16.4].

$$n = \frac{14,5}{4 \times 1,7 \times 0,7} = 2,95$$

Приймаємо кількість заземлювачів (труб)  $n = 3$ .

Таким чином, для заземлення пристрою використовуємо три заземлювачі (труби) довжиною  $l = 1000$  мм і діаметром  $d = 30$  мм. Вони і повинні забезпечувати електробезпечну роботу на споектованому пристрої.

### **8.1.2 Заходи по захисту від парів мастила та надлишкового тепла від термокамери**

Термокамера, що є одним з важливих вузлів спроектованої лінії, в той же час є джерелом парів нагрітого мастила, а також випромінювачем надлишкового тепла. Обидва ці фактори погіршують умови праці на спроектованій лінії. Для усунення шкідливого впливу парів мастила в зоні дії пристрою передбачаються наступні заходи:

- 1) Робочий процес спроектований так, що коли мастило нагріте, то всі три підвіски опущені і таким чином термокамера виявляється закритою (немає безпосереднього контакту між гарячим мастилом і навколишнім середовищем). Тим самим зменшуються до мінімуму шкідливі викиди у повітря парів мастила.
- 2) Для зменшення теплового випромінювання, а також зменшення втрат тепла при нагріві мастила, стінки камери виконані із термоізоляційних матеріалів.
- 3) Для виключення можливого кипіння теплоносія у термокамері при її нагріванні в якості такого теплоносія застосовується технічне мастило марки “Вапор”, що має температуру кипіння набагато вищу, ніж максимальна робоча температура в термокамері ( $200^{\circ}\text{C}$ ). Крім цього, автоматичною системою керування установки передбачено автоматичне відключення нагрівних елементів термостата при аварійному підвищенні температури в термокамері вище  $250^{\circ}\text{C}$ .



- 4) Безпосередній контакт оператора з розігрітим мастилом в процесі дослідження неможливий, оскільки камера закрита підвісками.

### **8.1.3 Захист від шуму та вібрацій**

Захист від виробничого шуму в цехах та лабораторіях має важливе значення для оздоровлення умов праці та підвищення її продуктивності. Захист від струсів сприяє нормальній роботі устаткування і оберігає його від передчасного виходу з ладу.

За останні десятиріччя в зв'язку з швидким розвитком техніки рівень шуму та вібрації зростає. Зокрема у промисловості простежується тенденція збільшення потужності машин та продуктивності технологічного обладнання при одночасному зменшенні його ваги та габаритів з метою максимального використання виробничих площ. Зменшення ваги обладнання і разом з тим недостатня жорсткість конструкції приводить до значних вібрацій і, як наслідок, - до високих рівнів виробничого шуму. Не кажучи про те, що вібрація негативно діє на машини, обладнання та виробничі приміщення, вона, як і шум, спричиняє шкідливий вплив на здоров'я людини, знижує її працездатність, веде до збільшення нещасних випадків. Тому боротьба з виробничим шумом і вібрацією та їх шкідливим впливом на організм працюючих є однією з основних проблем сучасності.

Проектуючи нові машини та виробничі агрегати, слід передбачати найефективніші заходи із зниження шуму, особливо на робочих місцях, до рівнів не більших від допустимих.

Щоб послабити шум і струшування приладів і верстатів у джерелі їх утворення необхідно по можливості:

- замінювати ударні дії на безударні;
- замінювати зворотно-поступальний рух деталей агрегатів на обертальний рух;

- враховувати мінімальні допуски при підготовці і складанні деталей, щоб зменшити зазори у з'єднаннях деталей і тим самим послабити енергію співударів та інтенсивність вібрації та шуму;
- дотримуватись системи складання деталей технічного виробу, при якій зводяться до мінімуму помилки у з'єднанні деталей;
- коли переважаючим шумом агрегата є шум підшипників, замінювати підшипники кочення на підшипники ковзання.

Якщо не можна зменшити шум в самому джерелі його утворення до допустимого рівня, в конструкцію виробу слід включати пристрої, які перешкоджають поширенню шуму назовні, тобто ізолюють чи вбирають його. Для цього потрібно:

- шумні вузли –зубчасті редуктори, ланцюгові, пасові та інші передачі, деталі, які вдаряються одна об одну, закривати ізолюючими кожухами;
- необхідні отвори у звукоізолюючих кожухах робити у вигляді каналів, облицьованих зсередини звуковбираючими матеріалами.

Шуми та вібрації механічних систем за природою свого утворення можуть поділятися на дві групи: ті, які виникають при роботі різних механізмів (наприклад, зубчастих передач, електродвигунів, пневматичних чи гідравлічних систем), і ті, що виникають в процесі обробки виробів при виконанні технологічних операцій.

Шумові характеристики і показники не повинні перевищувати величин, які встановлені діючими стандартними нормами ГОСТ 12.1.003-83 ССТБ «Шум. Общие требования безопасности» та ГОСТ 12.1.107-85 «Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики».

Допустимі рівні вібрації, що виникають на робочому місці при роботі верстата в експлуатаційному режимі, повинні відповідати ГОСТ 12.2.009-80 та ГОСТ 12.1.012-78.

Якщо ж технічні заходи для послаблення шуму недостатні, і людям доводиться довго перебувати в умовах шуму, який перевищує 90-100 дБ, або протягом короткого проміжку часу – при шумі більше 115 дБ, рекомендується

користуватись індивідуальними захисними приладами, які ізолюють вухо, - протишумами. Є два основних види цих приладів: у вигляді навушників, пов'язок до шоломів, які ззовні прикривають вушну раковину або всю привушну ділянку, і у вигляді заглушок, які закладають всередину слухового проходу.

Здійснюючи захисні заходи від шкідливого впливу на організм людини виробничого шуму та вібрацій, слід керуватися санітарними нормами відповідних стандартів.

#### **8.1.4 Штучне освітлення робочого місця та його розрахунок**

Штучне освітлення на машинобудівних підприємствах призначене для забезпечення доброї видимості на робочих поверхнях, у цехових приміщеннях та на заводській території.

Штучне освітлення робочої зони призначене для забезпечення доброї видимості на робочих місцях.

На промислових підприємствах практикують дві системи штучного освітлення: робоче і спеціальне.

Робоче освітлення забезпечує освітленість оброблюваних поверхонь і допоміжних площ виробничого приміщення. Сюди належить загальне, локалізоване, місцеве, комбіноване та ремонтне освітлення.

Місьцеве освітлення – одне з цієї системи освітлення – служить для створення доброї видимості робочої зони. На приладі чи верстаті встановлений індивідуальний стаціонарний світильник. Він застосовується з емалевими чи дзеркальними відбивачами, а також має гнучкий металевий кронштейн.

Даний світильник складається з лампи та арматури. Призначення арматури – зосереджувати світловий потік у потрібному напрямку, захищати очі робітника від засліплення, оберігати лампу від забруднення та механічних пошкоджень.

Світильники прямого світла посилають не менше 90% усього світлового потоку в нижню напівсферу.

