

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра _____ мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

(підпис) Блаженко С.І.
(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Соколенко А.І.
(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності _____ 131 Прикладна механіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Машини і ресурсозберігаючі технології переробки
упаковки»

на тему: «Модернізація червячного преса для полімерних відходів продуктивністю
250 кг/год»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 15

_____ Пекельний Василь Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Костін Володимир Борисович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма машини і ресурсозберігаючі
(назва)
технології переробки упаковки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПТ
Соколенко А.І.
“8” 04 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Пекельного Василя Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Модернізація червячного преса для полімерних відходів продуктивністю 250 кг/год»

керівник роботи Костін Володимир Борисович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “08” 04 2020 року №260-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 29.05.2020 р.

3. Вихідні дані до проекту :

технічний паспорт обладнання;

кресленники обладнання;

навчальна, нормативна та спеціальна література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити): анотація, зміст, вступ, порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту, опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, вибір конструкційних матеріалів, розрахункова частина, технологія виготовлення деталі, вимоги до монтажу, експлуатації, ремонту, система управління, заходи з охорони праці, висновки, список використаної літератури, специфікація.

5. Перелік графічного матеріалу

загальний вигляд (2 аркуші А1);

кресленники основних вузлів і деталей (2 аркуші А1);

кресленники з технології машинобудування (1 аркуш А1).

ЗМІСТ

Анотація	
Вступ	
1. Вивчення стану питання, літературний огляд джерел інформації та постановка задачі проектування	
2. Постановка завдання на модернізацію	
3. Техніко-економічне обґрунтування	
4. Конструкторські і технологічні розрахунки	
4.1 Визначення параметрів черв'яка	
4.2. Визначення коефіцієнта геометричної форми голівки	
4.3 Продуктивність машини по зоні дозування з урахуванням впливу голівки..	
4.4. Розрахунок потужності приводу.....	
4.5. Розрахунок елементів черв'ячного пресу на міцність.....	
4.6. Тепловий розрахунок.....	
5. Опис технологічного процесу з виготовлення деталі	
6 . Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання.....	
7. Охорона праці при роботі на черв'ячному пресі.....	
Висновки.....	
Література	

					ДП 15 ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Зміст			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	Пекельний									
<i>Перевірів</i>	Костін ВБ									
<i>Т. Контр.</i>										
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>					НУХТ ПУ-4-15					

АНОТАЦІЯ

Тема дипломного проекту «Модернізація черв'ячного преса для полімерних відходів продуктивністю 150 кг/год»

Дипломний проект освітньо – кваліфікаційного рівня “бакалавр» по спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Машини і ресурсозберігаючі технології переробки упаковки»

Дипломний проект містить: 96 стор. загального тексту, 5 креслень формату А1, 16 ілюстрацій, 6 таблиць, 27 джерел інформації.

Мета роботи – модернізація черв'ячного преса з встановленням нової головки і завантажувального пристрою для підвищення надійності.

Модернізований завантажувальний пристрій дозволяє збільшити річну продуктивність.

Ключові слова: черв'ячний прес, лінія грануляції відходів, завантажувальний пристрій, головка стренгова.

					ДП 15 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Пекельний						
Перевір.		Костін ВБ						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
						НУХТ ПУ-4-15		

ВСТУП

На сьогоднішній день значною є проблема поводження з відходами споживання та виробництва. Чільне місце серед них займають полімерні відходи.

Актуальність проблема переробки відходів використаної упаковки зумовлена такими причинами:

- зниження запасів сировини, а саме нафти і газу, з яких отримують полімери;
- висока собівартість перетворення первинної сировини в готовий виріб;
- значне забруднення навколишнього середовища полімерними відходами;
- науково-технічний розвиток в фізико-хімічній модифікації використаної упаковки, які дозволяють забезпечити значний економічний ефект від використання відходів.

По мірі зростання вартості сировини та зменшення ресурсів проблема використання відходів посилюється.

Значну частку відходів складає поліетилен. Використану упаковка з поліетилену направляють до лінії по переробці, яка включає в себе технологічні операції подрібнення, мийки, сушіння сировини та її подачу до екструзійної лінії для гранулювання. Ці процеси здійснюються з метою надання сировині однорідної структури та правильної геометричної форми гранулам у вигляді циліндрів чи кубиків (3 - 8 мм).

Сировина у вигляді гранул придатна для подальшої переробки на екструзійних, валкових, видувних та інших установках у виробі господарського призначення. Значне місце в переробці вторинного поліетилену, зокрема поліетилену низької щільності, займають установки для розплаву і гранулювання сировини – черв'ячні преса, екструдери та ін.

					ДП 15 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Пекельний ВО						
Перевір.		Костін ВБ						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.						НУХТ ПУ-4-15		

1. Вивчення стану питання, літературний огляд джерел інформації та постановка задачі проектування

Є багато різних методів та технологій розроблених в свій час для переробки використаної упаковки, які впроваджені у виробництво і успішно працюють на перший погляд. З прогресом виникають нові пакувальні матеріали, які також потрібно переробляти або ж більш ефективно переробляти вже давно відомі матеріали, тобто покращити якість переробки та зменшити витрати на цю операцію.

В залежності від матеріалу його характеристик, вигляду в якому він поступає на переробку, а також від того що потрібно отримати в результаті пробки застосовують різні технології та різне обладнання, а також різне компонування обладнання в лінії переробки.

1. Загальні принципи

Технологічний процес виробництва дроблених, агломерованих (агломерат) і вторинних гранульованих матеріалів (регранулята) включає стадії попереднього перебирання і сортування, механічного здрібнювання, поділу, відмивання, сушіння, агломерації, гранулювання. Процес може включати одну чи більш стадій у залежності від виду матеріалу відходів, ступеня їхнього забруднення і виду забруднень.

Виробництво виробів із гранульованих вторинних матеріалів включає технології й устаткування, використовувани також і при переробці первинних пластмас, і має на увазі екструзію.

Виходячи в тому числі з характеру кінцевої товарної продукції, загальну схему виробництва можна розбити на наступні етапи (рис. 1):

					ДП 15 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пекельний ВО			Вивчення стану питання, літературний огляд	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Костін ВБ						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Соколенко						
						НУХТ ПУ-4-15		

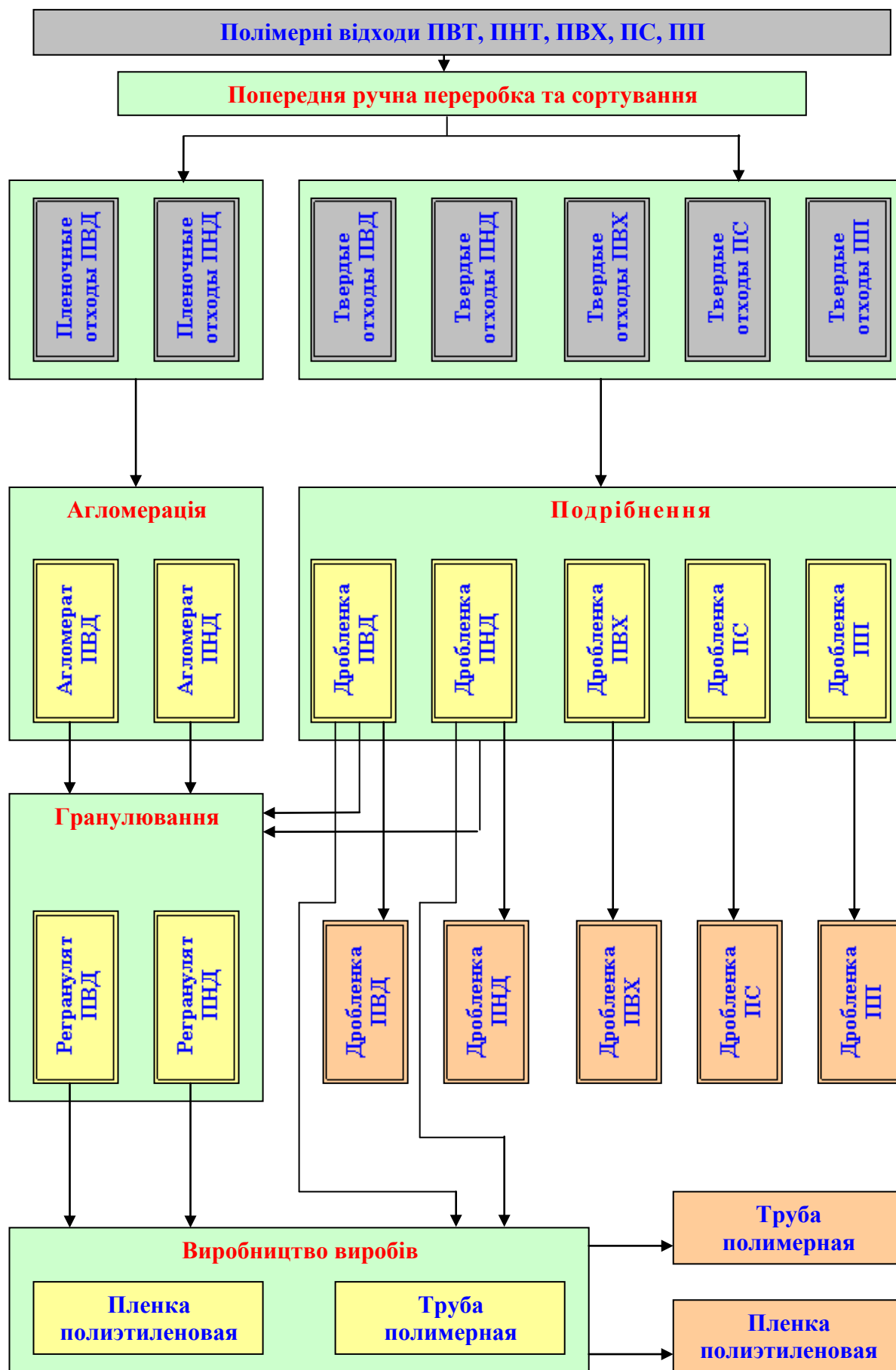


Рис 1 Технологічна схема переробки полімерів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Попереднє ручне перебирання і сортування полімерних відходів.
Стадія поділу відходів на однотипні фракції по типі полімерів і ступеня забруднення.

Одержання дроблених і агломератних полімерних матеріалів.

Стадія здрібнювання, поділу, відмивання, сушіння й агломерації
безпосередньо полімерних плівкових і інших твердих відходів.

Використовуване устаткування - лінії по переробці плівкових полімерних відходів і лінії по переробці твердих полімерних відходів. Одержувана продукція - дроблені полімерні матеріали (ПВД, ПНД, ПВХ, полістирол, поліпропілен) і агломерированні полімерні матеріали (ПВД, ПНД) - може бути реалізована як кінцевий чи товар використаний як сировину для одержання регранулята на другому етапі як добавку до регрануляту при виробництві виробів.

Одержання регранулята. Стадія гранулювання дробленки й агломерату, отриманих на першому етапі переробки відходів.

Використовуване устаткування - лінії гранулювання. Одержувана продукція - регранулят (ПВД, ПНД, ПВХ, полістирол, поліпропілен) - може бути реалізований як кінцевий чи товар використаний як сировину для одержання виробів на третьому етапі.

Вторинна полімерна сировина. Найдоцільнішим є використання полімеровмістних відходів як вторинної сировини. У цьому випадку практично повністю використовуються всі властивості полімерів саме з точки зору їх призначення.

За принципом утворення вторинна полімерна сировина поділяється на три категорії: відходи виробництва, відходи споживання й змішані відходи виробництва і споживання.

Відходи виробництва – залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворилися під час виробництва продукції або виконання робіт і втратили цілком або частково вихідні споживчі

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

властивості. Відходи споживання – вироби та матеріали, що втратили свої споживчі властивості внаслідок фізичного або матеріального зносу.

За характером процесів формування вторинна полімерна сировина поділяється на 2 класи: відходи термопластичних і термореактивних полімерів; за вихідними полімерами – на види: термопласти- поліолефінові, полістирольні, полівінілхлоридні, поліарилатні, поліформальдегідні, полікарбонатні поліефірні. За характеристикою полімерних відходів - на групи: поворотній безповоротні відходи. Поворотними полімерними відходами є відходи виробництва й споживання, які після подрібнення можна використовувати в тому ж виробництві як вторинний полімерний матеріал. Безповоротними називаються відходи виробництва й споживання, які внаслідок часткової або цілковитої втрати своїх властивостей не можуть бути повернуті для використання в процесі виробництва основної продукції або для технологічних потреб і потребують додаткових операцій з очищення, розділення, відмивання, модифікації і т. ін. з метою одержання з них вторинних полімерних матеріалів.

Таблиця 1. – Класифікація вторинної полімерної сировини.

Категорія полім. сировини	Клас полім. сировини	Вид полімерної сировини	Група полімерних відходів	
			Поворотні відходи	Неповоротні відходи
Відходи виробництва	Термопластичні	Поліолефіни, полістироли, полівінілхлориди, поліформальдегідни, полікарбонати, поліефіри, поліакрилати, поліаміди	Чисті вит. з сопла, облой, ливники, некондиційна продукція, прогонні маси термопластів одного овиду і під час переходу з одного кольору на інший	Нагари, термодеструкційний матеріал, прогонні маси під час переходу з одного виду сировини на інший, забруднені розсипи гранул, залишки сировини, які повністю або частково втратили початкові властивості і не відповідають стандартам

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Відходи споживання	Термопластичні	Поліолефіни, полістироли, полівінілхлориди, поліформальдегіди, полікарбонати, поліефіри, поліакрилати, поліаміди		Вироби культурно-побутового призначення з інтер'єра житлових і виробничих приміщень: канцелярські, галантерейні, сантехнічні товари, електроприлади, дитячі іграшки, корпусні деталі телерадіоапаратури, тара промислового і господарського призначення (ящики, бочки, каністри і т. п.)
Відходи виробництва	Терморезактивні	Фенопласти, амінопласти, склопластики		Облой, ливники, нагари, витьоки з форм, просипки матеріалу та ін.
Відходи споживання	Терморезактивні	Фенопласти, амінопласти, склопластики		Вироби культурно-побутового призначення (футляри, скриньки, склянки, канцелярські вироби, підставки, дитячі іграшки), деталі побутових електропристроїв (вилки, розетки, вимикачі тощо), фотоприладдя, тара і т. ін.
Змішані відходи виробництва і споживання	Різні класи	Різні види		Вироби культурно-побутового призначення (дитячі іграшки, електроприлади, радіотовари тощо), змішані розсипи гранул, прогонні маси під час переходу з одного виду матеріалу на інший

Середні нормативи утворення відходів виробництва й переробки полімерних матеріалів наведені в наступній таблиці.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2 – Середні нормативи утворення відходів полімерних відходів.

Полімер	Сер. Норматив утворення відходів полімер. Матеріалів, % від обсягу	
	виробництва	переробки
Поліетилен	2,0	1,4
Полістирол і сополімери стиролу	2,0	4,4
Поліпропілен	2,4	6,8
Полівінілхлорид	0,8-1,9	6,0

В окремих виробництвах норматив значно відрізняється від середнього. Так, після вакуумного формування листових матеріалів відходи у вигляді листів нестандартних розмірів та їх обрізки становлять до 40 %.

Відходи, у тому числі і полімервмістні, класифікують згідно Державним класифікатором відходів ДК 005-96, а порядок зберігання й переробки вторинної полімерної сировини (крім полімерних плівок та пінопластів) регламентує ДСТУ 2731-94.

Збирання поворотних полімерних відходів здійснюються на робочих місцях окремо за видами й кольором вихідного матеріалу, а безповоротних – за класами (при цьому безповоротні полімерні відходи у вигляді деталей, армованих металом, збирають окремо).

Не підлягають використанню на підприємствах, які переробляють полімери як вторинний полімерний матеріал, деталі, відбраковані у зв'язку з перегріванням матеріалу, грудки перегрітого матеріалу, утворені під час відпрацювання технологічних процесів лиття, а також відходи, утворені під час зміни матеріалу та очищення матеріального циліндра термопластавтомата.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2. Існуючі технологічні схеми переробки полімерів та конструкцій екструзійного обладнання

Аналіз технологій для переробки відходів полімерних матеріалів показує, що в теперішній час для перетворення відходів полімерів в сировину, яка доцільна для подальшої переробки у вироби здійснюється у два етапи: попередня обробка з агломерацією й гранулюванням та переробка гранул вторинної сировини у готовий виріб.

Агломерація та гранулювання являє собою заключну стадію підготовки вторинної сировини для подальшої переробки у виріб. Ця стадія особливо важна для вторинного поліетилену низької щільності в зв'язку з його низькою насипною щільністю та трудністю транспортування. У процесі агломерування і гранулювання виникає ущільнення матеріалу, полегшується його подальша переробка, осереднюється характеристика вторинної сировини, у результаті чого отримують матеріал, який можна перероблювати на стандартному обладнанні.

На рис. 2. представлена технологічна схема отримання агломерата з підготовлених сільськогосподарської плівки (ВПЭНП) фірми «Krauss—Maffai», Австрія .