Економічність електроосвітлювального приладу визначається його к.к.д., тобто відношенням величин світлового потоку від світильника і світлового потоку лампи, яка не захищена арматурою.

Освітлювальні прилади відзначаються також захисним кутом, кривими світлового розподілу та конструктивним виконанням.

До світильників місцевого освітлення ставляться підвищені вимоги, тому що вони призначені для освітлення виключно робочої поверхні. Основною перевагою є створення високого рівня освітленості при малій потужності джерела струму. За допомогою місцевого освітлення можна змінювати напрямок світлових променів, усувати яскраві блики на робочій поверхні. Такі світильники повинні мати мінімальні габарити і хорошу конструкцію гнучкого кронштейна, що забезпечує зручність у роботі та швидкість переміщення.

Для освітлення робочої зони на спроектованому пристрої використовуємо світильник АМО-1, у якого захисний кут повинен складати  $\vartheta = 30^\circ$

Допускається використання світильників місцевого освітлення з відбивачами, які мають захисний кут від  $10^\circ$  до  $30^\circ$  при їх розміщенні нижче від рівня очей робітника.

Захисним кутом світильника називається плоский кут між горизонтальною лінією та лінією, яка з'єднує нижній край джерела світла з протилежним краєм відбивача .

Виконаємо розрахунок захисного кута для світильника з лампою розжарення за формулою [19]:

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{H}{R + r} \quad (8.3)$$

де  $H$  – відстань від тіла розжарення лампи до рівня вихідного отвору світильника, мм;

$R$  – радіус вихідного отвору світильника, мм;

$r$  – радіус кільця тіла розжарювання лампи, мм.

Для обраного світильника АМО штучного освітлення за заміряним діаметром вихідного отвору визначаємо його радіус  $R = 60$  мм.

Величину  $H$  – відстань від тіла розжарення до вихідного отвору знаходимо як суму відстані від площини отвору до скла балона лампи  $h_1 = 26$  мм та відстані від стінки балону до площини нитки розжарювання  $h_2 = 20$  мм:

$$H = 26 + 20 = 46 \text{ мм.}$$

Величину захисного кута визначаємо за формулою (8.3):

$$\operatorname{tg} g = \frac{H}{R+r} = \frac{46}{60+12} = 0,6389.$$

$$\text{Тоді } g = \arctg 0,6389 = 32,57^\circ.$$

В залежності від величини захисного кута світильника діючі правила штучного освітлення нормують висоту підвішування світильників над столом, враховуючи вимоги обмеження осліплювальної дії.

Потрібно стежити за своєчасною зміною ламп розжарювання, які втратили світловіддачу. Встановлено, що при втраті світлового ефекту лампи на 20% експлуатувати її економічно не вигідно.

Щоб досягти доброї якості освітлення необхідно: підтримувати в освітлювальній мережі необхідний рівень напруги; забезпечити автоматичне вмикання-вимикання освітлення у світлий і темний час роботи; регулярно контролювати освітленість.

Перевіряти освітлювальну установку необхідно у такі терміни:

1. Стан ізоляції мережі робочого освітлення – один раз на рік.
2. Справність переносного трансформатора – один раз на три місяці.
3. Фотометричні вимірювання освітленості основних робочих зон з контролем відповідності потужності лампи – один раз на рік.

Правильна експлуатація ламп і всього освітлення буде сприяти підвищенню продуктивності праці.

### **8.1.5 Органи керування спроектованого пристрою**

До органів керування обладнанням відносяться пристрої, за допомогою яких здійснюється пуск машини, регулювання її руху, зупинка машини. Безпека роботи на обладнанні залежить, перш за все, від конструкції; зручного розміщення і безвідмовної дії органів керування. Вони розміщуються безпосередньо на спеціальному пульті, який віддалений від небезпечної зони. В останньому випадку таке керування називають дистанційним. Дистанційне керування використовують там, де присутність оператора ускладнена чи неможлива або де для його безпеки потрібні громіздкі засоби індивідуального захисту.

Органи керування на обладнанні повинні розміщуватись доступно і зручно для обслуговування з основного робочого місця, не потребують напружених положень тіля працівника, швидко зупиняти механізм і надійно його фіксувати в потрібному положенні. Майданчик, на якому розміщуються органи керування, повинен відповідати особливостям даного робочого місця і бути, по можливості, невеликим. Робітник не повинен вставати (при роботі сидячи), згинатись, порушувати рівновагу при керуванні машиною.

Не рекомендується розміщувати органи керування нижче 0,6 м і вище 1,8 м від підлоги, а по фронту машини – не далі, ніж 0,6 м у правий та лівий бік від основного положення робітника. Зручність обслуговування досягається тим, що рух рукояток, важелів, маховиків пристосовується до звичних людині рухів: подача важеля вперед викликає відповідний рух механізму вперед від себе; обертання ручки за годинниковою стрілкою викликає робочий хід, а проти годинникової стрілки – холостий хід механізму; натискання педалі вниз приводить в рух повзун вниз і т.ін. Форма та розміри ручних органів повинні враховувати характер і важкість виконуваного ними переміщення, але у всіх випадках повинні бути в межах нормальної хватки руки. Зусилля, які прикладаються до рукоятки, регламентуються ГОСТ 7599-73 і приймаються для верстатів в межах 20...260 Н.

На спроектованому пристрої пульт керування розміщений на шафі з електроарматурою. Ввідний автоматичний вимикач встановлений на бічній стінці електрошафи і з його допомогою подається напруга в електромережу пристрою.

Найзручнішим і найбезпечнішим є кнопкове керування, яке використовується на спроектованому пристрою. Кнопки пускових пристроїв роблять чорного кольору “втопленими” в корпус коробки на 3-5 мм з метою запобігання від випадкового натискання. Кнопки для зупинки пристроїв – червоного кольору дещо більшого розміру і які виступають з корпусу коробки або панелі на 3 мм. Органи керування повинні мати чітко і ясно виконані написи або символи, які пояснюють назву кожного органу.

Для усунення випадкового вмикання механізму в хід всі ручні органи керування забезпечуються фіксаторами, що не допускають такого вмикання.

#### **8.1.6 Огороджувальні та запобіжні пристрої**

На підприємствах машинобудування широко розвинута техніка огороджувальних та запобіжних пристроїв.

Огорожі влаштовують для захисту обслуговуючого персоналу від стикання з рухомими частинами машин, передач, механізмів та від уламків деталей під час аварій, а також від стружки та інших відходів при обробці деталей.

Запобіжні пристрої використовуються з метою запобігання аварій та поломки окремих частин устаткування і усунення небезпеки травмування робітників.

Проектуючи і виготовляючи машини-двигуни та машини-знаряддя, слід створювати безпечні контури механізмів; розміщувати приводні механізми всередині машини чи верстата; розташовувати небезпечні вузли на безпечній відстані для осіб, які обслуговують установку чи машину; встановлювати органи керування машиною в безпечних та зручних місцях для обслуговуючого персоналу; застосовувати автоматичне або механізоване подавання та

розвантажування матеріалів; влаштовувати безпечні системи пуску і зупинки; передбачати умови безпечного монтажу і ремонту устаткування.

На території заводу та в цехах слід огороджувати люки, ями, різні канали і прорізи. Огороджуються також високо розміщені робочі майданчики. Конструкція таких огорож повинна запобігати падінню з висоти людей, а також різних важких предметів, інструменту, матеріалів.

Огороджувальні пристрої поділяються на тимчасові та постійні.

Тимчасові (переносні) огорожі застосовують під час проведення роботи на нестационарних робочих місцях, наприклад, під час монтажу і ремонту, а також при періодичному обслуговуванні різних пристроїв та агрегатів. До них належать переносні щити, ширми, екрани та інші засоби захисту від іскр, бризок розжареного металу, шкідливих випромінювань, а також струмоізолюючі і теплоізолюючі пристрої.

Постійні огорожі встановлюють, як правило, біля стаціонарних машин для ізоляції небезпечних зон. За конструктивним оформленням постійні огорожі виконуються як невід'ємна частина машин, верстата або вузла. Зовнішня їх поверхня фарбується в колір машини, а внутрішня – червоним чи оранжевим кольором, який сигналізує про небезпеку роботи при відкритій огорожі.

Для створення безпечних умов роботи застосовують блокуючі пристрої. Блокуванням в огороженні машин і верстатів називають систему пристроїв, що призначені для зупинки механізму або попередження його пуску при виникненні небезпеки травматизму чи аварії.

У всіх випадках огорожі рухомих деталей машин та запобіжні пристрої повинні забезпечувати надійний захист при нормальних умовах роботи; не знижувати продуктивність праці; приводитися в дію автоматично або з мінімальними фізичними зусиллями; захищати не тільки робітника, а й тих, хто знаходиться поблизу.

Проектуючи та виготовляючи огорожі, треба враховувати характер виробництва; його конструктивні особливості; можливість спостереження за



процесом роботи; освітлення; матеріал, який використаний для виготовлення огорожі.

Огорожі, які приводяться в дію вручну, дуже поширені, проте вони не дають повної гарантії того, що робітник під час роботи не потрапить в небезпечну зону. Тому їх необхідно застосовувати разом з блокуванням, яке, крім того, усуває можливість поломки машин, верстатів та устаткування.

Блокування може бути механічним, електричним і фотоелементним. Останнім часом для блокування застосовують електронні пристрої.

На спроектованій установці використовуються блокуючі пристрої для здійснення загальної зупинки установки при натисканні на стопову кнопку. Кнопка своїми контактами відключає ланцюг живлення котушок пускачів двигуна.

Захист електродвигуна від тривалих перевантажень здійснюється тепловим реле.

## **8.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях**

Безпека життєдіяльності – складова частина загальнодержавних, соціальних і оборонних заходів, які проводяться в мирний і військовий час в цілях захисту населення і народного господарства від наслідків аварій, катастроф, стихійних лих, а також від сучасних засобів масового поразення.

Стійкість роботи підприємств народного господарства – вироблення продукції в надзвичайних ситуаціях, не тільки мирного, але й військового часу, здатність виробляти продукцію потрібної якості і конкурентноздатності.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства складають споруди і будівлі, в яких розміщуються виробничі цехи, технологічне обладнання, будівлі енергетичного господарства, системи енергопостачання, інженерні і поливні комунікації, окремо розташовані технологічні установки, мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку і управління, складське господарство, різноманітні будівлі і споруди адміністрації.

Принципи стійкості роботи об'єктів народного господарства в надзвичайних ситуаціях є єдина нормативна і директивна база, яка включає:

- 1) Конституцію України.
- 2) Закон про цивільну оборону України.
- 3) Положення по цивільній обороні.
- 4) Нормативні документи по стійкості роботи об'єктів.
- 5) Директиви начальника штабу ЦО України.

Стійкість роботи підприємства складається: стійкості інженерно-технічного комплексу (будівлі, споруди, системи енерго-, газо-, водо-забезпечення, технологічного обладнання і т.д.) до дії зовнішніх факторів при аваріях, катастрофах, стихійному лихові, а також при застосуванні щодо них сучасної зброї; стійкості виробничої діяльності (захист виробничого персоналу, надійність систем управління, постачання, поновлення роботи в найкоротший термін).

Під стійкістю роботи об'єктів, які не виробляють матеріальних цінностей, розуміють їх можливість виконувати свої функції в умовах надзвичайних ситуаціях.

Фактори, від яких залежить стійкість роботи об'єктів в надзвичайних ситуаціях мирного і військового часу:

- надійність захисту робітників і службовців.
- безпечність розташування об'єкту відносно зон можливих зруйнувань.
- можливість інженерно-технічного комплексу протистояти ударній хвилі будь-якого вибуху і вражаючим діям ядерної зброї.
- безперервне постачання електроенергії, палива і всім необхідним для випуску продукції
- надійність керування виробництвом, силами і засобами цивільної оборони
- підготовленість підприємства до поновлення виробництва і проведення РІНР.

### 8.2.1. Оцінка стійкості об'єкту при дії електромагнітного поля, імпульсу СВЧ, УВЧ, радіочастот на елементи виробництва та інженерно-технічний комплекс. Способи захисту

В процесі виготовлення виробів з пластмас широкого методу набула обробка (підігрів) сировини методом індукційного діелектричного нагріву струмом підвищеної і високої частоти. Поряд з високою економічністю ефективністю впровадження цього методу дозволяє значно покращити умови праці в цехах. Так при заміні даного типу обладнання на нове із використанням вище згаданого методу, різко знижується забруднення повітря в робочих приміщеннях і внаслідок великої швидкості підігріву різко знижується час і інтенсивність опромінення працюючих променевою тепловою енергією.

На рисунку 8.2. показаний метод захисту від електромагнітних хвиль і шкідливого опромінення, а саме методом екранування.

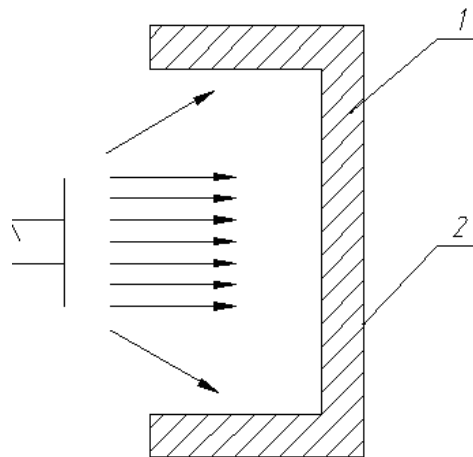


Рисунок 8.2 - Метод екранування.

1- поглинаюче покриття, 2 - екран

Працюючі високочастотні індукційні пристрої випромінюють електромагнітну енергію в робочу зону, яка шкідливо діє на організм людини, якщо не прийняти певних мір безпеки. Тому при встановленні і експлуатації даних об'єктів промислової електроенергії, а також при монтажі і налагодці важливо дотримуватись основних вимог техніки безпеки.