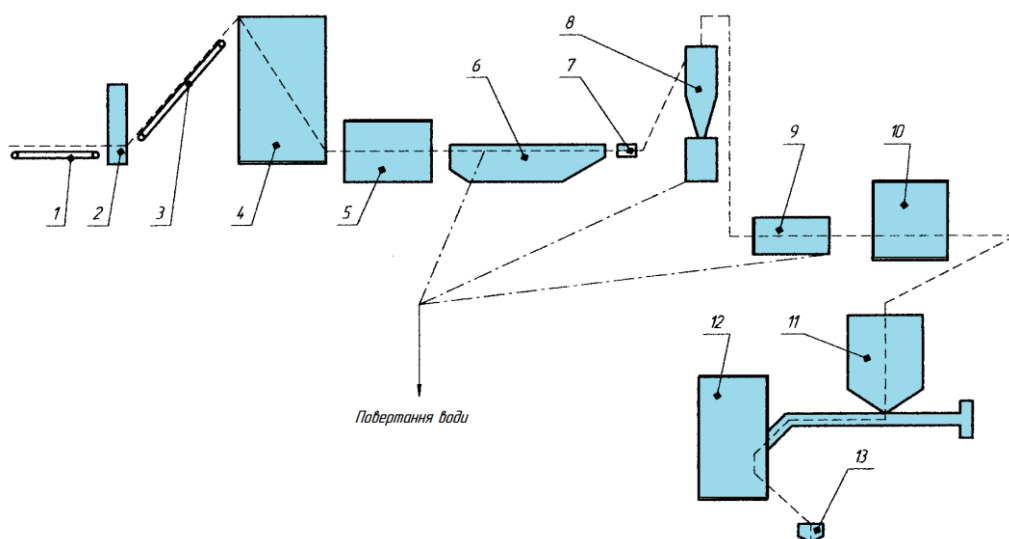


Рис. 2.. Технологічна схема виробництва агломерату (фірма «Krauss—Maffai», Австрія):

На рисунку позначено: 1 — ланцюговий транспортер; 2 — ножиці для різання

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кіп; 3 — стрічковий транспортер; 4 — мийно-різальна машина; 5 — вібросито; 6 — флотационна машина; 7 — насос для пульпи; 8 — гідроциклон; 9 — вібросито; 10 — сушильна камера; 11 — бункер-накопичувач; 12 — агломератор; 13 — приймальний бункер.

Основним апаратом у цій схемі є агломератор періодичної дії, який дозволяє сумістити в одну операцію стадії подрібнення, мийки та ущільнення вторинного ПЕ.

У наш час у різних країнах випускають технологічні лінії, які включають черв'ячні преси. Лінії призначені для переробки відходів термопластів на вторинні гранульовані матеріали (гранулят). Так, лінію для переробки забруднених відходів поліолефінових плівок випускає фірма «Reifenhäuser» (Німеччина). На цій лінії можна перероблювати також технологічні відходи поліетиленових та поліпропіленових плівок. Процес отримання гранулята включає: подрібнення, змішення та усереднення отриманого подрібненого матеріалу; відмивку подрібненої крошки, сушку та проміжне хропіння; ущільнення, пластикація, фільтрування розплаву; формування стренг, охолодження та гранулювання; контроль якості гранулята та його збір.

Лінія для гранулювання забрудненої поліетиленової плівки схематично представлена на рис 3.

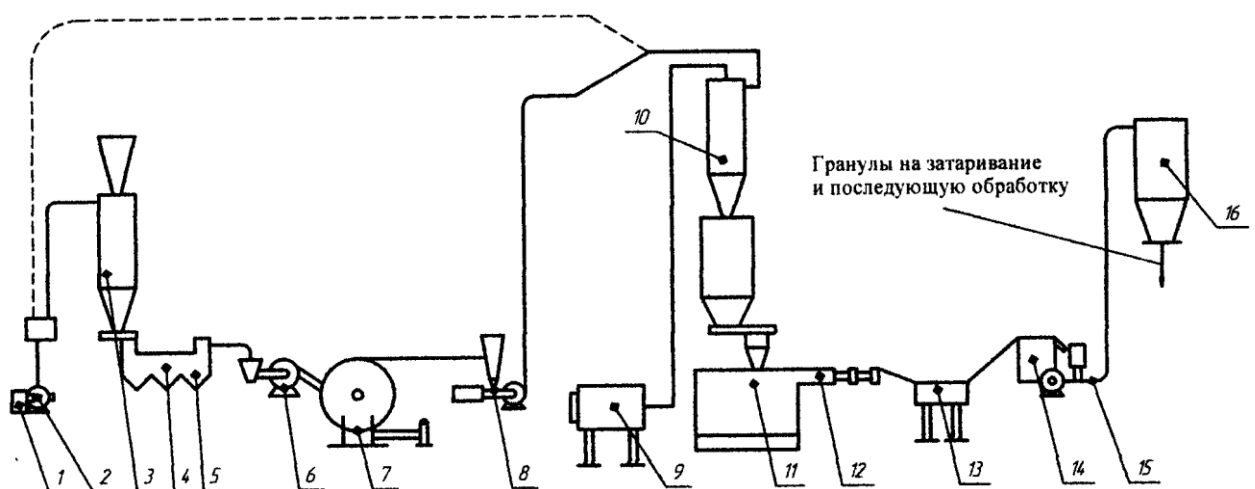


Рис. 3. Лінія для гранулювання забрудненої поліетиленової плівки (фірма «Reifenhäuser», Німеччина):

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку показано: 1 – ножовий подрібнювач; 2, 6, 8 – вентилятори; 3, 10 – бункери; 4 – ванна для відмивання; 5 – пристрій для вивантаження відмитої плівки; 7 – вихровий водо віддільник; 9 – автоматичний фільтр; 11 – бункер; 12 – черв'ячний прес; 13 – ванна охолодження; 14 – гранулятор; 15 – пневмотранспортер; 16 – бункер-накопичувач гранул.

УкрНДІпластмаш розробив лінію типу ЛГТВ-90-200 для гранулювання поліетиленової плівки та інших виробів з термопластів, які серійно виготовлялися раніше ВО «Більшовик». Схематично принципова схема лінії ЛГТВ-90-200 представлена на рис 4.

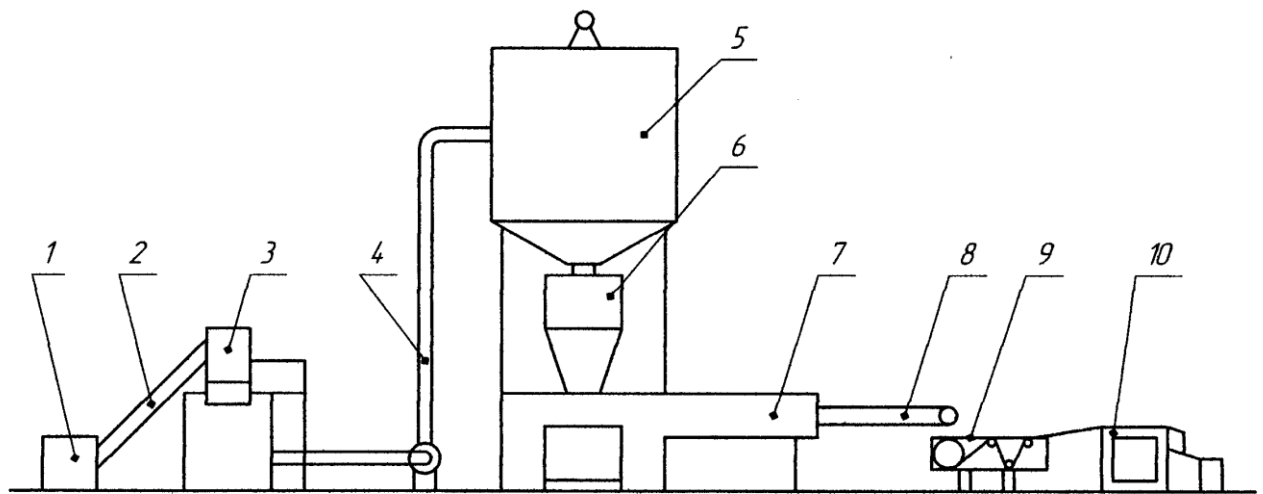


Рис. 4 Лінія ЛГТВ-90-200 для гранулювання відходів, термопластів:
 1 - роторний різак; 2 – конвеєр; 3 – подрібнювач ІРНП-300-600;
 4 - пневмотранспортер; 5 - бункер-накопичувач; 6 - живильник-дозатор;
 7 - черв'ячний прес; 8 - плоскощільова головка черв'ячного пресу;
 9 - ванна охолодження; 10 - стрічковий гранулятор.

3. Аналіз конструкцій і технічних рішень обладнання для гранулювання відходів.

При проектуванні обладнання лінії для гранулювання відходів доцільно було розглянуті існуючі конструкції і винаходи для підбору аналога, найбільш ефективної конструкції для подальшої модернізації. З багатьох конструкцій можна для аналізу виділити наступні конструкції і патенти.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Екструдер для полімерних матеріалів, запропонований В. Н. Хомяковим (Авторське свідоцтво СРСР № 292415. кл. У 29 З 47/38) . Призначений для переробки полімерних матеріалів з вакуумуванням їх в процесі екструзії. Суть винаходу: екструдер забезпечений нагрівальними черв'яками, що мають кожен з нижнього торця циліндрової форми шийку і концентрично розташовані осі ротора кільця, і огорожними нерухомими черв'яками. За конструкцією екструдер для полімерних матеріалів, що містить вертикально розташований корпус рис. 5) , із зоною збільшеного діаметру, із завантажувальним вікном, камерами для ступінчастого вакуумування, з вікнами видалення газоподібних речовин, змонтований в корпусі з можливістю обертання тієї, що подає черв'як, ротор, виконаний з насаджених на сердечник живлячих черв'яків, випускний черв'як, головку для випуску матеріалу, засоби автоматичного регулювання живлення екструдера, засоби подрібнення у вигляді рухомих і нерухомих кілець, що відрізняється тим, що, з метою збільшення продуктивності при зниженні енергоємності екструдера за рахунок підвищення ефективності дегазації матеріалу і безнапірної подачі матеріалу в засоби подрібнення, екструдер забезпечений нагрівальними черв'яками, що мають кожен з нижнього торця циліндрової форми шийку і концентрично розташовані осі ротора кільця, і огорожними нерухомими черв'яками, причому перший з нагрівальних черв'яків змонтований після живлячого черв'яка ротора перед першим засобом подрібнення, подальші нагрівальні черв'яки виконані кожен з верхньою циліндровою шийкою, в зоні яких розташовані огорожні нерухомі черв'яки, змонтовані з можливістю сполучення поверхнями внутрішніх їх нарізок з поверхнями верхніх шийок нагрівальних черв'яків при цьому випускний черв'як і головка для випуску матеріалу розташовані горизонтально, а подаючий черв'як розміщений паралельно ротору. Екструдер також відрізняється тим, що з метою запобігання налипанню матеріалу і забивання вікон видалення газоподібних речовин, в зоні дегазації камер вакуумування

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщені зони збільшеного діаметру корпусу, а вікна видалення газоподібних речовин розташовані у верхній частині цих камер. Крім того екструдер має ще індивідуальні ділянки теплового контролю камер вакуумування і робочих органів. Рухомі кільця засобів подрібнення закріплені на витках з нижнього торця нагрівальних черв'яків, а нерухомі кільця виконані з порожнинами для середовища, що охолоджує, і нарізками змінної глибини, розташованими на поверхнях, зв'язаних з поверхнями рухомих кілець і шийок нагрівальних черв'яків. Також в конструкції, середні нерухомі кільця засобів подрібнення розташовані між рухомими кільцями і шийками нагрівальних черв'яків, встановлені на виступах фланця для кріплення середніх кілець до корпусу, а порожнини для середовища нерухомих кілець, що охолоджує, повідомлені між собою за допомогою каналів, які виконані у фланцях і виступах.

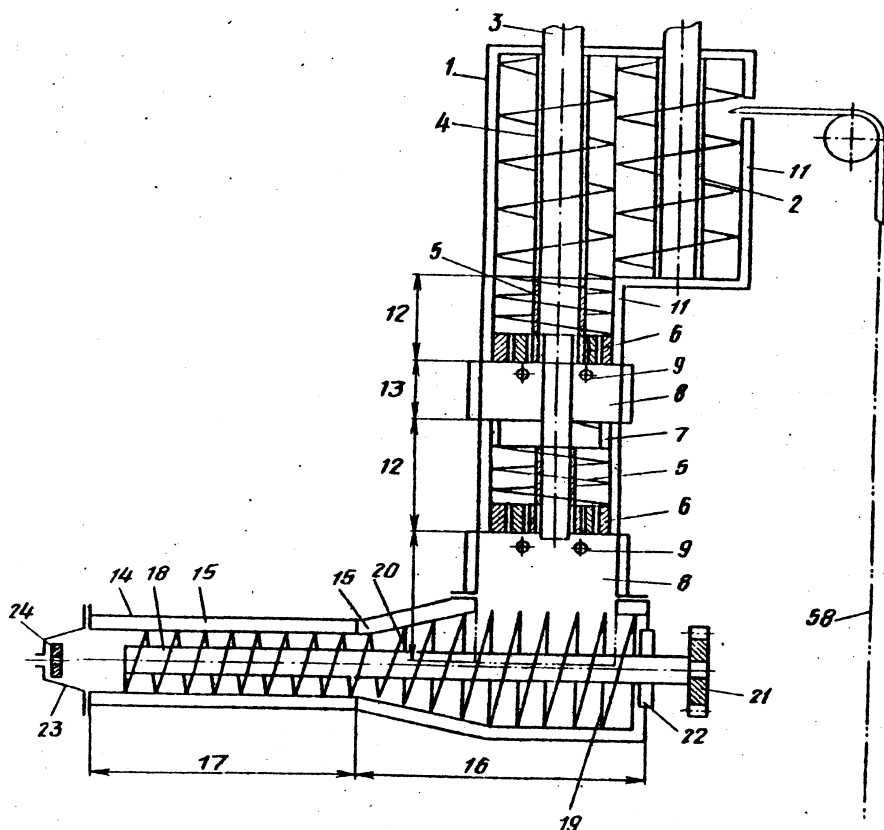


Рис. 5 Конструкція екструдера згідно авт.свид. № 292415.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В патенті [3] розглянуто черв'ячна змішувальна машина для полімерних матеріалів.

Як найближчий аналог черв'ячна машина, що містить станину, корпус із завантажувальною горловиною та системою терморегулювання, черв'як з прорізами на гвинтовій навивці, лопатки на внутрішній поверхні корпуса, привід обертового руху черв'яка.

Наведена конструкція має той недолік, що вона не забезпечує можливість регулювання перемішуючої ефективності машини.

Мета винаходу – розширення та регулювання перемішуючої ефективності машини.

Формула винаходу: черв'ячна змішувальна машина для полімерних матеріалів, що містить станину, корпус із завантажувальною горловиною та системою терморегулювання, черв'як з прорізами на гвинтовій навивці, лопатки, привід обертового руху черв'яка, яка відрізняється тим, що в середині корпусу встановлено по меншій мірі одну втулку з можливістю обертання навколо осі черв'яка, на внутрішній поверхні якої закріплені лопатки.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому черв'ячному змішувачі в середині корпусу встановлено по меншій одну втулку з можливістю обертання навколо осі черв'яка, на внутрішній поверхні якої закріплені лопатки. Бічні поверхні лопаток, як і прорізи в навивці черв'яка, розташовані в перпендикулярних до осі обертання площинах, що забезпечує безперешкодний рух черв'яка і втулки відносно один одного. Машину оснащено обертовим приводом, якій приводить в рух втулку.

Змішувач рис. 6 містить корпус 1 з завантажувальною горловиною 2, вихідним отвором 3, втулки 4, на внутрішній поверхні яких розміщені лопатки 5, черв'як 6 з прорізами на гвинтовій навивці 7, механізм обертового руху черв'яка 8, механізм обертового руху втулок 9 та систему терморегулювання 10.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

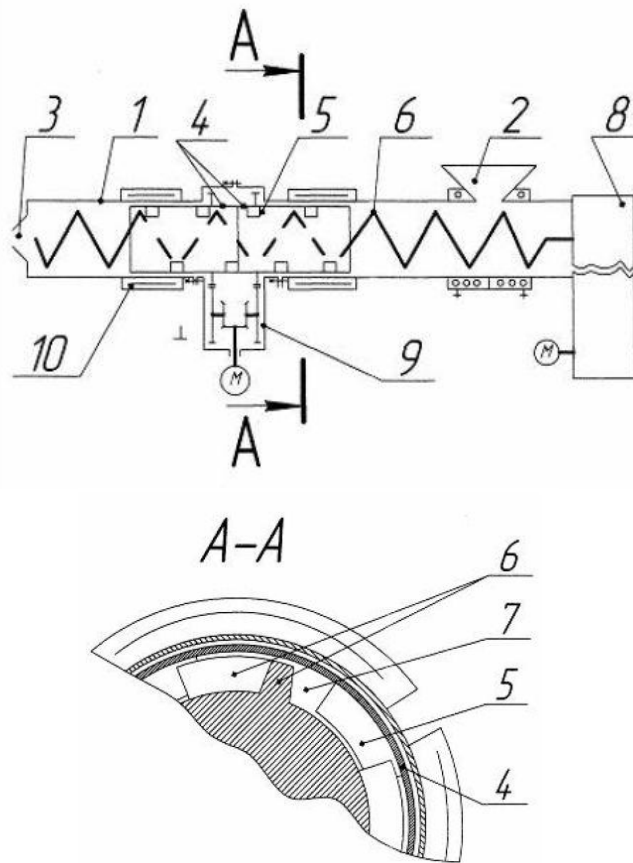


Рис. 6 Черв'ячна змішувальна машина для полімерних матеріалів.