Відомо, що навколо провідника з струмом виникають одночасно і електричне, і магнітне поле. При змінному струмі електричне і магнітне поле пов'язане між собою і тому їх розглядають, як єдине електромагнітне поле. Електромагнітне поле високих і надвисоких частот може самостійно поширюватись в просторі, в якому нема провідників електричного струму, з швидкістю, близькою до швидкості світла. При цьому поширюючись у просторі, електромагнітне поле несе з собою енергію.

Електромагнітне поле змінюється з тією ж частотою, що і струм, який утворив дане поле.

Частота коливань  $f$  і період коливань поля  $T$  величини обернено пропорційні

$$f = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{f}$$

Відстань, на яку поширюється поле за один період – довжина електромагнітної хвилі  $l$  можна знайти за формулою

$$l = cT = \frac{v}{f}$$

де  $v$ - швидкість поширення електромагнітної хвилі в даному середовищі.

Швидкість поширення електромагнітної енергії залежить від діелектричної сталої  $\epsilon$  і магнітної проникливості середовища  $\mu$ . Для повітря  $\epsilon = 1$  і  $\mu = 1$ , а швидкість поширення електромагнітної енергії в порожнині  $C = 3 \times 10^{10}$  см/сек. Тому для порівняння (в повітрі)  $v = C = 3 \times 10^{10}$  см/сек., або 300000 км/сек.

В таблиці 8.1 приведено прийнята в теперішній час класифікація електромагнітних полів діапазону радіохвиль.

Вплив електромагнітних полів різних частот на організм людини залежить від характеру поля, створеного сепаратором на робочому місці.

Простір робочої ділянки біля джерела високо частотних полів може бути як зоною індукції, так і зоною випромінювання, в залежності від частоти індукційного пристрою і відстані від джерела випромінювання до робочого

місця. Встановлено, що на відстані від джерела не більше  $1/6$  довжини хвилі переважають поле індукції, і цей простір умовно рахується зоною індукції, а на більш далеких відстанях поле випромінення, і цей простір називають зоною випромінювання.

Таблиця 8.1. Класифікація електромагнітних полів.

Спектр хвиль	Частота хвиль	Довжина хвиль м
Довгі середні	$3 \times 10^4$ , $3 \times 10^5$ високі	100000 – 1000
	$3 \times 10^5$ , $3 \times 10^6$ частоти	1000 – 100
Короткі ультракороткі	$3 \times 10^6$ , $3 \times 10^7$	100 – 10
	$3 \times 10^7$ , $3 \times 10^8$ ультрависокі	10 – 1
Дециметрові сантиметрові міліметрові		

Джерела створення полів високої і ультрависокої частоти є

- елементи коливного контуру;
- високочастотний трансформатор;
- лінії передач;
- робочий контур.

Розподіл інтенсивності електромагнітного поля в приміщенні може змінюватись в результаті багаторазових відбивань хвиль від стін, стелі, підлоги і предметів. Інтенсивність електромагнітного поля коливається в залежності від потужності індукційного пристрою, відстані робочого місця від джерела випромінювання і відбивань від різних поверхонь. Степінь впливу електромагнітних полів на людину залежить в першу чергу від інтенсивності опромінення. З інших факторів потрібно враховувати такі, як тривалість дії і діапазон частот.

При впливі електромагнітних полів на організм людини проходить часткове поглинання їх енергії тканинами тіла. Під дією високочастотних

електромагнітних полів іони тканини проходять в рух, тобто в тканинах виникають високочастотні струми, які супроводжуються тепловим ефектом. Довгий і систематичний вплив на організм людини електромагнітних полів різних частот великої інтенсивності може викликати підвищену втомленість, головну біль, сонливість, порушення сну, гіпертонію і біль в серці. Під впливом електромагнітних полів надвисоких частот спостерігаються зміни в крові, погіршення зору, а окремих людей – нервово психічні захворювання, випадання волосся, ломкість нігтів.

Для попередження професійних захворювань українським законодавством встановлені попередні і періодичні медичні огляди, а також медичний огляд при відборі осіб, які направляються на роботу з високочастотними приладами.

Для вимірювання інтенсивності опромінення на робочих місцях користуються приладами, спеціально розробленими для гігієнічної оцінки умов праці, а саме ИНЕП-50; ИНЕП-2; ИЕМП-2; ПО-2.

Для пристроїв високої частоти, санітарні норми допускають напруженість електричного поля середніх і довгих хвиль в розмірі не більше 5 В/м, за виключенням індукційних складових.

Для діапазону сантиметрових і дециметрових хвиль допустимі величини інтенсивності опромінення диференційовані з врахуванням фактора часу.

- при опроміненні на протязі усього робочого дня, не більше  $0,01 \text{ мВт/см}^2$  ( $10 \text{ мкВт/см}^2$ );
- при опроміненні не більше 2 год за робочий день не більше  $0,1 \text{ мВт/см}^2$  ( $100 \text{ мкВт/см}^2$ );
- при опроміненні не більше 15-20 хв за робочий день – не більше  $1 \text{ мВт/см}^2$  ( $1000 \text{ мкВт/см}^2$ )

Основними принципами розробки засобів захисту від впливу електромагнітних хвиль при роботі високочастотних пристроїв є:

- 1) зменшення випромінювання в самому джерелі;
- 2) екранування джерела випромінювання;

- 3) екранування робочого місця;
- 4) застосування індивідуальних засобів захисту.

В залежності від діапазону частот, типу джерела випромінення, його потужності і характеру роботи, може використовуватись один із вказаних видів захисту або інша його комбінація.

В діапазоні великих частот для зменшення напруженості електромагнітного поля на робочих місцях рекомендується два типи захисту:

- 1) окреме екранування джерел електромагнітних полів.
- 2) повне екранування джерел електромагнітних полів.

Екранування високочастотних частин індукційного пристрою здійснюється листами алюмінію, або заліза товщиною не менше 0,5 мм.

Високочастотний пристрій в загальному приміщенні, екранується разом з усіма огороженнями загальним кожухом. Якщо пристрій розміщений в окремому приміщенні, можна екранувати все приміщення. В цьому випадку панель керування пристрою повинна бути винесена за межі екранування. Кожний екран повинен заземлюватись.

Для запобігання опромінення працюючих потрібно забезпечити індивідуальні засоби захисту: халати, або комбінезони з тканини, відбиваючих електромагнітних хвиль, спеціальними захисними окулярами.

Для зменшення відбивання електромагнітних хвиль в приміщенні стіни і стелю покривають крейдовою фарбою, або спеціальними поглинаючими матеріалами (резиновими ковриками, магнітодіелектричними пластинами).

Для стійкості роботи об'єкту при дії електромагнітного поля потрібно належним чином забезпечити захисні елементи. Покращити стійкість будівель до опромінення згаданими вище методами. Дотримуватись всіх правил і норм встановлених законодавством по дотриманню техніки безпеки, охорони праці і індивідуального захисту, а також підтримування сил цивільної оборони в постійній готовності.