В [4] розглянуто пристрій для підготовки та змішування.

Метою винаходу являється підвищення продуктивності процесу підготовки розплаву і підвищення його якості.

Пристрій містить корпус і черв'як з приводом його обертання і зонами завантаження і дозування. По зовнішній поверхні черв'яка має місце основна гвинтова нарізка, а у зоні завантаження — додаткова. Основна и додаткова нарізки виконані з утворенням основного и додаткового каналів різної глибини і з утворенням ступені у місці стикування витків нарізок. Глибина основного каналу у зоні завантаження збільшується в напрямку до зони дозування, а глибина допоміжного — зменшується в тому ж напрямку. Глибина основного каналу у місці стикування витків нарізок менше глибини додаткового каналу, а його довжина вибирається в межах від $1/3$ до $1/2$ кроку основної нарізки. Пристрій працює слідуочим чином. Гранульований

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал потрапляє у канали і переміщується по нарізкам у зоні завантаження у напрямку зони дозування. У зв'язку з тим, що глибина основного каналу збільшується у напрямку зони дозування, а глибина додаткового — зменшується в тому ж напрямку, матеріал видавлюється з більш глибокої ділянки, що створює додатковий тиск, забезпечує циркуляцію розплаву і підвищує якість змішування.

На рис. 7. зображено пристрій для підготовки и змішування в'язких розплавів полімерних матеріалів, загальний вигляд.

Пристрій для підготовки і змішування в'язких розплавів полімерних матеріалів містить корпус 1 и черв'як 2 з приводом його обертання і зонами завантаження а) и дозування б). По зовнішній поверхні черв'яка 2 виконана основна гвинтова нарізка 3, а у зоні завантаження — допоміжна 4. Основна 3 и допоміжна 4 нарізки виконані з утворенням основного 5 и допоміжного 6 каналів з різною глибиною і з утворенням ступені у місці стику витків нарізки 3 и 4. Глибина основного каналу 5 у зоні завантаження а) виконана збільшуючоюся у напрямку до зони дозування б), а глибина допоміжного каналу 6 — зменшуючоюся в тому ж напрямку. Глибина основного каналу 5 у місці стику витків нарізок менше глибини допоміжного каналу 6, а його довжина вибирається в межах $1/3—1/2$ кроку /г основної нарізки 3.

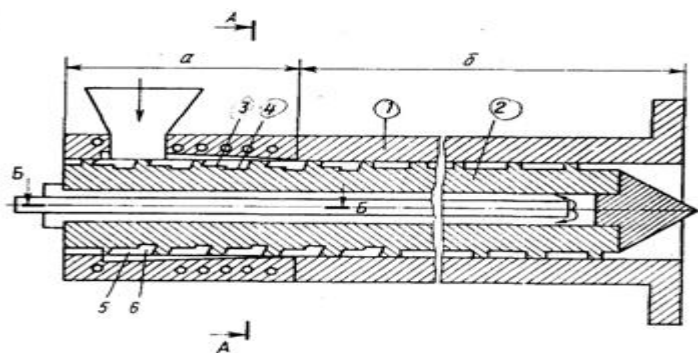


Рис 7 Пристрій для підготовки та змішування.

В патенті [5] розглянуто винахід для підвищення ефективності черв'ячного екструдера, за рахунок надання окремим ділянкам корпуса можливості обертання.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш близьким за технічною сутністю до технічного рішення, є одночерв'ячний екструдер, що містить порожнистий корпус із щонайменше одним завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком.

Порівняно з аналогом, що розглянуто, цей екструдер значно простіший у виготовленні та експлуатації, проте внаслідок відсутності в нього засобів для підвищення змішувальнодиспергувального ефекту він відрізняється невисокою ефективністю.

Формула винаходу:

Одночерв'ячний екструдер, що містить порожнистий корпус із щонайменше одним завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком, який відрізняється тим, що щонайменше одна ділянка порожнистого корпусу виконана з можливістю обертання.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на рис.8. – поздовжній розріз екструдера, приклад наявності в порожнистого корпусу однієї ділянки, виконаної з можливістю обертання; на рис.6. поздовжній розріз екструдера, приклад наявності в порожнистого корпусу двох ділянок, виконаних з можливістю обертання і розміщених послідовно одна за одною; на рис.9. те саме, приклад розміщення зазначених двох ділянок. Одночерв'ячний екструдер містить встановлений на станині 1 порожнистий корпус 2 із завантажувальним 3 і розвантажувальним 4 отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком 5. При цьому одну або дві ділянки 6 порожнистого корпусу 2 виконано з можливістю обертання від привода 7 (у тому числі індивідуальних приводів у разі наявності декількох ділянок 6). Кожна з ділянок 6 також може бути споряджена системами 8 нагрівання та/або охолодження.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

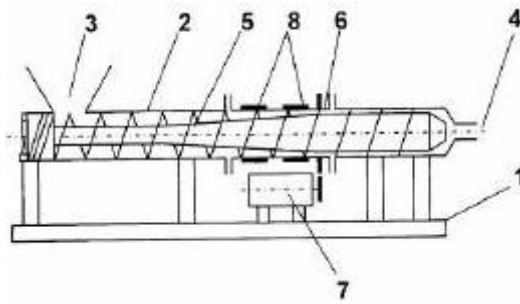


Рис.8. Одночерв'ячний екструдер

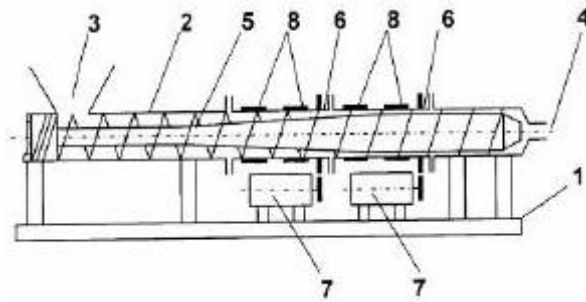


Рис.9. Одночерв'ячний екструдер

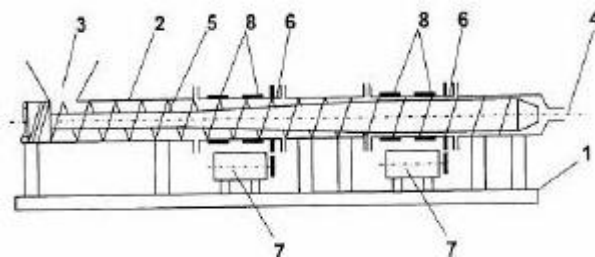


Рис.10 . Одночерв'ячний екструдер

Винахід [6] відноситься до переробки полімерних матеріалів і може бути використане в резінотехнічній, шинній, пластмасової та інших галузях для виробництва і доработки гумових і пластмасових сумішей.

Метою винаходу є розширення технологічних можливостей екструдера.

Формула винаходу:

Черв'ячний екструдер для полімерних матеріалів, що містить корпус з радіально розташованими по внутрішній поверхні змішувальними штифтами, розміщений в корпусі черв'як з переривчастою нарізкою, причому сумішільні штифти змонтовані з можливістю регулювання їх положення по глибині витка, що відрізняється тим, що, з метою розширення технологічних

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

можливостей екструдера, забезпечений втулками, змонтованими в корпусі з можливістю радіального переміщення за допомогою різьблення, а змішувальні штифти розташовані у втулках з можливістю, причому змішувальні штифти і втулки змонтовані ексцентрично відносно один одного.

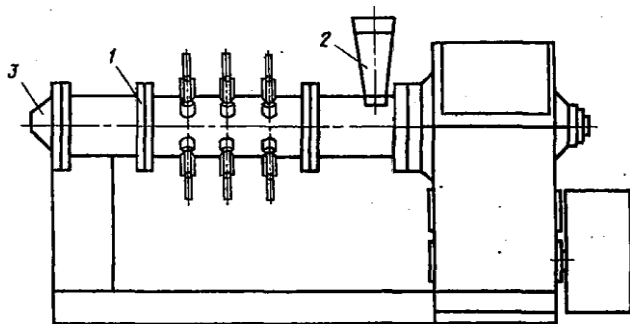


Рис. 11

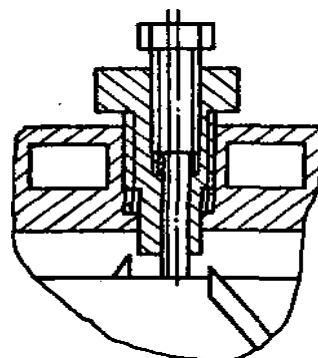


Рис. 12

В патенті [7] розглянуто черв'ячний осцилюючий змішувач для полімерних матеріалів.

Як найближчий аналог черв'ячний осцилюючий змішувач, що містить станину, корпус із завантажувальною горловиною і системою терморегулювання, лопаті на внутрішній поверхні корпусу, черв'як з прорізами на витках, привід обертового руху, механізм зворотно-поступального руху.

Наведена конструкція має той недолік, що внаслідок надання корпусу осьового зворотно-поступального переміщення ускладнилось з'єднання машини з іншим технологічним устаткуванням.

Мета винаходу – спрощення конструкції пристрою і зниження її металоємкості. Поставлена задача вирішується тим, що у відомому черв'ячному осцилюючому змішувачі, що містить станину, корпус із завантажувальною горловиною і системою терморегулювання, лопаті, черв'як з прорізами на витках, привід обертового руху, механізм зворотно-поступального руху, новим є те, що у виконаних на внутрішній поверхні

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

корпуса напрямних (рис 13) у вигляді повздовжніх пазів, встановлено рейки з лопатями, які з'єднані з механізмом зворотно-поступального руху вздовж осі машини, який надає їм осцилюючого руху та синхронізує його з обертовим рухом черв'яка.

Формула винаходу: черв'ячний осцилюючий змішувач для полімерних матеріалів, що містить станину, корпус із завантажувальною горловиною і системою терморегулювання, черв'як з прорізами на гвинтовій навивці, привід обертового руху черв'яка, механізм зворотно-поступального руху, який відрізняється тим, що на внутрішній поверхні корпусу виконано напрямні, в які встановлено рейки з лопатями, що з'єднані з механізмом зворотно-поступального руху.

Корисна модель пояснюється кресленнями, де на рис. 13. показано кінематичну схему змішувача.

Змішувач містить станину 1, корпус 2 з напрямними у вигляді повздовжніх прорізів 12, завантажувальну горловину 3, вихідний отвір 4, рейки 5 з лопатями 6, черв'як з прорізами на гвинтовій навивці 7, механізм обертового руху черв'яка у вигляді редуктора 8, механізм осьового зворотно-поступального руху рейок у вигляді кривошипного механізму 9. Рейки 5 з'єднуються з кривошипним механізмом 9, наприклад, кронштейном 10. Змішувач оснащений системою терморегулювання 11.

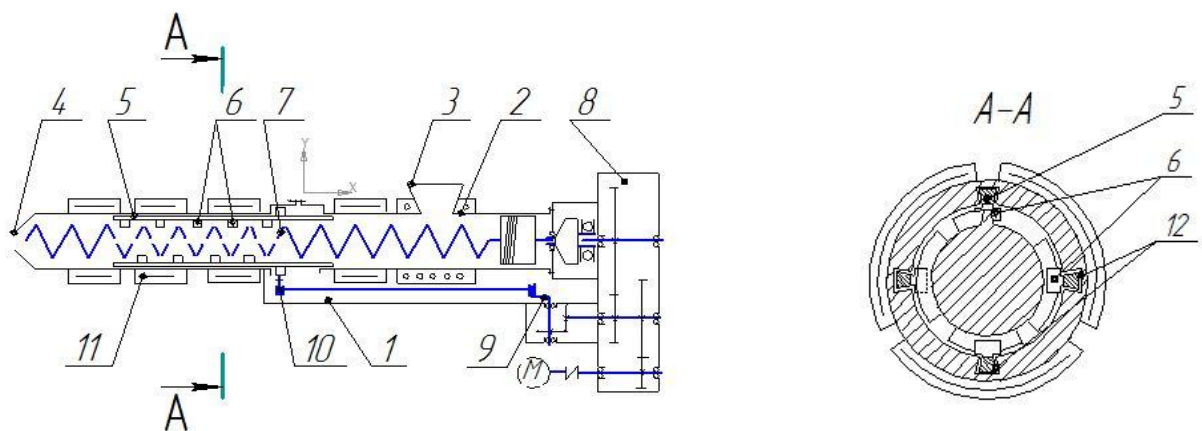


Рис 13. Черв'ячний осцилюючий змішувач для полімерних матеріалів

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Винахід [8] відноситься до обробки пластмас і призначений для

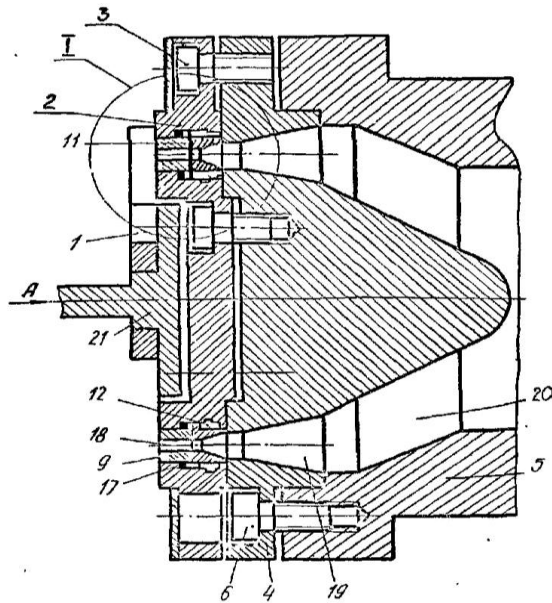


Рис. 14 Гранулятор пластмас

використання в екструзійно - гранулюючому устаткуванні, що переважно реалізує метод розрізання пластмас на гранули на поверхні фільтрної плити. Мета - підвищення надійності і спрощення обслуговування. Для цього гранулятор пластмас, що включає різальний ніж, плиту фільтрну з внутрішніми кільцевими проточками і встановленими в кожній з них до упору в торцеву стінку кільцевої проточки з боку ножа зносостійкими вставками з буртом і вкладиш для підтиску своєї торцевої поверхні вставки до плити, забезпечений запресованими в кожному з проточок плити втулками з кільцевим виступом на бічній поверхні кожної з втулок для їх закріплення в плиті, кожен вкладиш виконаний з буртом, зверненим до бурту зносостійкої вставки. При цьому кожна втулка охоплює вкладиш і прилягає одним торцем до бурту вкладиша для його фіксації, а іншим притиснута до торцевої стінки кільцевої проточки плити з боку, протилежного до ножа. При роботі гранулятора забезпечується рівномірність закріплення кожної вставки у внутрішніх проточках плити, унеможливується послаблення вставок в процесі тривалої експлуатації, усувається можливість розхитування вставок. (Рис. 11, Рис. 12, Рис. 12).

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

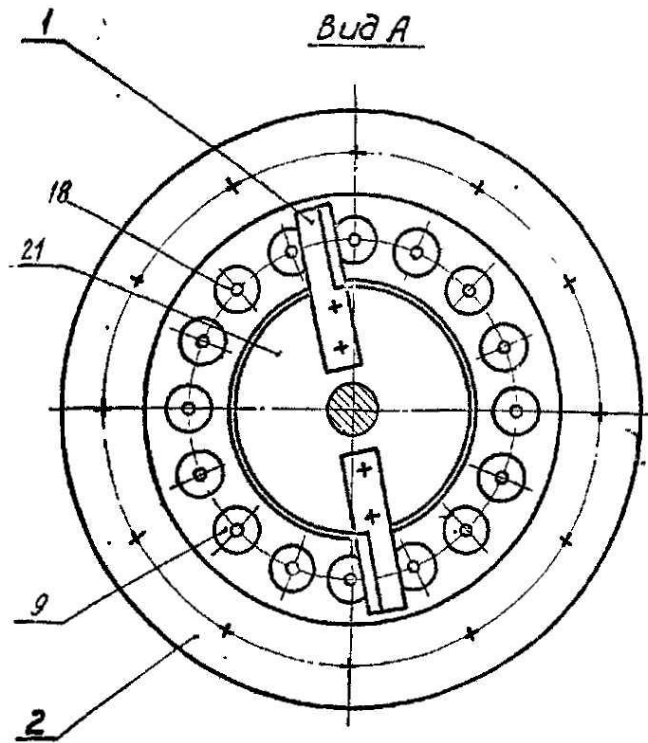


Рис. 15 Вид А на Рис. 4.11

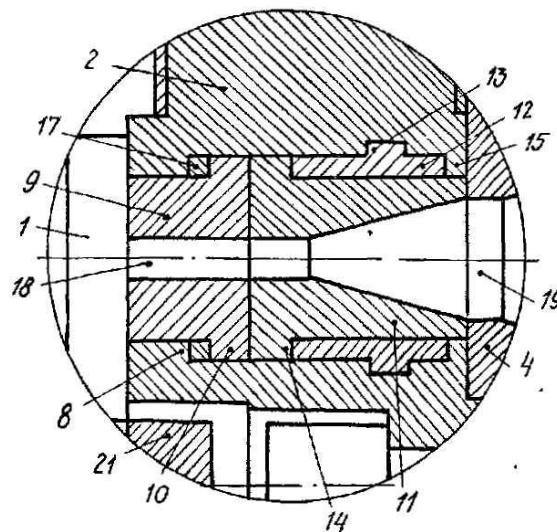


Рис. 16 Місцевий вид І на Рис. 4.11

Оригінальну конструкцію завантажувального пристрою черв'ячного екструдера, запропонували група авторів (Згуровський Ю. Ф., Мікульонюк І. О. і др.). Дане технічне рішення це корисна модель яка належить до обладнання з перероблення полімерів і матеріалів на їх основі, зокрема до

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристроїв для подавання матеріалів до одно- або двочерв'ячних екструдерів, і може бути використана в полімерпереробних гранулювальних екструзійних лініях. Відомий завантажувальний пристрій для черв'ячного екструдера, що містить змонтовану на корпусі екструдера воронку й розміщений у ній з можливістю обертання перегрібач, виконаний у вигляді вертикального вала з горизонтальними пальцями, а також привод перегрібача, змонтований на кришці воронки [25]. Цей пристрій досить ефективно ворушить гранули або частинки матеріалу, що підлягають переробленню, запобігаючи їх злипанню й надійному подаванню в міжвитковий простір екструдера. Недоліком пристрою є необхідність у додатковому приводі перегрібача, що значно ускладнює конструкцію та збільшує енергоємність пристрою.

Найбільш близьким до пропонованої корисної моделі є завантажувальний пристрій черв'ячного екструдера, що містить змонтовану на корпусі екструдера воронку й розміщений у ній на осі з можливістю обертання перегрібач, зубці якого входять в зачеплення з гребенем черв'яка, при цьому перегрібач виконаний у вигляді стержнів, радіально закріплених на втулці, встановленій на осі, а зубці перегрібача розташовані на кінцях згаданих стержнів (патент України № 19451, МПК5 В29С1/04, заявл. 24.10.1995, опубл. 25.12.1997). Цей пристрій, на відміну від розглянутого аналога, забезпечує обертання перегрібача і взаємодію його стержнів з матеріалом у воронці безпосередньо від черв'яка. Таким чином, відпадає потреба в індивідуальному приводі перегрібача, що суттєво спрощує виготовлення та експлуатацію пристрою. Недоліком же конструкції є значна площа стикання стержнів з оброблюваним матеріалом, а отже і значні згинальні зусилля, що діють на кожний стержень з боку матеріалу. Це може призвести до згину одного чи декількох стержнів, заклинюванню перегрібача або втрати зчеплення зубців стержня з гребенем черв'яка, а отже – до втрати роботоспроможності пристрою. Поступове же зношування зубців внаслідок інтенсивного їх тертя по заплечику гребеня черв'яка призводить до

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

потрапляння металевих частинок в перероблюваний матеріал, що знижує якість продукції.

В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити завантажувальний пристрій черв'ячного екструдера, в якому нове виконання перегрібача значно підвищить його жорсткість і зменшить крутний момент, необхідний для його обертання, що значно підвищить надійність пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в завантажувальному пристрої черв'ячного екструдера, що містить змонтовану на корпусі екструдера воронку й розміщений у ній на осі з можливістю обертання перегрібач, зубці яко-го входять в зачеплення з гребенем черв'яка, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що перегрібач виконаний у вигляді щонайменше одного диска, у боковій стінці кожного з яких виконано щонайменше один отвір із встановленим у ньому ворущильним штирем, при цьому зубці перегрібача розташовані на периферії кожного з дисків.

У найприйнятнішому прикладі виконання зубці перегрібача виготовлені з полімерного матеріалу. Виконання перегрібача у вигляді щонайменше одного диска й розташування зубців на периферії кожного з дисків під час обертання дисків забезпечує їх взаємодію з матеріалом у воронці своїми боковими поверхнями. Це значно знижує крутний момент, необхідний для обертання дисків, оскільки матеріал ковзає по поверхні диска, а не відсувається в боки як в аналозі й прототипі. Наявність у кожному диску щонайменше одного отвору з встановленим у ньому ворущильним штирем забезпечує більш ефективне руйнування склепіння матеріалу у воронці.

Виконання же зубців перегрібача з полімерного матеріалу, а в найприйнятнішому випадку – з того самого матеріалу, що й перероблюється, значно зменшує зношування гребеня черв'яка. Потрапляння же частинок полімеру, що поступово відокремлюється від зубців, у перероблюваний матеріал не знижує якості останнього.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Суть винаходу пояснюється кресленнями, на яких зображено: на рис. 6 – поздовжній розріз пристрою; на рис. 7. – розріз по А-А .

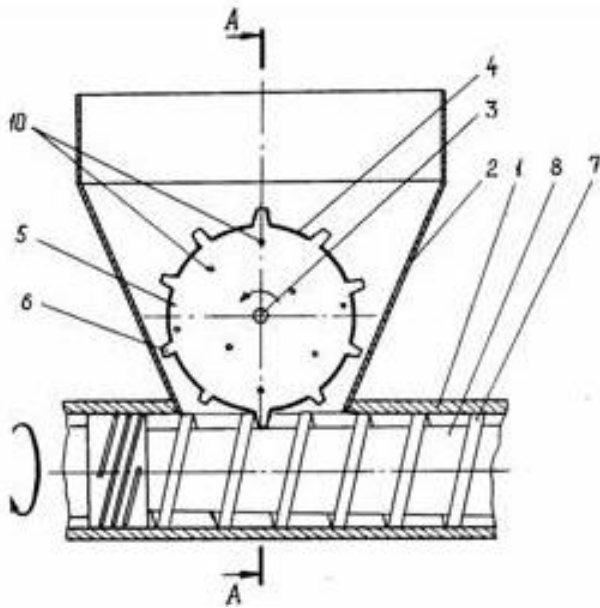


Рис. 6.

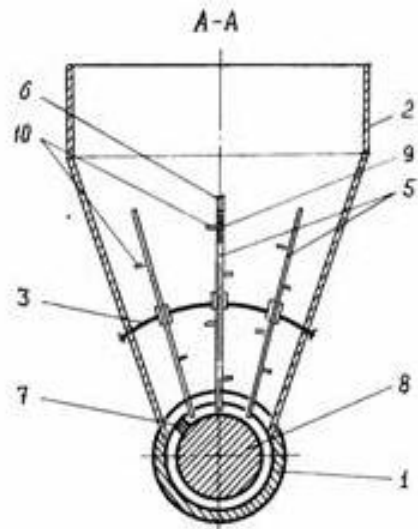


Рис. 7

Завантажувальний пристрій черв'ячного екструдера містить

змонтовану на корпусі 1 екструдера воронку 2 й розміщений у ній на осі 3 з можливістю обертання перегрібач 4, виконаний у вигляді щонайменше одного диска 5 із зубцями 6 на його периферії, які входять у зачеплення з гребенем 7 черв'яка 8. У боковій стінці кожного з дисків 5 виконано щонайменше один отвір 9 із встановленим у ньому ворушильним штирем 10.

Пристрій працює таким чином. Матеріал, що підлягає переробленню, у вигляді гранул, кришки або порошку надходить у воронку 2. Під час обертання черв'яка 8 зубці 6 кожного диска 5 входять у зачеплення з гребенем 7, за рахунок чого перегрібач обертається навколо осі 3. Це забезпечує безперервне перемішування матеріалу у воронці 2 за допомогою ворушильних штирів 10 і боковою поверхнею дисків 5. Пропонована конструкція, нескладна у виготовленні та експлуатації, з високою надійністю забезпечує надходження перероблюваного матеріалу до черв'ячного екструдера.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА МОДЕРНІЗАЦІЮ

В результаті проведеного огляду конструкцій та технічних рішень, критичного аналізу роботи діючої лінії по переробці термопластів були намічені наступні шляхи по модернізації обладнання лінії:

- доцільно модернізувати привод черв'ячного екструдера з заміною на більш сучасні редуктор, електродвигун та відкриту передачу, при чому обов'язково зробити частотне регулювання швидкістю обертання ведучого вала. Це дозволить зменшити динамічні навантаження, спростити умови налагоджування та забезпечити оптимальні режими експлуатації;

- обов'язково зробити модернізацію фільтру, з встановленням автоматичної системи його промивання, так як на виконання цієї операції витрачається багато часу, а це зменшує продуктивність лінії;

- зробити модернізацію гранулятора, замінивши в ньому складну систему привода на звичайний мотор – редуктор з регулювання швидкості через контролер;

- треба замінити також і систему охолодження, таким чином щоб була можливість змінювати довжину каналів охолодження, які при експлуатації лінії наприклад зимою та літом повинні бути різними (в ці періоди суттєво змінюється температура води для охолодження);

- також треба механізувати операції для завантаження гранул в мішки з метою виключення використання ручної праці.

Описані заходи дозволять підвищити ефективність роботи лінії переробки термопластів, зменшити кількість простоїв і енерговитрати, а також води для охолодження гранул.

					ДП 15 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Пекельний				Постановка завдання на модернізацію	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Костін ВБ							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
						НУХТ ПУ-4-15		

В основу модернізації поставлено задачу вдосконалити завантажувальний пристрій черв'ячного екструдера, в якому нове виконання перегрібача значно підвищить його жорсткість і зменшить крутний момент, необхідний для його обертання, що значно підвищить надійність пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в завантажувальному пристрої черв'ячного екструдера, що містить змонтовану на корпусі екструдера воронку й розміщений у ній на осі з можливістю обертання перегрібач, зубці якого входять в зачеплення з гребенем черв'яка, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що перегрібач виконаний у вигляді щонайменше одного диска, у боковій стінці кожного з яких виконано щонайменше один отвір із встановленим у ньому ворушильним штирем, при цьому зубці перегрібача розташовані на периферії кожного з дисків.

У найприйнятнішому прикладі виконання зубці перегрібача виготовлені з полімерного матеріалу.

Виконання перегрібача у вигляді щонайменше одного диска й розташування зубців на периферії кожного з дисків під час обертання дисків забезпечує їх взаємодію з матеріалом у воронці своїми боковими поверхнями. Це значно знижує крутний момент, необхідний для обертання дисків, оскільки матеріал ковзає по поверхні диска, а не відсувається в боки як в аналозі й прототипі. Наявність у кожному диску щонайменше одного отвору з встановленим у ньому ворушильним штирем забезпечує більш ефективне руйнування склепіння матеріалу у воронці.

Виконання же зубців перегрібача з полімерного матеріалу, а в найприйнятнішому випадку – з того самого матеріалу, що й перероблюється, значно зменшує зношування гребеня черв'яка. Потрапляння же частинок полімеру, що поступово відокремлюється від зубців, у перероблюваний

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Пекельний				Постановка завдання на модернізацію	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Костін ВБ							
Реценз.						НУХТ ННІТІ		
Н. Контр.								
Затверд.								

матеріал не знижує якості останнього. Виконання перегрібача у вигляді щонайменше одного диска й розташування зубців на периферії кожного з дисків під час обертання дисків забезпечує їх взаємодію з матеріалом у воронці своїми боковими поверхнями. Це значно знижує крутний момент, необхідний для обертання дисків, оскільки матеріал ковзає по поверхні диска, а не відсувається в боки як в аналозі й прототипі. Наявність у кожному диску щонайменше одного отвору з встановленим у ньому ворушильним штирем забезпечує більш ефективне руйнування склепіння матеріалу у воронці.

Виконання же зубців перегрібача з полімерного матеріалу, а в найприйнятнішому випадку – з того самого матеріалу, що й перероблюється, значно зменшує зношування гребеня черв'яка. Потрапляння же частинок полімеру, що поступово відокремлюється від зубців, у перероблюваний матеріал не знижує якості останнього

Пропонована конструкція, нескладна у виготовленні та експлуатації, з високою надійністю забезпечує надходження перероблюваного матеріалу до черв'ячного екструдера.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Техніко-економічне обґрунтування

В Україні останнім часом великими темпами почала відтворюватись і розвиватись хімічна промисловість. Особливо швидко росте виробництво синтетичних та полімерних матеріалів. Для промисловості, що переробляє ці матеріали, потрібно все більше високопродуктивних, надійних і економічних машин .

Метою хімічного машинобудування – є підвищення продуктивності, зменшення металоємності, енергоємності, в межах переробки пластичних мас та різноманітних сумішей стає можливим шляхом створення сучасного проекту виробництва. Підприємства по виготовленню машин та устаткування для хімічної промисловості на протязі останніх років проектують та виготовляють лінії грануляції полімерних відходів. До складу лінії входять: подрібнюючий пристрій, бункер, черв'ячний прес, пристрій приймальний, пристрій відрізний, завантажувальний пристрій.

Переваги попередньої конструкції є простота та надійність у використанні, простий у обслуговуванні.

Недоліками є недостатня річна продуктивність, у зв'язку із збільшенням попиту на пластикову продукцію, а також завдяки деяким факторам, що присутні у застарілих машинах, а саме: недостатня продуктивність в зв'язку з низькою насипною щільністю перероблюваного матеріалу, неспроможність регулювання подачі матеріалу до черв'ячного пресу, затрати часу на переналаштування циклу завантаження, швидкий знос ріжучих елементів гранулятора.

Усунення вищенаведених недоліків конструкції досягається за рахунок удосконалення гранулою чого та завантажувального пристроїв.

					ДП 15 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Пекельний				Постановка завдання на модернізацію	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Костін ВБ							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
						НУХТ ПУ-4-15		

Гранулюючий пристрій в якому фільтерна плита виконана з внутрішніми фільтрними проточками, в кожному із яких встановлено до упору в торцеву стінку зі сторони ножа з зносостійкими вставками з буртом і вкладиш для піджиму своєю торцевою поверхнею вставки до плити, відрізняється тим, що з цілю підвищення надійності та спрощення обслуговування, він забезпечений запресованими в кожному із проточок плити втулками з кільцевим виступом на боковій поверхні кожної із втулок для їх закріплення в плиті, кожний вкладиш виконаний з буртом, повернутим до бурта зносостійкої вставки.

Також при застосуванні на новому завантажувальному пристрої автоматичних механізмів регулювання подачі матеріалу до зони завантажувальної воронки пресу та зменшення часу на обслуговування і налагодження процесу подачі різної сировини підвищується продуктивність машини.

Порівняно з аналогом, що розглянуто, цей екструдер значно простіший у виготовленні та експлуатації, проте внаслідок відсутності в нього засобів для підвищення змішувально диспергуючого ефекту він відрізняється невисокою ефективністю.

					ДП. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Конструкторські та технологічні розрахунки

Визначення параметрів черв'ячного преса

4.1 Визначення параметрів черв'яка

Розрахункова схема з позначенням основних елементів показана на рис. 1.

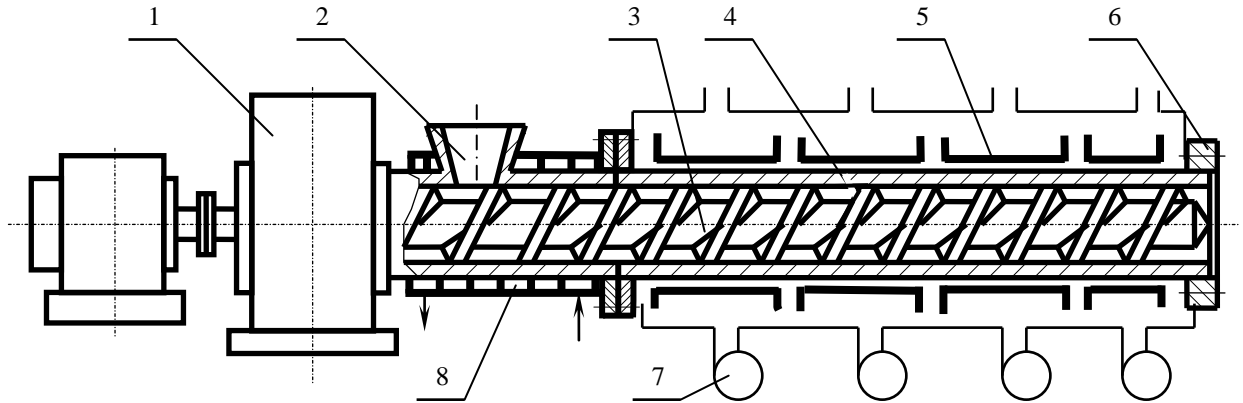


Рисунок 1.1 – Розрахункова схема черв'яка

Вихідні дані: діаметр черв'яка 90 мм

Крок гвинтової лінії черв'яка:

$$t = (0,8 - 1,2) \cdot D = 1,0 \cdot 90 = 90 \text{ мм.}$$

Ширина гребеня витка:

$$e = (0,08 - 0,1) \cdot D = 0,1 \cdot 90 = 0,9 \text{ мм.}$$

Глибина гвинтового каналу під завантажувальною воронкою:

$$h_1 = (0,12 - 0,16) \cdot D = 0,15 \cdot 90 = 13,5 \text{ мм.}$$

Глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка (зона дозування)

$$h_2 = 0,5 \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i}(D - h_1)} \right] = 0,5 \left[90 - \sqrt{90^2 - \frac{4 \cdot 13,5}{2,25}(90 - 13,5)} \right] = 5,42 \text{ мм;}$$

де i – ступінь стиснення, складає $\approx 2,25$.

					ДП 15 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пекельний ВО			Конструкторські та технологічні розрахунки	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Костін ВБ						
Реценз.						ПУ-4-15		
Н. Контр.								
Затверд.								