## 8.2.2. Практична оцінка стійкості цеху виготовлення пластмасових труб до впливу ударної хвилі у випадку вибуху горючого газу

Руйнування й uszkodження будинків, споруд, технологічних установок, емкостей і трубопроводів на підприємствах із вибухо-, пожежонебезпечною технологією може привести до витікання газоподібних чи зріджених вуглеводневих продуктів. При перемішуванні вуглеводневих продуктів з повітрям утворюються вибухо- чи пожежонебезпечні суміші.

Найбільш розповсюдженими вибухо- та пожежонебезпечними сумішами є суміші з повітрям вуглеводневих газів: метану, пропану, бутану, етилену, й ін. Вибух чи загоряння цих газів настає при визначеному вмісті газу в повітрі. Наприклад, вибух пропану можливий при вмісті в  $1 \text{ м}^3$  повітря 21 л газу, а загоряння - при 95 л.

При вибуху газо-повітряної суміші утвориться вогнище вибуху, з ударною хвилею, що викликає руйнування будинків, споруд і устаткування аналогічно тому, як це відбувається в результаті впливу ударної хвилі ядерного вибуху.

У вогнищі вибуху газо-повітряної суміші прийнято виділяти три кругові зони (рис. 8.3):

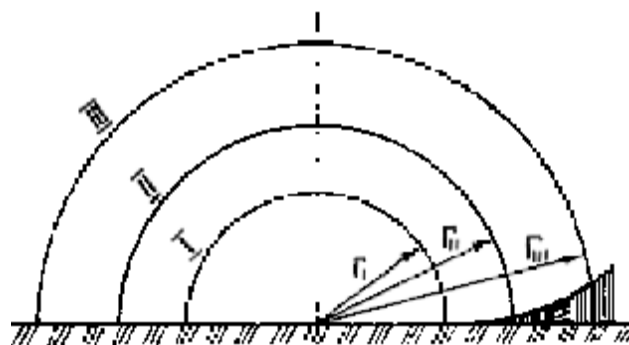


Рисунок 8.3 Зони вогнища вибуху газо-повітряної суміші:

I - зона детонаційної хвилі; II-зона дій продуктів вибуху; III - зона повітряної ударної хвилі;  $r_I$ ,  $r_{II}$ ,  $r_{III}$  - радіуси відповідних зон



Зона детонаційної хвилі (зона I) знаходиться в межах хмари вибуху. Радіус цієї зони  $r_I$ , м, приблизно може бути визначений по формулі

$$r_I = 17.5 * \sqrt[3]{Q} \quad (8.4) \quad [17, \text{ст. 72}]$$

де  $Q$  — кількість зрідженого вуглеводневого газу, т.

У межах зони I діє надлишковий тиск, що може прийматися постійним,  $DP_I = 1700$  кПа.

Зона дії продуктів вибуху (зона II) охоплює всю площу розкидання продуктів газо-повітряної суміші в результаті її детонації. Радіус цієї зони  $r_{II} = 1,7r_I$ .

Надлишковий тиск у межах зони II  $DP_{II}$  змінюється від 1350 кПа до 300 кПа і може бути визначений по формулі

$$DP_{II} = 1300 * \frac{\alpha_I \cdot \delta^3}{e \cdot r \cdot \varnothing} + 50 \quad (8.5)$$

де  $r$  - відстань від центра вибуху до місця, що розглядається, м.

У зоні дії повітряної ударної хвилі (зона III) формується фронт ударної хвилі, що поширюється по поверхні землі. Надлишковий тиск у зоні III  $DP_{III}$  в залежності від відстані до центра вибуху  $L$  може бути розрахований по формулах.

Для цього попередньо визначається відносна величина

$$Y = 0.24 \frac{r_{III}}{r_I} \quad (8.6)$$

де  $r_I$  - радіус зони I;  $r_{III}$  - радіус зони III або відстань від центра вибуху до місця, у якому потрібно визначити надлишковий тиск повітряної ударної хвилі, кПа,  $(r_{III}^3 - r_{II}^3)$ .

$$\text{При } Y \leq 2 \quad DP_{III} = \frac{700}{3 * (\sqrt{1 + 29.8 * Y^3} - 1)} \quad (8.7)$$

$$\text{При } Y > 2 \quad DP_{III} = \frac{22}{Y * \sqrt{1.9Y + 0.158}} \quad (8.8)$$

Для визначення надлишкового тиску на визначеній відстані від центра

вибуху необхідно знати кількість вибухонебезпечної суміші, що зберігається в ємкості чи агрегаті.

Характер руйнувань будинків, споруд і устаткування, а також ступінь ураження людей, викликані впливом надлишкового тиску при вибуху газоповітряних сумішей, приблизно можуть прийматися такими ж, як і при вибуху ядерних боєприпасів. Тому в розрахунках по оцінці стійкості об'єкта до впливу вторинних вибухів можна користуватись даними, приведеними в додатку 2 [17].

Однак необхідно враховувати, що для оцінки наслідків у зонах I і II (детонаційної хвилі і дії продуктів вибуху) дані додатки 2 можуть бути використані лише для вибухів ємкостей місткістю 100 т і більше. При вибуху менших ємкостей вплив детонаційної ударної хвилі варто оцінювати за даними для звичайного тротилового заряду.

Розрахунок.

Потрібно визначити надлишковий тиск, який очікується в районі цеху виготовлення масла при вибуху ємкості, у якій знаходиться 600 т зрідженого пропану.

Вихідні дані: відстань від ємкості до цеху 900 м.

Будівля цеху – залізобетонна;

Технологічне обладнання – легкі верстати;

Наземні кабельні мережі та трубопроводи на металевих естакадах.

Рішення:

1. Визначаємо радіус зони детонаційної хвилі (зони I)

$$r_I = 17.5 \cdot \sqrt[3]{Q} = 17.5 \sqrt[3]{600} = 17.5 \cdot 8.4344 = 147.6 \text{ м.}$$

2. Визначаємо радіус зони дії продуктів вибуху (зони II)

$$r_{II} = 1.7 \cdot r_I = 1.7 \cdot 147.6 = 251 \text{ м.}$$

3. Порівнюючи відстань від центра вибуху до цеху (900 м) зі знайденими радіусами зони I (147,6 м) і зони II (251 м), робимо висновок, що цех перебуває за межами цих зон і, отже, може виявитися в зоні повітряної ударної хвилі (зоні III). Далі знаходимо надлишковий тиск на відстані 900 м,

використовуючи розрахункові формули для зони III і приймаючи  $r_{III} = 900$  м.

Для цього визначаємо відносну величину  $Y$  :

$$Y = 0.24 \frac{r_{III}}{r_I} = 0.24 \frac{900}{147.6} = 1.46$$

Так як  $Y < 2$ , то

$$DP_{III} = \frac{700}{3 * (\sqrt{1 + 29.8 * Y^3} - 1)} = \frac{700}{3 * (\sqrt{1 + 29.8 * 1.46^3} - 1)} = 27 \text{ кПа}$$

Пошкодження цеху виготовлення пластмасових труб внаслідок дії ударної хвилі величиною 27 кПа показано в таблиці 8.2 (додаток 2, [17]):

Будівля із бетону зазнала середніх руйнувань (стікність 20-30 кПа);

Технологічне обладнання – сильні і частково повні руйнування (стікність 15-25 кПа);

Наземні трубопроводи на металевих естакадах – слабкі руйнування (стікність 20-30 кПа);

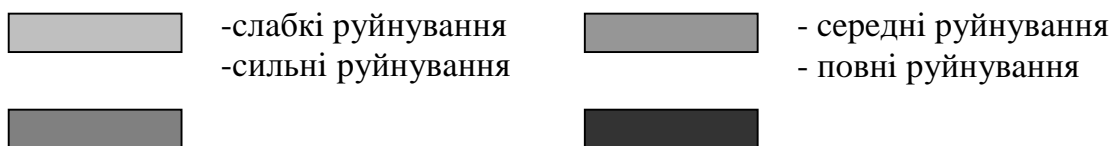
Наземні кабельні мережі – слабкі руйнування (стікність 10-30 кПа).

Висновок: внаслідок вибуху 600 т зрідженого пропану цех виготовлення пластмасових труб опиниться під дією повітряної ударної хвилі із надлишковим тиском порядку 27 кПа. Внаслідок цього спостерігаються слабкі та середні руйнування цеху та технологічного обладнання.

Щоб підвищити стійкість цеху та обладнання до ударної хвилі величиною 27 кПа, можна підняти стійкість цеху на 10 кПа. Це створить додаткові умови захисту технологічного обладнання від ударної хвилі. Стійкість цеху можна підняти різними методами, наприклад відновленням додаткових зв'язків між несучими елементами, каркасами, рамами, опор для зменшення прольоту несучих конструкцій, а також за рахунок застосування більш міцних матеріалів.

Таблиця 8.2 Результати оцінки руйнувань внаслідок вибуху газоповітряної суміші

Найменування цеху	Елементи цеха і їх коротка х-ка	Степінь руйнувань при $DP_{\phi}$ , кПа										Границя стійкості, кПа	Вихід з ладу %	Приміт			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100				110		
Виготовлення пластмасових труб	Будівля: Залізобетон														30	20	Межа стійкості 27 кПа.
	Технологічне обладнання:														25	15	
	Комунікаційно-енергетичні системи:														30	10	
	Трубопровід на металевих естакадах														30	10	
	Кабельні мережі наземні														30	10	



Стіни цеху для підвищення їх міцності частково обсіпаються ґрунтом. Щоб уникнути пошкодження обладнання уламками конструкцій, які руйнуються, потрібно раціонально компоувати його при об'ємно-планувальному рішенні підприємства.

## 9 ЕКОЛОГІЯ

### 9.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Господарська діяльність людини зумовила пошкодження і вичерпування природних ресурсів, що приводить до деформації сформованих протягом багатьох років природного кругообігу речовин та енергетичних потоків на планеті. Внаслідок цього почалося прогресуюче руйнування біосфери Землі, що може набути характеру незворотніх процесів і навколишнє середовище може стати непридатним для існування.

Наряду з утилізацією вторинних матеріальних ресурсів великі перспективи має використання вторинних паливо-енергетичних ресурсів технологічних установок і, в першу чергу, тепла димових газів металургійного виробництва і нагрівальних печей. Якщо врахувати, що затрати енергії і палива на виробництво промислової продукції досягають 15% її собівартості, то стає очевидним, що цей аспект виробництва заслуговує уваги.

Протягом останніх років розроблені нові більш надійні способи утилізації тепла і установки для їх реалізації, про що говорить велика кількість патентів, отриманих в різних країнах світу.

Для усунення можливості виникнення аварійних ситуацій, які спричиняють забруднення навколишнього середовища радіоактивним випромінюванням, необхідно підвищити надійність роботи АЕС.

При згорянні органічного палива з відхідними газами в атмосферу виділяються шкідливі речовини. Їх склад і кількість залежать від виду палива. Найбільш раціональним міроприємством для зменшення теплових забруднень атмосфери нагрівними установками є ліквідація малих установок завдяки розвитку централізованого теплопостачання. Покращення палива перед згорянням для зменшення забруднення середовища особливо доцільно, якщо воно згоряє в котельнях малої потужності, оскільки в них для очистки

димових газів практично можна застосувати лише інерційні газоочистні установки. Робота на димових газах з дрібнодисперсними домішками має низьку ефективність. До того ж при використанні інерційних газоочистних установок необхідно застосовувати димососи, але це створює незручності, оскільки для їх розміщення потрібна додаткова площа, а при роботі вони створюють значний шум.

## **9.2 Забруднення довкілля, що виникає в результаті експлуатації спроектованого пристрою**

Детальний аналіз конструкції та умов роботи спроектованої в даній дипломній роботі автоматичної лінії для виготовлення пластмасових труб показує, що в процесі її експлуатації виникають наступні фактори, які можуть в тій чи іншій степені забруднювати навколишнє середовище:

- теплове випромінювання від ванни, в якій відбувається нагрів зразків для випробувань;
- пари нагрітого мастила, в якому досліджуються пластмасові зразки;
- механічні вібрації, що виникають при роботі електро-механічного приводу підймання-опускання зразків та прикладання навантаження;
- шум від установки, що виникає при роботі її електромеханічних вузлів.

Слід відмітити, що два останні фактори – вібрації та шум – в даній установці створюють настільки незначний вплив на довкілля, що спеціальних міроприємств по захисту останнього від їх впливу не передбачається. Справа в тім, що і вібрації і шум виникають тільки при роботі двох мікроелектродвигунів УАД-54 потужністю всього 60 ват, які працюють короткочасно ( не більше однієї хвилини), по черзі і тривалість їх роботи на протязі одного циклу випробувань не перевищує 5%.

Що ж до теплового випромінювання та випаровування мастила, то негативний вплив їх на навколишнє середовище може бути більш суттєвим, і тому в виробничому приміщенні, де планується експлуатація спроектованого пристрою, потрібно виконати деякі заходи по охороні навколишнього середовища від вищезгаданих факторів.

### **9.3 Заходи по зменшенню забруднення довкілля**

#### **9.3.1 Вплив промислових викидів в атмосферу на здоров'я людей, рослинний та тваринний світ**

Важливою проблемою при захисті навколишнього середовища є дотримання екологічних вимог при експлуатації механічного обладнання підприємств, споруд та при інших видах діяльності. Ці вимоги можна реалізувати на підставі впровадження та більш ефективного використання природоохоронних заходів, серед котрих чільне місце посідають заходи щодо попередження забруднення атмосфери, оскільки будь-яке порушення чистоти атмосферного повітря обов'язково впливає на стан води та землі.