Радіальний зазор δ між внутрішньою поверхнею корпусу і зовнішньої витка черв'яка:

$$\delta = (0,002 - 0,003) \cdot D = 0,003 \cdot 90 = 0,27 \text{ мм.}$$

Діаметр стрижня в зоні завантаження

$$d_1 = D - 2 \cdot h_1 = 90 - (2 \cdot 13,5) = 63 \text{ мм.}$$

Діаметр стрижня в зоні дозування

$$d_1 = D - 2 \cdot h_2 = 90 - (2 \cdot 5,42) = 79,16 \text{ мм.}$$

У зоні стиску приймаємо нахил поверхні осердя постійним (глибина каналу монотонно знижується)

Довжина торпеди

$$l_{\text{тор}} = (0,6 - 0,8) \cdot D = 0,7 \cdot 90 = 63 \text{ мм.}$$

Довжина робочої частини черв'яка:

$$l_{\text{роб}} = (20 - 30) \cdot D = 20 \cdot 90 = 1800 \text{ мм.}$$

Довжина евольвентного зачеплення: $l_{\text{аа}} = 130 \text{ мм.}$

Довжина зони дозування:

$$l_{\text{доз}} = (3 - 6) \cdot D = 5 \cdot 90 = 450 \text{ мм.}$$

Довжина зони стиснення:

$$l_{\text{ст.}} = l_{\text{роб}} - l_{\text{доз}} - l_{\text{загр}} = 1800 - 450 - 180 = 1170 \text{ мм.}$$

Довжина циліндричної частини черв'яка:

$$l_{\text{цил}} = (1,5 - 3) \cdot D = 2 \cdot 90 = 180 \text{ мм.}$$

Довжина відбійної частини:

$$l_{\text{від}} = (0,1 - 0,5) \cdot D = 0,2 \cdot 90 = 18 \text{ мм.}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = l_{\text{роб.}} + l_{\text{зв}} + l_{\text{цил}} + l_{\text{від}} = 1800 + 250 + 180 + 18 = 2248 \text{ мм.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4.2 Визначення коефіцієнта геометричної форми голівки

Розрахунок виконаний аналітичним методом визначення коефіцієнта геометричної форми стренгової голівки гранулювання.

Формули, основані на спрощеному аналітичному методі розрахунку коефіцієнта геометричної форми голівки, дозволяють визначити характеристики каналів найпростіших форм з достатньою для практичних розрахунків точністю.

Весь шлях проходження розплаву через канал голівки розіб'ємо на декілька більш простих складових і зробимо розрахунок.

Круглий циліндричний канал:

$$K_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L} \quad (1)$$

де d – діаметр круглого циліндричного каналу, м;

L – довжина круглого циліндричного каналу, м.

Оскільки на ділянках 3-4 і 4-5 кількість каналів – 57, на ділянці 5-6 – 1085 каналів, а на ділянці 7-8 – 61 канал, то, відповідно, значення коефіцієнта геометричної форми каналу множимо на їх число:

$$K_{0-1} = \frac{3,14 \cdot 6,9^4}{128 \cdot 18} = 3,08 \text{ см}^3;$$

$$K_{1-2} = \frac{3,14 \cdot 7,5^4}{128 \cdot 12} = 6,46 \text{ см}^3;$$

$$K_{2-3} = \frac{3,14 \cdot 6^4}{128 \cdot 20} = 1,58 \text{ см}^3;$$

$$K_{3-4} = \frac{3,14 \cdot 7^4}{128 \cdot 28,5} \cdot 57 = 117,42 \text{ см}^3;$$

$$K_{4-5} = \frac{3,14 \cdot 3^4}{128 \cdot 1,8} \cdot 57 = 62,9 \text{ см}^3;$$

$$K_{5-6} = \frac{3,14 \cdot 0,3^4}{128 \cdot 1} \cdot 1085 = 0,21 \text{ см}^3;$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{7-8} = \frac{3,14 \cdot 0,7^4}{128 \cdot 2} \cdot 61 = 0,17 \text{ см}^3.$$

Конічний круглий канал (ділянка 6-7) з великим діаметром на вході маси полімеру знаходимо за формулою:

$$K_{\kappa} = \frac{3 \cdot \pi \cdot D^3 \cdot d^3}{128 \cdot L \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)}, \quad (2)$$

де D – діаметр основи конуса на вході маси, м;

d – діаметр вершини конуса на виході маси, м;

L – довжина конічного каналу, м.

Оскільки на ділянці 6-7 маємо 61 канали, то, значення коефіцієнта геометричної форми каналу множимо на їх число.

$$K_{6-7} = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 2^3 \cdot 0,7^3}{128 \cdot 1 \cdot (2^2 + 2 \cdot 0,7 + 0,7^2)} \cdot 61 = 2,09 \text{ см}^3.$$

Загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки можна порахувати, як суму опорів окремих ділянок головки:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{3,08} + \frac{1}{6,54} + \frac{1}{1,58} + \frac{1}{117,42} + \frac{1}{62,9} + \frac{1}{0,21} + \frac{1}{2,09} + \frac{1}{0,17}} = 0,09 \text{ см}^3.$$

4.3. Продуктивність машини по зоні дозування з урахуванням впливу голівки

Робочий процес черв'ячної машини в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів черв'яка і процесів, що протікають в його каналах, але також від геометрії, конфігурації голівки черв'ячної машини, і її профілюючих елементів.

Об'ємна продуктивність потоку в'язких рідин через головку на передній частині черв'ячної машини прямо пропорційно падінню тиску ΔP і зворотно пропорційно в'язкості маси μ :

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = K \cdot \frac{\Delta P}{\mu} \quad (3)$$

Також рівняння продуктивності можна представити у вигляді рівняння:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K}{K + \beta + \gamma} \cdot n, \quad (4)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, що залежить від геометричної головки – коефіцієнт геометричної форми головки;

n – число обертів черв'яка за хвилину, об/хв;

α – постійна прямого потоку для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

$$\alpha = \frac{\pi^3 \cdot (t - \lambda \cdot e) \cdot \sigma}{a + t^2 \cdot b}, \quad (5)$$

β – постійна зворотнього потоку для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

$$\beta = \frac{\pi \cdot t - (t - \lambda \cdot e)}{12 \cdot L_1 \cdot (a + t^2 \cdot b)}, \quad (6)$$

γ – постійна потоку витoku для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot \delta^3 \cdot t^2}{10 \cdot e \cdot L_1 \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}}, \quad (7)$$

де σ – коефіцієнт залежить від геометричних розмірів черв'яка:

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot D}{2 \cdot (h_1 - h_2)} \cdot \lg \frac{h_1}{h_2} + \frac{D^2}{2 \cdot h_1 \cdot h_2}, \quad (8)$$

a – коефіцієнт, що розраховується за формулою:

$$a = \frac{\pi^2}{h_1 \cdot h_2} \cdot \left(\frac{D \cdot (h_1 + h_2)}{2 \cdot h_1 \cdot h_2} - 1 \right); \quad (9)$$

b – коефіцієнт, що розраховується за формулою:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b = \frac{2,3}{(h_1 - h_2) \cdot D^3} \cdot \lg \frac{h_1 \cdot (D + d_2)}{h_2 \cdot (D + d_1)} + \frac{2 \cdot h_1 \cdot h_2 + (h_1 - h_2) \cdot K}{2 \cdot D^2 \cdot h_1^2 \cdot h_2^2} \quad (10)$$

де h_1 – глибина гвинтового каналу в зоні завантаження, м;

h_H – глибина гвинтового каналу на початку зони дозування, м;

h_2 – глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка, м;

L_H – довжина зони дозування, м;

D – зовнішній діаметр черв'яка, м;

d_1 – діаметр сердечника в зоні дозування, м;

d_2 – діаметр сердечника на кінці черв'яка, м;

e – ширина гребеня витка черв'яка, м;

δ – зазор між черв'яком і гільзою, м.

Підставивши у вище наведені рівняння значення величин, обчислимо значення продуктивності черв'ячної машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки:

$$a = \frac{3,14^2}{1,35 \cdot 0,54} \cdot \left(\frac{9 \cdot (1,35 + 0,54)}{2 \cdot 1,35 \cdot 0,54} - 1 \right) = 156,7;$$

$$b = \frac{2,3}{(1,35 - 0,54) \cdot 9^3} \cdot \lg \frac{1,35 \cdot (9 + 3,91)}{0,54 \cdot (9 + 7,91)} + \frac{2 \cdot 1,35 \cdot 0,54 + (1,35 - 0,54) \cdot 9}{2 \cdot 9^2 \cdot 1,35^2 \cdot 0,54^2} = 1,84$$

$$; \sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot 9}{2 \cdot (1,35 - 0,54)} \cdot \lg \frac{1,35}{0,54} + \frac{9^2}{2 \cdot 1,35 \cdot 0,54} = 89,68;$$

$$\alpha = \frac{3,14 \cdot (9 - 1 \cdot 0,9) \cdot 89,68}{156,7 + 9^2 \cdot 1,84} = 292,55 \text{ см}^3;$$

$$\beta = \frac{3,14 \cdot 9 - (9 - 1,09)}{12 \cdot 45 \cdot (156,7 + 9^2 \cdot 1,84)} = 1,22 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3;$$

$$\gamma = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 0,027^3 \cdot 9^2}{10 \cdot 0,9 \cdot 45 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 9^2 + 0,9^2}} = 3,9 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3;$$

$$Q = \frac{292,55 \cdot 0,09}{0,09 + 1,22 \cdot 10^{-4} + 3,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{120}{60} = 58,42 \text{ см}^3/\text{с}.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При густині поліетилену $\rho = 0,74 \text{ кг/дм}^3$ при температурі $190 \text{ }^\circ\text{C}$ продуктивність черв'ячної машини становить:

$$Q = 155,6 \text{ кг/год.}$$

Визначення перепаду тиску в головці

Перепад тиску в головці при відомих значеннях продуктивності і коефіцієнта геометричної форми головки визначають за формулою:

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu_e}{K}, \quad (11)$$

де Q – продуктивність черв'ячної машини, кг/год;

K – коефіцієнт геометричної форми головки;

μ_e – ефективна в'язкість (визначається з графічної залежності) [].

Падіння тиску в головці складається з приватних втрат тиску на окремих ділянках.

При визначенні коефіцієнта геометричної форми голівки були обрані окремі ділянки, які в основному створюють опір проході маси розплаву в головці і сума яких дає загальний перепад тиску в голівці.

Для циліндричного круглого каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d^3}, \quad (12)$$

де Q – продуктивність черв'ячної машини, кг/год;

d – діаметр циліндричного круглого каналу, м.

$$S_1 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 6,9^3} = 1,81 \text{ с}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву $190 \text{ }^\circ\text{C}$ і швидкості зсуву $1,81 \text{ с}^{-1}$.

$$\mu_{e_1} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі становить:

$$\Delta P_1 = \frac{58,42 \cdot 2,5 \cdot 10^3}{3,08} = 0,05 \text{ МПа.}$$

На наступних ділянках швидкість зсуву і перепад тиску розраховується аналогічно формулам (11) та (13):

$$S_2 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 7,5^3} = 1,41 \text{ с}^{-1};$$

$$\mu_{e_2} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_2 = \frac{58,42 \cdot 2,4 \cdot 10^3}{6,46} = 0,02 \text{ МПа};$$

$$S_3 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 6^3} = 2,75 \text{ с}^{-1};$$

$$\mu_{e_3} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_3 = \frac{58,42 \cdot 1,2 \cdot 10^3}{1,58} = 0,044 \text{ МПа};$$

$$S_4 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 7^3} = 1,75 \text{ с}^{-1};$$

$$\mu_{e_4} = 2,45 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_4 = \frac{58,42 \cdot 2,45 \cdot 10^3}{117,42} \cdot 57 = 0,069 \text{ МПа};$$

$$S_5 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 3^3} = 22,05 \text{ с}^{-1};$$

$$\mu_{e_5} = 1,9 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_5 = \frac{58,42 \cdot 1,9 \cdot 10^3}{62,9} \cdot 57 = 0,1 \text{ МПа};$$

$$S_6 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 0,3^3} = 22050,4 \text{ с}^{-1};$$

$$\mu_{e_6} = 0,4 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_6 = \frac{58,42 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{0,21} \cdot 1085 = 0,12 \text{ МПа};$$

$$S_7 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 2^3} = 74,41 \text{ с}^{-1};$$

$$\mu_{e_7} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_7 = \frac{58,42 \cdot 1,5 \cdot 10^3}{2,09} \cdot 61 = 2,56 \text{ МПа};$$

$$S_8 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 0,7^3} = 1735,7 \text{ с}^{-1};$$

$$\mu_{e_8} = 0,5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_8 = \frac{58,42 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{0,17} \cdot 61 = 10,48 \text{ МПа};$$

Загальний тиск у головці складе:

$$\sum_{i=1}^8 \Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 + \Delta P_8 \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^8 \Delta P = 0,05 + 0,02 + 0,044 + 0,069 + 0,1 + 0,12 + 2,56 + 10,48 = 13,443 \text{ МПа}.$$

4.4. Розрахунок потужності приводу

Потужність черв'ячної машиною, що витрачається для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зрушення матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

Потужність черв'ячної машини:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (14)$$

де N_1 – потужність, що витрачається на примусове проштовхування по гвинтовому каналу черв'яка:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) \cdot L \cdot J \cdot \mu_{\text{ао}} \cdot 10^{-4}}{36 \cdot t} \cdot n^2 + \frac{a_2 \cdot \Delta P \cdot n \cdot 10^{-2}}{6}, \quad (15)$$

N_2 – потужність, що витрачається на зріз матеріалу у зазорі між вершиною витка та стінкою циліндра:

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot L \cdot \mu_{\text{ао}} \cdot 10^{-4} \cdot n}{36 \cdot \delta \cdot t}, \quad (16)$$

η – коефіцієнт корисної дії і неврахованих втрат, $\eta = 0,5$;

J – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{(D - d_2) \cdot (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2,3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_1 - h_e)} \cdot \lg \frac{h_1}{h_e}, \quad (17)$$

де t – крок гвинтової нарізки черв'яка, см;

D – зовнішній діаметр черв'яка, см;

ΔP – перепад тиску в голівці, МПа;

d_1 – діаметр черв'яка в зоні дозування, см;

d_2 – діаметр сердечника на кінці черв'яка, см;

α_2 – постійна прямого потоку;

h_n – глибина нарізки на початку зони дозування, см;

h_k – глибина нарізки на кінці черв'яка, см;

L – довжина зони дозування, см;

e – ширина гребеня витка черв'яка, см;

δ – радіальний зазор, см.

$$J = \frac{3,14^2 \cdot 9^2 - 4 \cdot 9^2}{3,14^2} + \frac{(9 - 7,91) \cdot (9 + 7,68)}{3 \cdot (7,91 - 7,68)} + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 9^5}{(9 + 3,14^2 \cdot 9^2) \cdot (1,35 - 0,54)} \cdot \lg \frac{1,35}{0,54} = 108,35$$

Швидкість зсуву в гвинтовій нарізці черв'яка для визначення ефективної динамічної в'язкості можна визначити за формулою:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 9^2 \cdot 120}{60 \cdot 0,027 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 9^2 + 9^2}} = 1994,62 \text{ с}^{-1}.$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190 °С і швидкості зсуву 1994,62 с⁻¹:

$$\mu_e = 0,14 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

$$N_2 = \frac{3,14^3 \cdot 6,3^3 \cdot 0,63 \cdot 25,2 \cdot 1,4 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4} \cdot 120^2 \cdot 10^{-2}}{36 \cdot 0,018 \cdot 6,3} = 1,8 \text{ кВт}.$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при температурі розплаву 190 °С і швидкості зсуву розплаву, яка визначається за формулою:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{\text{cp}}) \cdot (D - 2 \cdot h_{\text{cp}}) \cdot n}{60 \cdot h_{\text{cp}} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2 \cdot h_{\text{cp}})^2 - t^2}}, \quad (18)$$

де h_{cp} – середня глибина гвинтового каналу черв'яка:

$$h_{\text{cp}} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{1,35 + 0,54}{2} = 0,95 \text{ см}.$$

$$S = \frac{3,14^2 \cdot (9 - 0,95) \cdot (9 - 2 \cdot 0,95) \cdot 120}{60 \cdot 0,95 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot (9 - 2 \cdot 0,95)^2 - 9^2}} = 58,16 \text{ с}^{-1}.$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190 °С і швидкості зсуву 58,16 с⁻¹:

$$\mu_e = 0,63 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

$$N_1 = \frac{3,14^3 \cdot (9 - 0,9) \cdot 45 \cdot 108,35 \cdot 0,63 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 9} \cdot 120^2 + \frac{292,55 \cdot 51,83 \cdot 120 \cdot 10^{-3}}{6} = 4,12 \text{ кВт}$$

Т

Загальна потужність буде рівна:

$$N = N_1 + N_2 = 4,12 + 2,1 = 6,22 \text{ кВт}.$$

Враховуючи ККД машини, потужність споживана нею буде складати:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{6,22}{0,5} = 12,44 \text{ кВт}.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Розрахунок елементів черв'ячного пресу на міцність

Прийняті позначення приведені в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