У зв'язку з цим заходи з охорони повітря повинні забезпечувати збереження рослинного та тваринного світу. Таким чином, охорона навколишнього природного середовища від шкідливого біологічного впливу вимагає комплексного підходу до вирішення проблеми попередження забруднення атмосфери та води викидами промислових підприємств.

Під забрудненням атмосферного повітря розуміють збільшення концентрації фізичних, хімічних та біологічних компонентів понад рівень, що виводить природні системи зі стану рівноваги. Серед промислових викидів основними джерелами забруднення повітря є технологічні та вентиляційні викиди ( світлові та вентиляційні ліхтарі цехів, труби вентиляційних установок тощо) неперервної дії, котрі складають близько 80% від загальної кількості викидів. надзвичайно важливою особливістю таких викидів, з точки зору

забруднення атмосфери, є те, що максимальні концентрації шкідливих речовин існують у максимальній близькості від місця їхнього виникнення, а не на п'ятнадцятикратній від висоти труб віддалі, що притамано для високих джерел.

Отже, промислові викиди в атмосферу несприятливо впливають перш за все на людину та на навколишнє природне середовище, а найбільш важкі форми прояву спостерігаються на промислових майданчиках та прилеглих до них територіях. Саме тут виникають найбільш високі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі, котрі перевищують гранично допустимі концентрації в 2-5, а нерідко і в більше разів, і саме на цих територіях акумулюється їхня основна маса ґрунтом та поверхнею водоймищ. У зв'язку з цим особливо гострою є проблема запобігання забруднення атмосфери міст, де зосереджена більша частина населення та промисловості.

Промислові викиди в атмосферу поширюються на значні відстані, забруднюючи приземний шар повітря не лише на промислових майданчиках, але й на прилеглих населених територіях. Суттєвий вплив на рівень забруднення справляють організовані та неорганізовані технологічні викиди. Існуюча нормативно-технічна документація допускає граничне забруднення повітряного середовища в місцях повітроприймальних пристроїв систем промислової вентиляції не більше 0,3 ГДК (гранично допустимих концентрацій), а забруднення повітряного середовища викидами з вентиляційних систем не повинне перевищувати 1 ГДК.

Систематична або періодична наявність в атмосферному повітрі населених пунктів шкідливих речовин з концентраціями, що перевищують нормативні величини, призводить до зазворювань, навіть ракових, до поширення серед частини населення токсикоманії, ускладнює перебіг серцево-судинних захворювань, сприяє виникненню та розвитку захворювань дихальної та нервової систем людини.

Дослідження показують, що в місцевостях з порівняно невисоким рівнем забрудненості повітряного середовища частота захворювань органів дихання зростає в 2 та більше разів, а при високому рівні забруднення – в 4-10 разів.



Від впливу забруднюючих речовин в першу чергу страждають діти. Шкода, котрої зазнають діти, в декілька разів перевищує шкоду, завдану здоров'ю дорослих. Про це свідчать результати досліджень, проведених фахівцями Каліфорнійського університету. І трагедія, котра сталася в Чернівцях в 1988 році, цей висновок підтверджує. На зростання шкідливих викидів в першу чергу зреагували діти. У дітей, котрі мешкали в центрі міста повністю або частково стало випадати волосся.

Встановлено, що постійне перевищенні допустимої концентрації лише одного з видів контрольованих забруднюючих речовин призводить до підвищення захворюваності в 1,7 раза, а в деяких вікових групах – до трьох разів.

Забруднення атмосфери справляє також безпосередній вплив на фасади будівель, декоративні прикраси, автомобілі, пам'ятники, одяг тощо. Наприклад, згідно з дослідженнями лабораторії економіки Сумського філіалу ХПІ, у Волинській області, де чисте повітря, фарбування автомобілів здійснюється один раз на два роки, а на Донбасі – два рази на рік.

Викиди токсичних речовин (сірчистого та сірчаного ангідридів, сірководню, аміаку, пилу) скорочують термін експлуатації одягу на 5%, зумовлюють необхідність частого прання, зниження прозорості скла в будівлях та спорудах, що викликає підвищену витрату електроенергії. Результати досліджень показують, що в місті з населенням 100 тис. Чоловік, додаткові витрати на експлуатацію житлових та громадських будівель складають більше 35%, на побутові потреби – 18%, на прибирання території в зв'язку з пиловими викидами – 15%, витрати, пов'язані зі зростанням споживання води – на 10%.

Згідно з нормативно-технічною документацією нормування якості навколишнього природного середовища здійснюється з метою встановлення гранично допустимих норм впливу на навколишнє середовище, що гарантує екологічну безпеку населення та збереження генетичного фонду, забезпечує раціональне використання і відтворення природних ресурсів за умов стійкого

росту господарської діяльності. В Україні розроблені та діють нормативи ГДК, перевищення яких за певних умов негативно діє на здоров'я людини.

В таблиці 9.1 приведені ГДК деяких найбільш поширених шкідливих речовин. Як видно навіть з цього невеликого переліку, нижня межа токсичності шкідливих речовин, тобто їх ГДК суттєво відрізняється.

Таблиця 9.1 Гранично допустимі концентрації (ГДК) в мг/м<sup>3</sup> деяких шкідливих речовин для повітря населених місцевостей

Речовина	ГДК <sub>сд</sub>	ГДК <sub>мр</sub>	К
Тверді речовини (пил)	0,15	0,2	3,0
Двоокис сірки	0,05	0,5	1,0
Двоокис азоту	0,04	0,085	
Окис азоту	0,06	0,4	1,2
Окис вуглецю	3,0	5,0	60
Аміак	0,04	0,2	4,0
Хлористий водень	0,2	0,2	4,0
Ціанистий водень	0,01	-	0,2
Окис кадмію	0,001	-	0,02
Свинець	0,0003	0,03	0,006
Сірководень	0,005	0,03	0,1
Бенз(а)пірен	0,000001	-	0,00002
Фенол	0,003	0,01	0,06
Формальдегід	0,003	0,035	0,06
Фтористий водень	0,005	0,2	0,1

Примітка: 1) ГДК<sub>сд</sub> – середньодобова гранично допустима концентрація забруднювача в повітрі, котра не справляє на людину опосередкованої шкідливої дії при цілодобовому вдиханні; 2) ГДК<sub>мр</sub> – максимальна разова гранично допустима концентрація забруднювача в повітрі, що не викликає рефлекторних реакцій в організмі людини; 3)  $K = \frac{\text{ГДК}_{\text{сд}}^{\text{речовини}}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}^{\text{SO}}}$

На територіях, які підлягають посиленій охороні, встановлюють більш жорсткі вимоги – ГДК повинні бути зменшені на 20%.

### 9.3.2 Захист від теплового випромінювання

Згідно з методикою випробувань на теплостійкість, пластмасові зразки в процесі досліджень нагріваються у масляній ванні. Максимальна температура мастила може досягати  $200...220^{\circ}\text{C}$ . Для зменшення до мінімуму тепловіддачі, зазор між стінками термокамери заповнений термоізоляційним матеріалом 1 (рис. 9.1). Крім того, в процесі випробувань ванна закривається герметичною кришкою 2. Таке конструктивне виконання зменшує енергоємність установки при нагріві зразків і захищає навколишнє середовище від теплового випромінювання в процесі роботи.

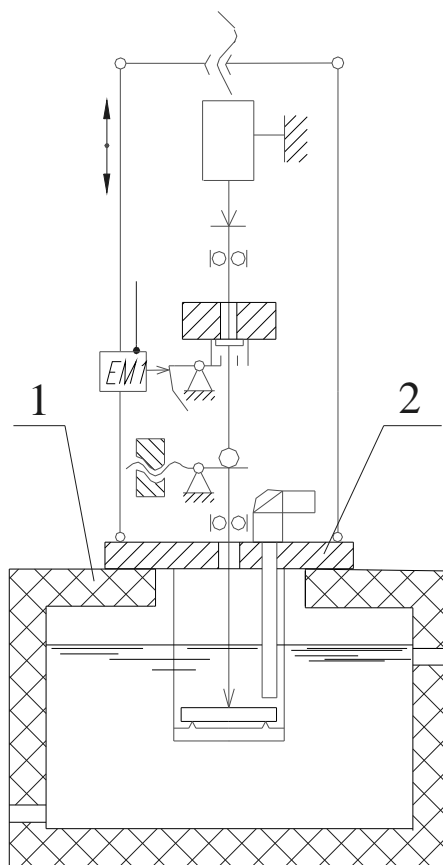


Рисунок 9.1-Конструкція термокамери

Для охолодження ванни в періоди між випробуваннями можна застосовувати два способи. При інтенсивних випробуваннях мастило охолоджується водяною системою охолодження. При цьому водяний радіатор розміщений за межами приміщення лабораторії (на дворі) і з'єднаний з пристроєм трубопроводом. При менш інтенсивних випробуваннях (2...3 на зміну) ванну можна охолоджувати з допомогою вентилятора, попередньо знявши з неї кришку. Тепле повітря при цьому потрібно видаляти з допомогою витяжної вентиляції.

### **9.3.3 Захист від парів мастила**

Поскілки максимальна температура ванни може досягати 220<sup>0</sup>С, то для того, щоб ні в якому разі не доводити мастило у ванні до кипіння, слід застосовувати мастило із температурою кипіння більшою 250<sup>0</sup>С (наприклад, мастило “Вапор”). Крім того, ванна в процесі дослідження весь час герметично закрита. Кришка з ванни знімається тільки при заміні зразків. Пари, які в цей період потрапляють в навколишнє середовище, слід відсосувати місцевою вентиляцією. Тому робочий участок в лабораторії, де планується експлуатувати пристрій, повинен бути в обов'язковому порядку обладнаний місцевою витяжною вентиляцією.

Отже при дотриманні перерахованих вище вимог щодо теплового випромінювання, впливу шуму, вібрацій і електромагнітних завад електродвигунів пристрою експлуатація пристрою не буде створювати значного впливу на довкілля. Що ж до виготовлення пристрою, то тут актуальним є використання нових технологій і методів обробки і виготовлення деталей, які б дозволили зменшити вплив на довкілля.

## **Висновки**

В цьому розділі розглянуті загальні питання актуальності охорони навколишнього середовища та проаналізовані основні фактори, які

призводять до забруднення довкілля в результаті експлуатації спроектованого пристрою. Описані міроприємства, які слід виконувати для зменшення забруднення довкілля від теплового випромінювання ванни, в якій відбувається нагрів зразків для випробувань та від парів нагрітого мастила, в якому досліджуються зразки.

Всі інші фактори, які можуть створювати негативний вплив на навколишнє середовище – вібрації і шум від короткочасної роботи двох електродвигунів потужністю всього 60 Вт – створюють настільки незначний вплив на довкілля, що спеціальних заходів по захисту останнього від їх впливу не передбачається.

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі спроектовано ряд вузлів автоматизованої лінії для виготовлення труб з поліетилену низького тиску.

Зокрема автоматизовано процеси: розплаву полімеру та його безперервне видавлювання з головки пресу у вигляді трубної заготовки; протягування трубної заготовки через калібруючі насадку; остаточне охолодження трубної заготовки водою у ванні; порізка труби на відрізки необхідної довжини.

Спроектовано електричні схеми для управління всіма пристроями вакуумної ванни, тягнучого пристрою, відрізного та приймаючого пристрою.

Проаналізовано та вибрано методи контролю тиску та температури в технологічному процесі екструзії полімерних труб. Підібрано обладнання для автоматизованої системи контролю тиску та температури в технологічному процесі екструзії полімерних труб.

Обчислений річний економічний ефект від впровадження розробленої системи на виробництві.

Приділено увагу питанням охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Конструкционные свойства пластмасс/ Под ред. Э. Бэра – М.: Химия, 1967.-464с.
2. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин. - Київ: Вища школа, 1993.-556с.
3. Красковский Е.Я., Дружинин Ю.А., Филатов Г.М. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем.- М.: Высшая школа, 1991.-480с..
4. Элементы приборных устройств: Курсовое проектирование. В 2-х ч. Ч.2. Конструирование / Н.П. Нестерова, А.П. Коваленко, .Ф.Тищенко и др.; Под ред. О.Ф. Тищенко.-М.: Высшая школа, 1978.-232с.
5. Карпухин И.М. Посадки приборных и шпиндельных шарикоподшипников. Справочник.-М.: Машиностроение, 1978-246с.
6. Курсовое проектирование механизмов РЭС / В.В. Джамай, И.П. Плево, Г.И.Рощин и др.; Под ред. Г.И. Рощина.-М.: Высш. школа, 1991.-246с.
7. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.3. - М.: Машиностроение, 1979.-557с.
8. Беляев Н.М. Соппротивление материалов. – М.: Машиностроение, 1962.-856с.
9. Земляева И.П. Прочность деталей из пластмас.- М.: Машиностроение, 1972.-160с.
10. Хуго И. Конструкционные пластмассы. Свойства и применение.-М.: Машиностроение, 1970.-336с.
11. Пантелеев А.П., Шевцов Ю.М., Горячев И.А. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс.- М.: Машиностроение, 1986.-400с.

12. Мирзоев Р.Г., Кугушев И.Д., Брагинский В.А. и др. Основы конструирования и расчета деталей из пластмасс и технологической оснастки для их изготовления.- Л.: Машиностроение, 1972.-416с.
13. Кестельман Н.Я. Термическая обработка полимерных материалов в машиностроении.- М.: Машиностроение, 1968.-180с.
14. Москатов К.Л. Термическая обработка пластмассовых и резиновых деталей в машиностроении.- М.: Машиностроение, 1972.-105с.
15. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х Т. / Под ред. А. Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972.-540с.
16. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. А.Ф. Горбачевича.-Минск: Высшая школа, 1975.-286с.
17. Сташин В. В., Урусев А. В., Молочащева О. Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтролерах. – М.: Радио и связь, 1991. – 41с.