Позначення	Параметри
P_n	Номінальна потужність електродвигуна, кВт
n	Частота обертання черв'яка, с ⁻¹
η_p	ККД редуктора
P	Максимальний тиск розплаву, МПа
D	Зовнішній діаметр черв'яка, м
d_0	Діаметр отвору в черв'яку для введення холодоагента, м
D_3	Діаметр стержня черв'яка в зоні завантаження, м
h_3	Висота витка черв'яка в зоні завантаження, м
d_i	Діаметри зв'язаних деталей, м
w_i	момент опору, м ³
$\mu_{кр}$	Крутний момент черв'яка, Н·м
h_T	Коефіцієнт запасу міцності по межі плинності
σ	розрахункова межа міцності, МПа
$\sigma_{зм}$	Навантаження на зминання, МПа
σ_T, τ_T	Межі плинності матеріалу, з якого виготовлений елемент черв'ячного пресу, що розраховується на міцність, МПа
F_i	Площа небезпечного поперечного перерізу, м ²
$\tau_{кр}$	Дотичне навантаження в небезпечному поперечному перерізі, МПа
$[\sigma]$	Допустиме навантаження, МПа
t	Час експлуатації, год
η	Поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації
E	Модуль пружності, МПа

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

μ	Коефіцієнт Пуансона
C_1	Додаток до товщини стінки на корозію, мм
S	Товщина стінки корпусу, мм
γ	Коефіцієнт міцності зварних з'єднань

Розрахунок черв'яка на міцність

Розрахункова схема:

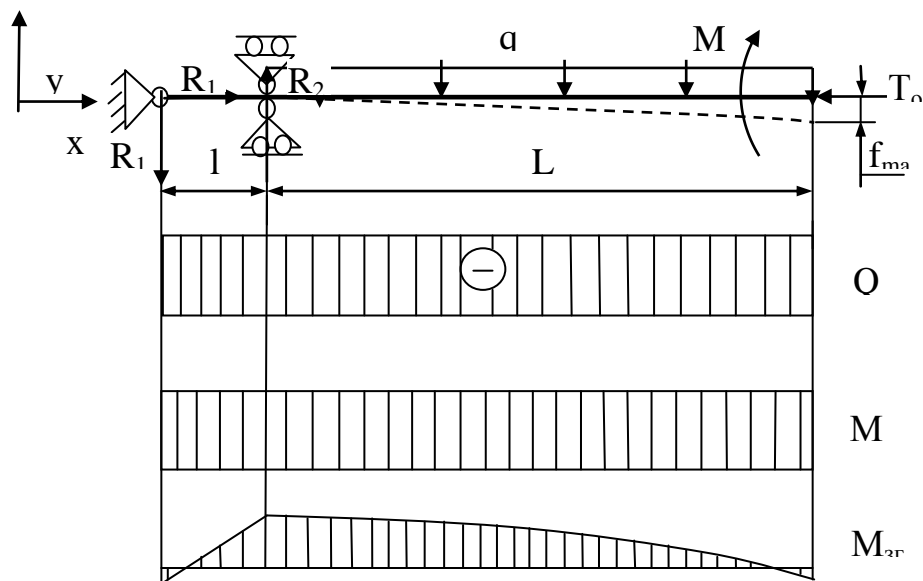


Рис. 4. – Епюри діючих моментів (кручення та згину) і поперечних сил

Вихідні дані: $P = 50$ МПа; $D = 0,09$ м; $h_3 = 0,011$ м; $d_0 = 0,016$ м.

Характеристика шліцевого евольвентного зачеплення черв'яка :

- 1) число шліців $z = 2$;
- 2) висота поверхні контакту шліців $h = 0,0035$ м;
- 3) довжина поверхні контакту шліців $l = 0,09$ м;
- 4) Середній радіус поверхні контакту шліців :

$$r_{\text{cp}} = m \cdot \frac{z}{2} \quad (20)$$

$$r_{\text{cp}} = 0,0035 \cdot \frac{24}{2} = 0,042 \text{ м}$$

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження на змінання, що виникає в шліцьовому з'єднанні, приймається рівним в межах від 0,7 до 0,8.

Матеріал черв'яка - сталь 40ХН2МА, для якого межі плинності рівні:

$$\sigma_T = 750 \text{ МПа}, \quad \tau_T = 0,6 \cdot \sigma_T, \quad \tau_T = 450 \text{ МПа}.$$

Умовне допустиме навантаження на змінання:

$$[\sigma]_{\text{д}} = 110 \text{ МПа}.$$

Діаметр стержня черв'яка в небезпечному поперечному перерізі, м:

$$d_{\zeta} = D - \Sigma h_{\zeta}, \quad (21)$$

$$d_{\zeta} = 0,09 - 2 \cdot 0,011 = 0,068 \text{ м}$$

Площа поперечного перерізу черв'яка з витками, м²:

$$F_{\zeta} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (22)$$

$$F_{\zeta} = \frac{3,14 \cdot 0,09^2}{4} = 6,36 \cdot 10^{-4}.$$

Площа сердечника черв'яка в небезпечному поперечному перерізі, м³:

$$F_{\zeta} = \frac{\pi (d_{\zeta}^2 - d_0^2)}{4}, \quad (23)$$

$$F_{\zeta} = \frac{3,14 \cdot (0,068^2 - 0,01^2)}{4} = 3,42 \cdot 10^{-3}.$$

Момент опору сердечника черв'яка в небезпечному поперечному перерізі, м³:

$$W_{\zeta} = \left(\frac{\pi}{16} \right) \cdot d_{\zeta}^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{d_0}{d_{\zeta}} \right)^4 \right], \quad (24)$$

$$W_{\zeta} = \left(\frac{3,14}{16} \right) \cdot 0,068^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,016}{0,068} \right)^4 \right] = 61,1 \cdot 10^{-6}.$$

Крутний момент на черв'яку, Н·м :

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\mu_{кр} = \frac{P_H \cdot \eta_p}{2 \cdot \pi \cdot n}, \quad (25)$$

$$\mu_{\hat{\epsilon}\delta} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 0,9}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} = 11400$$

Дотична напруга в небезпечному поперечному перерізі сердечника черв'яка, МПа:

$$\tau_{\hat{\epsilon}\delta} = \frac{\mu_{\hat{\epsilon}\delta}}{W_{\zeta}}, \quad (26)$$

$$\tau_{\hat{\epsilon}\delta} = \frac{11400}{61,1 \cdot 10^{-6}} = 186$$

Розрахункова межа міцності в небезпечному поперечному перерізі сердечника черв'яка, МПа:

$$\sigma = \frac{D \cdot F_{\dot{\zeta}}}{F_{\zeta}}, \quad (27)$$

$$\sigma = \frac{50 \cdot 6,36 \cdot 10^{-3}}{3,42 \cdot 10^{-3}} = 93$$

8.2.9 Запаси міцності :

$$n_{T\tau} = \frac{\tau_T}{\tau_{\hat{\epsilon}\delta}}, \quad (28)$$

$$n_{T\sigma} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\hat{\epsilon}\delta}}, \quad (29)$$

$$n_{T\tau} = \frac{450}{186} = 2,42; \quad n_{T\sigma} = \frac{750}{93} = 8,06;$$

$$n_T = \frac{n_{T\sigma} \cdot n_{T\tau}}{\sqrt{n_{T\tau}^2 + n_{T\sigma}^2}}, \quad (30)$$

$$n_T = \frac{2,42 \cdot 8,06}{\sqrt{2,42^2 + 8,06^2}} = 2,31.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова міцності виконується.

Перевірка шліцьового з'єднання черв'яка на зминання

Навантаження на зминання, МПа:

$$\sigma = \frac{\mu_{\text{ед}}}{z \cdot h \cdot l \cdot r_{\text{н\ddot{o}}} \cdot \varphi} \leq [\sigma], \quad (31)$$

Де $[\sigma]$ – допустиме навантаження на черв'як, МПа.

$$\sigma = \frac{11400}{24 \cdot 0,0035 \cdot 0,09 \cdot 0,042 \cdot 0,7} = 52 < 110.$$

Умова міцності виконується.

Розрахунок корпусу на міцність

Початкові дані представлені в таблиці 5.1:

Таблиця 5.1

Позначення	Параметри	Значення
D	Внутрішній діаметр корпусу, м	0,09
P	Розрахунковий тиск, МПа	100
Сталь 45	Матеріал корпусу	
σ_T	Межа плинності, МПа	400
E	Модуль пружності, МПа	$1,38 \cdot 10^5$
μ	Коефіцієнт Пуассона	0,26
φ	Коефіцієнт міцності зварних з'єднань	1
c_1	Надбавка товщини стінки на корозію, мм	1

Виконується перевірка попередньої умови тонкостінності :

Якщо $[\sigma] \cdot \varphi / P \geq 5,5$ – корпус тонкостінний;

Якщо $[\sigma] \cdot \varphi / P < 5,5$ – корпус товстостінний.

Розрахунок товщини стінки

Тонкостінний циліндричний корпус має товщину стінки :

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$S = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c + c_1. \quad (32)$$

Товстостінний циліндричний корпус має товщину стінки:

$$S = 0,5 \cdot D \left(l \frac{P \cdot n_T}{\sigma_T \cdot \varphi} \right) + c. \quad (33)$$

Виконується перевірка умови тонкостінності:

Якщо $\frac{S - C}{D} \leq 0,1$ – корпус тонкостінний;

Якщо $\frac{S - C}{D} > 0,1$ – корпус товстостінний.

Навантаження розраховується в п'яти точках:

1. $\rho = r$;
2. $\rho = r + S/4$;
3. $\rho = r + S/2$;
4. $\rho = r + 3S/2$;
5. $\rho = R$.

Визначається радіальне переміщення стінки

Радіальне переміщення стінки тонкостінного корпусу :

$$U = \frac{(2 - \mu)}{2 \cdot E \cdot S}. \quad (34)$$

Радіальне переміщення шарів товстостінного корпусу :

$$U = \frac{1}{E} \cdot \frac{Pr^2}{R^2 - r^2} \left[(1 - 2 \cdot \mu) \cdot \rho - \frac{R^2}{\rho} (1 + \mu) \right]. \quad (35)$$

Переміщення розраховується в п'яти точках.

Визначається тиск $P_{и}$, який використовується для перевірки корпусу на міцність.

Якщо $P > 0,5$ МПа, то $P_{и} = 1,25 \cdot P$; але не менше $P_{и} = P + 0,3$;

Якщо $P < 0,5$ МПа, то $P_{и} = 1,5$; але не менше 0,2 МПа.

Виконується перевірка корпусу на міцність при тиску $P_{и}$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Для тонкостінного циліндричного корпусу:

$$(\sigma_t - \sigma_r) \leq \frac{\sigma_T}{1,1} \sigma, \quad (36)$$

де $\sigma_t = \frac{P_i \cdot D}{2 \cdot S}$, $\sigma_r = -P_u$.

Для товстостінного циліндричного корпусу визначається тиск P_m , відповідний появі пластичних деформацій:

$$P_m = \sigma_t \frac{R^2 - r^2}{2R^2}. \quad (37)$$

Для товстостінного циліндричного корпусу визначається тиск P , відповідний поширенню пластичних деформацій на усю товщину стінки:

$$P = \sigma_T \cdot \ln \frac{R}{r}. \quad (38)$$

Визначається напруга в стінці товстостінного циліндричного корпусу при тиску $P_{и}$.

Якщо $P_{и} < P_m$, то матеріал знаходиться в пружній стадії, напруга обчислюється по формулах п. 8.3.6.3, підставляючи замість $P_{и}$ P_m .

Якщо $P_{и} > P$, то матеріал знаходиться в пластичній стадії, напруга обчислюється по наступних формулах:

Кільцеве навантаження:

$$\sigma_t = \sigma_T \left(1 + \ln \frac{\rho}{r} \right) - P_u. \quad (39)$$

Меридіальне напруга:

$$\sigma_N = \sigma_T \left(1 + \ln \frac{\rho}{r} \right) - P_u. \quad (40)$$

Радіальне навантаження:

$$\sigma_Z = \sigma_T \ln \frac{\rho}{r} - P_u. \quad (41)$$

Навантаження випробується в п'яти точках.

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Якщо $P_T < P_{и} < P$, то матеріал знаходиться в пружно-пластичній стадії, при цьому визначаються:

Радіус зони пластичних деформацій r_y визначається із співвідношень:

$$\frac{\beta_y^2 - 1}{2\beta_y^2} - \ln \beta_y = \frac{P}{\sigma_T} - \ln \beta; \quad (42)$$

$$\beta_y = \frac{R}{r_y}; \quad (43)$$

$$\beta = \frac{R}{r}. \quad (44)$$

Контактний тиск q на межі зон пластичних і пружних деформацій при $\rho = r_y$ визначається по формулі:

$$q = P - \sigma_T \cdot \ln \frac{r_y}{r}. \quad (45)$$

Напруги в зоні пластичних деформацій при $\rho \leq r_y$ розраховуються по формулах (39) – (41), підставляючи замість $P - P_{и}$.

Розрахунок навантаження при цьому проводиться в п'яти точках:

$$\rho = r; \quad (46)$$

$$\rho = r + \frac{r_y - r}{4}; \quad (47)$$

$$\rho = r + \frac{r_y - r}{2}; \quad (48)$$

$$\rho = r + \frac{3}{4}(r_y - r); \quad (49)$$

$$\rho = r_y. \quad (50)$$

Навантаження в зоні пружних деформацій при $\rho > r_y$ розраховуються по формулах п. 8.3.6.2, підставляючи замість ρ q .

Розрахунок навантаження при цьому виробляється в п'яти точках, що відповідають формулам (46)–(50).

Результати розрахунку.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розрахункова товщина стінки $S=22$ мм. Враховуючи розрахункове значення діаметру зовнішньої поверхні корпусу (134 мм) і послаблення поперечного перерізу корпусу різьбовим з'єднанням і канавкою для виходу різьблення по місцю установки фланців корпусу, зовнішній діаметр корпусу приймається рівним 140 мм.

Розрахунок елементів голівки на міцність

Завдання розрахунку – розрахунок на міцність наступних навантажених елементів:

- шпильок, що кріплять голівку до розподільника розплаву;
- гвинтів, що кріплять плиту фільтери до голівки.

Прийняті позначення основних параметрів і коефіцієнтів, а також їх значення приведені в таблицю. 6.1

Таблиця 6.1

Параметри елементів голівки

Позначення	Параметри	Значення
$P_{Г}$	максимальний гідравлічний опір голівки, МПа	4,6
$P_{сеч}$	тиск, діючий в перерізі, що розраховується, МПа	
T_i	сумарна сила, діюча на окремі поверхні каналу, Н	
$T_б$	осьова номінальна сила, діюча на один кріпильний елемент, Н	
$T_{р.б}$	розрахункова осьова сила, що припадає на один кріпильний елемент, і враховує податливість болта і стику, що враховує, момент сили затягування і коефіцієнт запасу на нерозкриті стики, Н	
σ_T	межа плинності матеріалу, з якого виготовлений елемент, що розраховується на міцність, МПа	220
σ_p	розрахункове навантаження розриву в елементі,	

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	що розраховується, МПа	
n_1	коефіцієнт запасу міцності.	
F_6	площа поперечного перерізу кріпильного елемента, m^2	$F_{61}=3,174 \times 10^{-4}$ $F_{62}=1,41 \times 10^{-4}$
χ	коефіцієнт, що залежить від співвідношення піддатливості кріпильних елементів і елементів стику, для з'єднання металевих деталей без прокладок, $\chi=0,2-0,3$	0,2
k_1	коефіцієнт затягування, при постійній зовнішній силі, $k_1=1,3-1,5$	1,3
z_6	кількість кріпильних елементів, шт. (z_{61} - шпильки М24, z_{62} - гвинти М16)	$z_{61}=6$ $z_{62}=18$
D_B	внутрішній діаметр перехідної втулки в місці з'єднання голівки з розподільником розплаву з урахуванням можливого ущільнення стику, м	0,07
H_ϕ	висота каналу фільтри в місці приєднання до корпусу голівки з урахуванням можливого ущільнення стику, м	0,05
B_ϕ	ширина каналу фільтри в місці приєднання до корпусу голівки з урахуванням можливого ущільнення стику, м	0,58
	Матеріал шпильок – сталь 20	

Виконуємо розрахунок на міцність шпильок, що кріплять голівку до розподільника розплаву

Силу, що відриває голівку від розподільника розплаву розраховуємо по формулі:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\dot{O} = \Delta E_A \frac{\pi}{4} D_a^2 = 4,6 \cdot 10^6 \frac{3,14}{4} 0,07^2 = 17702 \text{ Н.} \quad (51)$$

Сила, діюча на одну шпильку, :

$$\dot{O}_a = \frac{\dot{O}}{Z_{a1}} = \frac{17702}{6} = 2950 \text{ Н.} \quad (52)$$

Розрахункова сила, що доводиться на одну шпильку:

$$T_{\delta a} = [1,3 \cdot k_1 \cdot (1 - \chi)] \cdot T_a = [1,3 \cdot 1,3 \cdot (1 - 0,2)] \cdot 2950 = 4573 \text{ Н.}$$

Напруга розтягування, що виникає в шпильці:

$$\sigma_{\delta} = \frac{\dot{O}_{\delta a}}{F_{a1}} = \frac{4573}{3,174 \cdot 10^{-4}} = 14,4 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності по межі плинності :

$$n_1 = \frac{\sigma}{\sigma_p} = \frac{220}{14,4} = 15,2.$$

Виконуємо розрахунок на міцність гвинтів, що кріплять плиту фільтри до корпусу голівки.

Силу, що відриває плиту фільтри від корпусу голівки розраховуємо по формулі:

$$\dot{O} = \sum_{i=1}^6 \Delta E(\hat{A}_{\delta} \cdot \dot{I}_{\delta}) = 3,4 \cdot 10^6 \cdot 0,58 \cdot 0,05 = 98600 \text{ Н.}$$

Сила, діюча на один гвинт:

$$\dot{O}_a = \frac{\dot{O}}{Z_{a2}} = \frac{98600}{18} = 5478 \text{ Н.}$$

Розрахункова сила, що доводиться на один гвинт:

$$T_{\delta a} = [1,3 \cdot k_1 \cdot (1 - \chi)] \cdot T_a = [1,3 \cdot 1,3 \cdot (1 - 0,2)] \cdot 5478 = 8490 \text{ Н.}$$

Напруга розтягування, що виникає в гвинті:

$$\sigma_{\delta} = \frac{\dot{O}_{\delta a}}{F_{a2}} = \frac{8490}{1,41 \cdot 10^{-4}} = 60,2 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності по межі плинності:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_1 = \frac{\sigma_T}{\sigma_\rho} = \frac{400}{60,2} = 6,6.$$

Міцність елементів голівки забезпечується.

4.6 Тепловий розрахунок

Мета: визначити кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном	$N = 37 \text{ кВт},$
Продуктивність по поліетилену	$G_M = 100 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$
Початкова температура матеріалу	$T_{II} = 20^\circ \text{C},$
Кінцева температура матеріалу	$T_K = 180^\circ \text{C},$
Температура поверхні кожуха	$T_{\text{КОЖ}} = 45^\circ \text{C},$
Температура повітря	$T_B = 20^\circ \text{C},$
Ширина теплообмінної поверхні	$B = 0,23 \text{ м},$
Довжина теплообмінної поверхні	$L = 1,382 \text{ м}$
К.К.Д. приводу преса	$\eta_1 = 0,6$
К.К.Д. електродвигуна.	$\eta_2 = 0,9$

Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{Q_1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{II}) + Q_{\text{втр}} \quad (53)$$

де Q_N - кількість тепла, яке виділяється при використанні потужності і визначене:

$$Q_N = 860 \cdot N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 860 \cdot 37 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 17183 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 71996 \frac{\text{кДж}}{\text{год}},$$

$Q_{\text{втр}}$ - втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{внпр}}, \quad (54)$$

де Q_K - втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{\text{КОЖ}} - T_B), \quad (55)$$

де F - теплообмінна поверхня преса:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$F = B \cdot L = 0,23 \cdot 1,382 = 0,318 \text{ м}^2$$

α_K - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{H} \quad (56)$$

Nu - критерій Нуссельта,

λ_M - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі,

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n, \quad (57)$$

де Gr - критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\mu^2}, \quad (58)$$

Розрахункова температура:

$$T_p = \frac{T_{КОЖ} + T_B}{2} = \frac{45 + 20}{2} = 32,5^\circ\text{C}$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі:

$$\lambda_m = 9,6 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}} - \text{коефіцієнт теплопровідності},$$

$$\nu_m = 16,48 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} - \text{коефіцієнт кінематичної в'язкості},$$

$Pr = 0,3$ - критерій Прандтля

За формулою (58) знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,23^3 \cdot 9,8 \cdot 10^{12}}{16,48^2} \cdot (45 - 20) = 35,85 \cdot 10^6$$

Добуток $Gr \cdot Pr$:

$$Gr \cdot Pr = (35,85 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 25,09 \cdot 10^6$$

Критерій Нуссельта знаходимо за формулою (57) :

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n = 0,54 \cdot (25,09 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 38,22$$

						Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначається за формулою (56):

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{H} = \frac{38,22 \cdot 0,0023}{0,23} = 14,3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою (55):

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{КОЖ} - T_B) = 3,84 \cdot 0,318 \cdot (45 - 20) = 129240 \frac{\text{Дж}}{\text{год}}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{випр} = 4,9 \cdot E \cdot F \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 4,9 \cdot 0,6 \cdot 0,318^2 \cdot \left(\left(\frac{306,5}{100} \right)^4 + \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 54,3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{год}}$$

де $E = 0,6$ - степінь чорноти матеріала кожуха,

$T_1 = 306,5^\circ\text{C}$ - абсолютна температура кожуха,

$T_2 = 293^\circ\text{C}$ - абсолютна температура оточуючого середовища,

Втрати тепла в оточуюче середовище визначаємо за формулою (54):

$$Q_{втр} = Q_K + Q_{випр} = (129,4 + 54,3) \cdot 10^3 = 183,7 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{год}},$$

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{Q1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{II}) + Q_{втр} - Q_N = (100 \cdot 2,3 \cdot (180 - 20) + 183,7 - 71996) \cdot 10^3 = 36179 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{год}}$$

Для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 10 індукційних нагрівників типу ІОТ – 15 потужністю 1,5 кВт.

						Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Опис технологічного процесу з виготовлення деталі

Службове призначення та технічні вимоги, що ставляться до деталі

Згідно завдання, в дипломному проекті необхідно розробити технологічний маршрут виготовлення півмуфти яка входить в склад допоміжного привода.

Півмуфта виготовляється з сірого чавуну ГОСТ 1412-85. Півмуфта є складовою частиною муфти, яка призначена для передачі крутного моменту, тому від правильності її виготовлення залежить правильність, безударність та безперебійність роботи машини.

Заготовка для виготовлення півмуфти отримуємо литтям у форму. Ескіз заготовки зображено на рисунку 1.

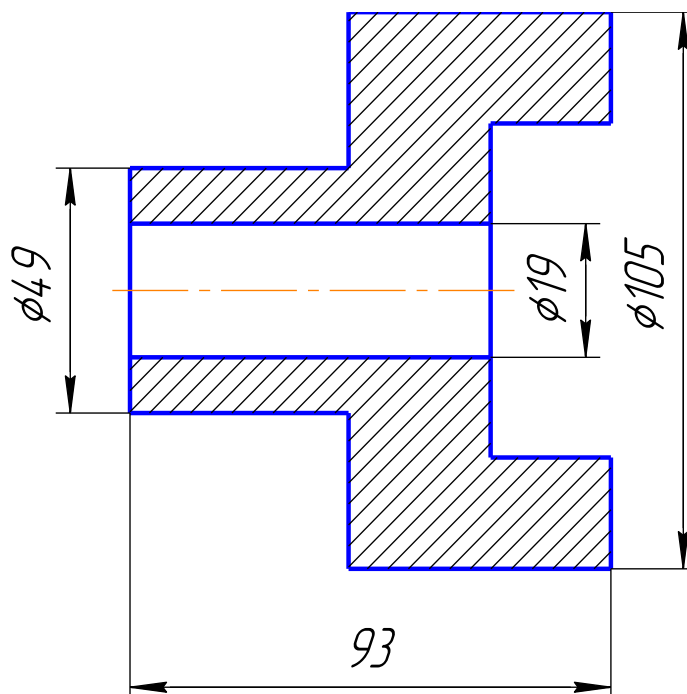


Рис 1. Ескіз заготовки

Аналіз технологічності деталі

Сучасне машинобудівне виробництво ставить до конструкції виробу високі вимоги з позиції простоти його виготовлення за умов найменших витрат матеріалу, засобів виробництва, часу. Якщо деталь відповідає цим вимогам, то вона вважається технологічною.

					ДП 15 .ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний маршрут виготовлення напівмуфти	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Пекельний ВО						
Перевір.		Костін ВБ						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.					ПУ-4-15			

Технологічність деталі – сукупність властивостей конструкції деталі, які визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті. Технологічність деталі проявляється в можливості зменшення трудомісткості і матеріаломісткості виготовлення деталі, скорочення витрат і часу на конструкційну і технологічну підготовку виробництва.

1. Тип деталі: півмуфта.
 2. В деталі наявні поверхні, які зручні для базування і закріплення при встановленні на верстатах під час всіх операцій.
 3. Матеріал деталі: СЧ30 ГОСТ 1412-85.
 4. Доступність всіх поверхонь деталі для обробки на металорізальних верстатах та безпосереднього вимірювання.
 5. Деталь високої жорсткості, бо має значну товщину.
 6. Можливість одержання потрібної точності розмірів, величини шорсткості, точності взаємного розташування поверхонь при обробці на металорізальних верстатах нормальної точності, без додаткової фінішної обробки.
 7. Відсутні специфічні вимоги до деталі.
 8. Відсутність внутрішньої різі великого діаметра.
- В цілому можна зробити висновок про технологічність деталі.

Визначення типу виробництва та його характеристика

Тип виробництва, як найбільш загальна організаційно-технічна характеристика виробництва, визначається ступенем спеціалізації робочих місць, номенклатурою об'єктів виробництва, формою руху виробів по робочим місцям. Ступінь спеціалізації робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, під яким розуміють кількість різних операцій, які виконуються на одному робочому місці.

- При $K_{30}=1$ – масове виробництво;
 $1 < K_{30} \leq 10$ - багатосерійне виробництво;
 $10 < K_{30} \leq 20$ - серійне виробництво;
 $20 < K_{30} \leq 40$ - дрібносерійне виробництво;
 $K_{30} > 40$ – одиничне виробництво.
 $K_{30}=35$ – дрібносерійне виробництво.

За технічними характеристиками дрібносерійне виробництво близьке до одиничного і характеризується випуском різноманітних заготовок практично без їх повторювальності, використанням здебільшого універсального устаткування, технологічного спорядження, інструментів і транспортних

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

засобів, низьким рівнем механізації та автоматизації. В дрібносерійному виробництві висувають переважно високі вимоги до кваліфікації робітників, збільшується кількість працівників, значно зростає вартість заготовки, переважає ручна праця, устаткування розташовують за його типом чи моделлю.

Визначення між операційних і загальних припусків на обробку

Для виготовлення деталі у беремо заготовку виготовлену литтям.

Припуски на підрізку торців становлять $2 \cdot 2,5 = 5$ мм;

Отже, заготовка являє собою виліток $\varnothing 105$ мм і довжиною 93 мм.

Розрахунок загального припуску на обробку заготовки ведемо за найбільш точним розміром $\varnothing 24H8$.

Припуск на розвертання:

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + D_2 + \sqrt{T_{np2}^2 + \varepsilon_{y3}}),$$

де Rz_2 – висота мікронерівностей, мкм;

D_2 – глибина дефектного шару, мкм;

T_{np2} – сумарне значення просторових похибок при чистовому точінні, мкм;

ε_{y3} – похибка встановлення деталі під час чорнового шліфування.

$$Rz_2 = 10_{\text{мкм}} \quad D_3 = 20_{\text{мкм}}$$

При установці деталі в патрон $T_{np1} = 0$ мкм, $\varepsilon_{y2} = 0$.

$$2Z_{3\min} = 2(10 + 20) = 60_{\text{мкм}}$$

$$2Z_{3\max} = 2Z_{3\min} + T_2 - T_3 = 60 + 130 - 39 = 151_{\text{мкм}}$$

де T_2 – допуск при зенкеруванні, $T_2 = IT11 = 130$ мкм,

T_3 – допуск при розвертанні, $T_3 = IT8 = 39$ мкм;

$$2Z_{3\text{ном}} = (2Z_{3\max} + 2Z_{3\min}) / 2 = (151 + 60) / 2 = 105,5_{\text{мкм}};$$

Припуск на зенкерування:

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{T_{np1}^2 + \varepsilon_{y2}^2}),$$

де Rz_1 – висота мікронерівностей, мкм;

D_1 – глибина дефектного шару, мкм;

T_{np1} – сумарне значення просторових похибок при зенкеруванні, мкм;

ε_{y3} – похибка встановлення деталі.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Rz_1 = 25 \text{ мкм} \quad D_1 = 25, \text{ мкм}$$

При установці деталі в патрон $T_{np1} = 100 \text{ мкм}$, $\varepsilon_{y2} = 0$.

$$2Z_{2\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{100^2 + 0^2}) = 300 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2 = 300 + 330 - 130 = 500 \text{ мкм}$$

де T_1 – допуск при зенкеруванні, $T_1 = IT13 = 330 \text{ мкм}$,

T_2 – допуск при свердлінні, $T_2 = IT11 = 130 \text{ мкм}$,

$$2Z_{2\text{НОМ}} = (2Z_{2\max} + 2Z_{2\min})/2 = (500 + 300)/2 = 400 \text{ мкм};$$

Припуск на свердління:

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_0 + D_0 + \sqrt{T_{np0}^2 + \varepsilon_{y1}^2}),$$

де Rz_0 - висота мікронерівностей, мкм;

D_0 - глибина дефектного шару, мкм;

T_{np0} - сумарна просторова похибка, мкм;

$Rz_0 = 100 \text{ мкм}$, $D_0 = 100, \text{ мкм}$ $T_{np0} = 800 \text{ мкм}$

ε_{y1} - похибка встановлення;

Під час встановлення деталі в патрон $\varepsilon_{y1} = 0 \text{ мкм}$

$$2Z_{1\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{800^2 + 0^2}) = 2000 \text{ мкм}$$

Загальний припуск:

$$2Z_{\text{СУМ}} = \sum 2Z_{i \text{НОМ}} = 105,5 + 400 + 2060 = 2505,5 \text{ мкм}$$

приймаємо $2Z_{\text{СУМ}} = 2,5 \text{ мм}$.

Коефіцієнт використання матеріалу становить:

$$K_B = M_d / M_3 = 0,87;$$

де M_d – маса деталі, кг;

M_3 – маса заготовки, кг.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розробка технологічного процесу механічної обробки
Основні технологічні задачі, що вирішуються в процесі обробки
деталі

На основі креслення деталі визначаємо основні технологічні задачі, які вирішуються в процесі обробки деталі:

1. Забезпечити циліндричність поверхні $\varnothing 24H8$;
2. Забезпечити правильність розміщення отвору M12-7H відносно шпонкового пазу;
3. Забезпечити співвісність та паралельність шпонкового пазу 6Js9 відносно бази А.
3. Забезпечити глибину шпонкового пазу $15^{+0,1}$.

Розробка технологічного маршруту

Ознайомившись з технологією виготовлення деталі, складаємо технологічний маршрут, враховуючи рекомендації щодо оброблення поверхонь з точними розмірами.

При розробленні технологічного маршруту вибираємо методи оброблення, кріплення та базування заготовки, що забезпечують надійність та точність виготовлення.

Припуски на обробку визначаємо дослідно-статистичним шляхом.

Верстати обираємо поопераційно залежно від виду виконуваних робіт, розмірів і конструктивних особливостей деталі.

Оброблювальні інструменти вибираються на кожний перехід відповідно до прийнятих методів оброблення.

З метою контролю технологічного процесу для кожного переходу призначаємо відповідні засоби контролю.

Розрахунки і вибір режимів оброблення

Оптимальні режими оброблення забезпечують нормальні умови експлуатації технологічного обладнання і максимальну продуктивність праці.

Складовими елементами режиму різання в металообробці є глибина, подача, швидкість та сили різання. Дані елементи (швидкість та потужність) визначимо за допомогою розрахунків, для визначення решти елементів скористаємося нормативними таблицями.

Операція 10 токарна

Перехід 10.1: точити поверхню 1 до $\varnothing 44$ мм;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1. Вибираємо глибину різання. Припуск на обробку точимо за один прохід (в даному випадку це можливо, тому що припуск незначний). Глибина різання $t = 2,5$ мм.

2. За нормативними таблицями призначаємо подачу в залежності від діаметра заготовки, прийнятої глибини різання, розмірів тіла різця, характеристик оброблюваного матеріалу.

При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром 40–60 мм з глибиною різання до 3 мм та перетином тіла різця 16×25 мм подача повинна бути в інтервалі $S=0,6\dots0,9$ мм/об (табл. 1, додаток А). За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 (табл. 6, додаток А) приймаємо подачу $S_v=0,7$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}};$$

де T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60 - 90хв для різців зі швидкоріжучої сталі і 90 – 120хв для різців із твердосплавною ріжучою пластинкою);

C_v – постійний коефіцієнт швидкості різання для даних режимів різання (табл. 4, додаток А).

$$V = \frac{168}{120^{0,2} 3^{0,15} 0,7^{0,4}} = 63,08 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 63,08}{\pi \cdot 48} = 418,52 \text{ об/хв.}$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, мм;

5. Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо ближче менше значення $n_g=400$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 48 \cdot 400}{1000} = 60,29 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

де $L_0 = 48$ мм – довжина оброблення безпосередньо на деталі;

$L_1 = 3$ мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 3 \operatorname{ctg} 45^\circ = 3$ мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 3$ мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_p = 48 + 3 + 3 + 3 = 57 \text{ мм.}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{57}{400 \cdot 0,7} = 0,2 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ хв.}$$

$t_1 = 0,1$ хв. – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.).

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

Перехід 10.2: точити поверхню 2 $\varnothing 44$ мм на $l = 40$ мм;

1. Вибираємо глибину різання. Глибина різання $t = 2$ мм.

2. При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром 40–60 мм з глибиною різання до 3 мм та перетином тіла різця 16×25 мм подача повинна бути в інтервалі $S = 0,6 \dots 0,9$ мм/об (табл. 1, додаток А). За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 (табл. 6, додаток А) приймаємо подачу $S_v = 0,7$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}};$$

де T – середнє значення періоду стійкості різця;

C_v – постійний коефіцієнт швидкості різання для даних режимів різання (табл. 4, додаток А).

$$V = \frac{143}{120^{0,2} 2^{0,15} 0,7^{0,35}} = 67,03 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 67,03}{\pi \cdot 48} = 444,73 \text{ об/хв.}$$

де $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм;

5. Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо ближче менше значення $n_g = 400$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_a = \frac{\pi D_{заг} n_a}{1000} = \frac{\pi \cdot 48 \cdot 400}{1000} = 60,3 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L_0 = 40$ мм – довжина оброблення безпосередньо на деталі;

$L_1 = 3$ мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 2 \operatorname{ctg} 45^\circ = 2$ мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 3$ мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 40 + 3 + 2 + 3 = 48 \text{ мм.}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{48}{400 \cdot 0,7} = 0,17 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,1$ хв. – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.26);

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

Перехід 10.3: зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ пов. 3 та 4;

1. Вибираємо глибину різання. Глибина різання $t = 2$ мм.

2. При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром 40–60 мм з глибиною різання до 3 мм та перетином тіла різця 16×25 мм подача повинна бути в інтервалі $S = 0,6 \dots 0,9$ мм/об (табл. 1, додаток А). За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 (табл. 6, додаток А) приймаємо подачу $S_v = 0,7$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,4}};$$

де T – середнє значення періоду стійкості різця;

C_v – постійний коефіцієнт швидкості різання для даних режимів різання (табл. 4, додаток А).

$$V = \frac{168}{120^{0,2} 2^{0,15} 0,7^{0,4}} = 67,03 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 67,03}{\pi \cdot 44} = 485,16 \text{ об/хв.}$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, мм;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

5. Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо ближче менше значення $n_e=400\text{об/хв.}$

6. За прийнятим значенням n_e визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\dot{a}} = \frac{\pi D_{\dot{a}} n_{\dot{a}}}{1000} = \frac{\pi \cdot 44 \cdot 400}{1000} = 55,26 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_0 = 100$ мм – довжина оброблення безпосередньо на деталі;

$L_1 = 3$ мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 2 \operatorname{ctg} 45^\circ = 2$ мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 3$ мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 100 + 3 + 2 + 3 = 108 \text{ мм.}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L_p}{n_a S_{\dot{a}}} = \frac{108}{400 \cdot 0,7} = 0,39 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,14 = 0,24 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,1$ хв. – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.).

$t_2 = 0,06 + 0,08 = 0,14$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу для операції 10 токарна.

Норма оперативного часу:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{доп}} = 0,76 + 0,66 = 1,42 \text{ хв.};$$

Визначимо норму часу на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс}} = 0,025 \cdot 1,42 = 0,04 \text{ хв.,}$$

Визначимо норму підготовчо – заключного часу:

$$T_{\text{п.з.}} = 21 \text{ хв. (табл. 24, 2),}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо норму часу на відпочинок та перерви:

$$T_{\text{від}}=0,04 \cdot 1,42 = 0,057 \text{ хв.}$$

Визначимо норму штучного часу:

$$T_{\text{шт}}=1,42 + 0,04 + 0,057 = 1,52 \text{ хв.}$$

Визначимо норму штучно – калькуляційного часу для операції 10:

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,52 + 21/100 = 1,73 \text{ хв.}$$

Операція 50 Фрезерувальна :

Перехід 50.1: фрезерувати поверхню 10 $l=60\text{мм}$;

1. Визначаємо глибину фрезерування t і ширину b , які залежать від установки оброблюваної поверхні відносно фрези (табл. 12, додаток Б).

Глибина фрезерування буде $t=2\text{мм}$, а ширина фрезерування $b=60\text{мм}$.

2. Визначимо подачу на зуб фрези при фрезеруванні паза глибиною $t=2\text{мм}$ і шириною $b=60\text{мм}$ дисковою фрезою із швидкоріжучої сталі. Рекомендована подача на зуб фрези (табл. 9, додаток Б) $S_z = 0,07 \text{ мм/зуб}$.

3. Визначимо розрахункову швидкість різання, яка розраховується за допомогою емпіричної формули згідно табл. 12, додатку Б. При обробці сірого чавуну дисковими фрезами з швидкорізальної сталі:

$$V = \frac{89,4 D_\phi^{0,2}}{\phi^{0,15} t^{0,5} S_z^{0,2} B^{0,1} Z^{0,1}} = \frac{89,4 \cdot 80^{0,2}}{60^{0,15} 2^{0,5} 0,07^{0,2} 60^{0,1} 18^{0,1}} = 69,56 \text{ м/хв.}$$

де $T=60\text{хв}$ – стійкість фрези, яку призначаємо у відповідності з табл. 10, додатку Б, $Z=18$ – кількість зубців фрези;

4. Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_\phi} = \frac{1000 \cdot 69,56}{\pi \cdot 80} = 276,9 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо за паспортом горизонтально-фрезерного верстата 6М12П (табл. 2, додаток Б), і приймаємо найближче менше значення $n_\phi=225\text{об/хв.}$, яке використовується у подальших розрахунках.

6. За прийнятним значенням n_ϕ визначається фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D_\phi n_\phi}{1000} = \frac{\pi \cdot 80 \cdot 225}{1000} = 56,52 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо подачу на 1 оберт фрези: $S_{\text{об. фр}} = S_z \cdot z$;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Визначимо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = S_{об. фр} n_g = 0,07 \cdot 18 \cdot 225 = 283,5 \text{ мм/хв.}$$

9. Із ряду паспортних даних горизонтально-фрезерного верстата 6М12П (табл. 2, додаток Б) приймаємо поперечну подачу $S_{хв_g} = 250 \text{ мм/хв.}$

10. Розрахункова довжина обробки :

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2$$

де $L_0 = 100 \text{ мм}$ – довжина фрезерування,

$L_1 = 2 \text{ мм}$ – відстань підводу інструменту до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = 11,5 \text{ мм}$ – відстань врізання і перебіг у інструмента, яка залежить від типу фрези (табл. 14 додаток Б).

$$L_p = 100 + 2 + 11,5 = 113,5 \text{ мм}$$

10. Основний час на перехід 50.1 знаходимо за формулою:

$$t_0 = L_p / S_{хв_g} = \frac{113,5}{250} = 0,45 \text{ хв.}$$

Визначимо норму штучно – калькуляційного часу для операції 50 фрезерна:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + T_{п.з.}/n,$$

де $T_{шт}$ – норма штучного часу, хв;

$T_{п.з.}$ – норма підготовчо – заключного часу, хв;

n – кількість деталей в операції, шт.

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{від},$$

де $T_{оп}$ – норма оперативного часу, хв;

$T_{обс}$ – норма на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{від}$ – норма на відпочинок та перерви, визначається у відсотках від $T_{оп}$, хв.

$$T_{оп} = T_0 + T_{доп} = 0,45 + 1,09 = 1,54 \text{ хв.};$$

де T_0 – норма основного часу, призначена при розрахунках режимів різання,

$T_{доп}$ – норма допоміжного часу, хв.

Визначимо норму часу на обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = 0,04 \cdot 1,54 = 0,06 \text{ хв.},$$

Визначимо норму підготовчо – заключного часу:

$$T_{п.з.} = 17 \text{ хв. (табл. 36, 2),}$$

Визначимо норму часу на відпочинок та перерви:

$$T_{від} = 0,07 \cdot 1,54 = 0,11 \text{ хв.}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо норму штучного часу:

$$T_{шт} = 1,54 + 0,06 + 0,11 = 1,71 \text{ хв.}$$

Визначимо норму штучно – калькуляційного часу для операції 30:

$$T_{шт.к.} = 1,54 + 17/100 = 1,71 \text{ хв.}$$

Операція 60: свердлильна

Перехід 60.1: свердлити отвір $\varnothing 10,3$ мм пов.11;

1. Глибина різання при свердленні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору: $t = \frac{d_{на}}{2} = \frac{10,3}{2} = 5,15 \text{ мм}$.

2. При свердленні чавунних деталей подача вибирається з інтервалу $S = 0,21 - 0,25$ мм/об (табл. 1, додаток В). За паспортними даними верстата приймаємо подачу $S_v = 0,22$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра свердла та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу (табл. 8, додатка В), за емпіричною формулою:

$$V = \frac{9,2 d_{на}^{0,25}}{T^{0,125} S^{0,55}} = \frac{9,2 \cdot 10,3^{0,25}}{35^{0,125} 0,22^{0,55}} = 24,3 \text{ м/хв.};$$

де $T = 35$ хв – середнє значення періоду стійкості свердла (табл. 6, додатку В).

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_a}{\pi \cdot d_{на}} = \frac{1000 \cdot 24,3}{\pi \cdot 10,3} = 751,3 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_g = 710$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_g визначається фактична швидкість різання:

$$V_a = \frac{\pi \cdot d_{сд} \cdot n_a}{1000} = \frac{\pi \cdot 10,3 \cdot 710}{1000} = 22,96 \text{ м/хв.}$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3 = 12 + 2 + 5 = 19 \text{ мм};$$

де $L_d = 10$ мм – глибина свердління;

$L_1 = 2 \dots 3$ мм – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачею;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу свердла: $L_2 + L_3 = 6$ мм,

(табл. 5, додаток В);

8. Основний час на свердлення отвору:

$$t_0 = \frac{L_c}{S_a \cdot n_a} = \frac{19}{0,22 \cdot 710} = 0,12 \text{ хв.}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перехід 60.2: нарізати різьбу М12-7Н пов. 11

Подачу, частоту обертання шпинделя приймаємо такими ж, як для попереднього переходу.

$$\text{Основний час на нарізання різьби становить: } t_0 = \frac{L_{\xi}}{S_a \cdot n_a} = \frac{21}{0,22 \cdot 710} = 0,13 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу для операції 60 свердлильна.

Норма оперативного часу:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{доп}} = 0,25 + 0,34 = 0,59 \text{ хв};$$

Визначимо норму часу на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс}} = 0,015 \cdot 0,59 = 0,01 \text{ хв.},$$

Визначимо норму підготовчо – заключного часу:

$$T_{\text{п.з.}} = 14 \text{ хв. (табл. 49, 2),}$$

Визначимо норму часу на відпочинок та перерви:

$$T_{\text{від}} = 0,06 \cdot 0,59 = 0,035 \text{ хв.}$$

Визначимо норму штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 0,59 + 0,01 + 0,035 = 0,64 \text{ хв.}$$

Визначимо норму штучно – калькуляційного часу для операції 60:

$$T_{\text{шт.к.}} = 0,64 + 14/100 = 0,78 \text{ хв.}$$

Опис конструкції та роботи пристрою

Відповідно до завдання в курсовій роботі спроектовано пристрій для виконання технологічної операції 30 (протягувальна), а саме для протягування шпонкового пазу 6Js9.

Пристрій складається з таких основних деталей: планшайби, закріпленого на ній фіксуючого механізму, затискного гвинта, напрямного вала для протяжки.

Деталь встановлюється отвором $\varnothing 24\text{H}8$ на напрямний вал, впирається в планшайбу, орієнтується за допомогою фіксуючого механізму та затискається за допомогою гвинта.

Правильне розташування пазу відносно виступів півмуфти забезпечується наявністю спеціального фіксуючого механізму, який закріплено за допомогою двох болтів М8 на планшайбі.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Простота конструкції пристрою забезпечує швидке, надійне та точне встановлення деталі та виконання технологічної операції, а отже і ефективно використання робочого часу.

Розрахунок і конструювання протяжки

Крок зубців протяжки повинен бути таким, щоб забезпечити рівномірне навантаження, а, отже, рівномірний процес різання.

Величина кроку визначає кількість ріжучих і калібруючих зубців, кількість одночасно працюючих зубців та довжину протяжки.

Крок ріжучих зубців протяжки залежить від довжини L оброблюваної деталі і підраховується за формулою:

$$t = (1,25 \div 1,5) \sqrt{L} = 1,25 \cdot \sqrt{66} = 10,16 \text{ } \dot{\text{и}}$$

Величина нормального припуску:

$$A = 0,005D + (0,1 \div 0,2) \sqrt{L} = 0,005 \cdot 24 + 0,15 \sqrt{66} = 1,33 \text{ } \dot{\text{и}}$$

де L – довжина деталі, мм;

D – діаметр деталі, мм;

Ширина зрізу b для шпонкової протяжки дорівнює ширині паза ($b=6\text{мм}$).

Площа поперечного перерізу, що припадає на один зуб, для шпонкової протяжки становить:

$$f = s_z \cdot b = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ } \dot{\text{и}}^2$$

де s_z – подача (підйом) зуба, мм (відповідно до рекомендацій $s_z=0,06 - 0,2$ мм/зуб;

b – ширина паза, мм;

Число ріжучих зубців протяжки становить:

$$z_p = \frac{A}{2s_z} + (2 \div 4) = \frac{1,33}{2 \cdot 0,1} + 2 = 8$$

Сумарна площа поперечного перерізу зрізу:

$$F = f \cdot z = 0,6 \cdot 8 = 4,8 \text{ } \dot{\text{и}}^2$$

Кількість одночасно працюючих зубців:

$$z_{\text{max}} = \frac{L}{t} + 1 = \frac{66}{10,16} + 1 \approx 7$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Швидкість різання (м/хв.) визначається за такою формулою:

$$v_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^y};$$

де T - період стійкості протяжки, хв (приймається в межах 106...500хв);
 C_v - коефіцієнт, що залежить від якості оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини інструмента, умов різання та ін.; ($C_v = 5,1$).

m, y - показники степені (табульовані довідкові величини, які беруться з довідників, в даному випадку $m=0,6; y=0,95$).

$$v_p = \frac{5,1}{300^{0,6} \cdot 0,1^{0,95}} = 1,48 \text{ м/хв}$$

Сила різання при протягуванні залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, геометричних параметрів зубців протяжки, подачі, числа та форми зубців, що одночасно знаходяться в роботі:

$$P_z = F \cdot \sum b,$$

де F – сила різання, віднесена до 1мм довжини ріжучої кромки, в кГ/мм;
($F = 472,6$ кГ/мм);

$\sum b$ – сумарна довжина ріжучих кромки всіх одночасно працюючих зубців, мм;

$$\sum b = \frac{b \cdot n}{z_c} z_{\max} = \frac{6 \cdot 1}{1} \cdot 7 = 42 \text{ мм}$$

де b – ширина паза, мм;

n – число шпонок;

z_c – число зубців в секції (для протяжок, що працюють за звичайною схемою різання $z_c=1$);

z_{\max} – найбільше число одночасно працюючих зубців;

$$P_z = 472,6 \cdot 42 = 19849,2 \text{ Вт}$$

Потужність при протягуванні визначаємо за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{P_z \cdot v_p}{60 \cdot 102} = \frac{19849 \cdot 1,48}{60 \cdot 102} = 4,8 \text{ кВт}$$

Найменша необхідна потужність електродвигуна:

$$N_a = \frac{N_{\text{дв}}}{\eta} = \frac{4,8}{0,84} = 5,7 \text{ кВт}$$

де η – ККД станка, приймається в межах 0,75 – 0,9.

Тягове зусилля станка:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$Q = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_a \cdot \eta}{v_p} = \frac{60 \cdot 102 \cdot 5,7 \cdot 0,84}{1,48} = 19799 \text{ м}$$

Довжина ріжучої частини протяжки становить:

$$l_p = t \cdot z = 10,16 \cdot 8 = 81,28 \text{ м}$$

Довжина хвостовика, шийки, передньої та задньої напрямних протяжки приймаються з врахуванням розмірів хвостовика, патрона станка, пристрою для протягування деталі. Загальна довжина протяжки дорівнює сумі окремих її частин.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

6. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ

Монтаж, налагоджування, обслуговування та ремонт машини здійснюється у відповідності з технічним описом і інструкції по експлуатації.

Підготовка машини до експлуатації

Монтажно-технологічні вимоги до черв'ячного преса по ГОСТ 14.201-83

При монтажі, наладці, експлуатації і технічному обслуговуванні черв'ячного преса необхідно притримуватись норм і правил зазначеними наступними документами:

- правила облаштування електрообладнання;
- правила безпеки експлуатації електрообладнання користувачем.

До роботи з машиною допускаються особи яким виповнилось 18 років, маючи класифікаційну групу з техніки безпеки не нижче другої і пройшли медичний огляд на допуск до роботи. В якості наладчиків - особи, маючі кваліфікаційну групу по ТБ не нижче третьої.

До роботи з черв'ячним пресом допускаються особи, які вивчили керівництво по експлуатації, інструкцію по ТБ при роботі на даному обладнанні, а також пройшовши місцевий інструктаж по охороні праці.

При підключенні машини до електромережі в стаціонарній проводці повинен передбачатися прилад відключення, в якому розрив між контактами у вимкненому положенні складає не менше 3 мм на всіх полюсах. Ремонт черв'ячного преса проводиться наладчиком обладнання тільки після відключення машини від електро- та пневмомережі і охолодження корпусу (не менше 30 хвилин).

Забороняється промивання водою під тиском, вологи і забруднення із зовнішніх поверхонь пульта керування, силового модуля і корпусу нагрівача потрібно проводити відключення машини від електромережі.

					ДП 15 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пекельний ВО			Монтаж налагоджування та ремонт	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.		Костін ВБ						
Реценз.						ПУ-4-15		
Н. Контр.								
Затверд.								

У випадку попадання вологи на внутрішні поверхні пульта керування забороняється експлуатація черв'ячного преса до повного висихання вологи.

Машина повинна утримуватися в чистоті, робочі органи машини, зв'язані з продуктом, в неробочий час повинні бути чистими і не повинні містити залишки продуктів.

Порядок встановлення машини

З'ясувати цілісність упаковки. У випадку порушення цілісності упаковки складається акт і викликається представник підприємства - виготовлювача. Без представника підприємства - виготовлювача розпакування машини з порушеною упаковкою забороняється.

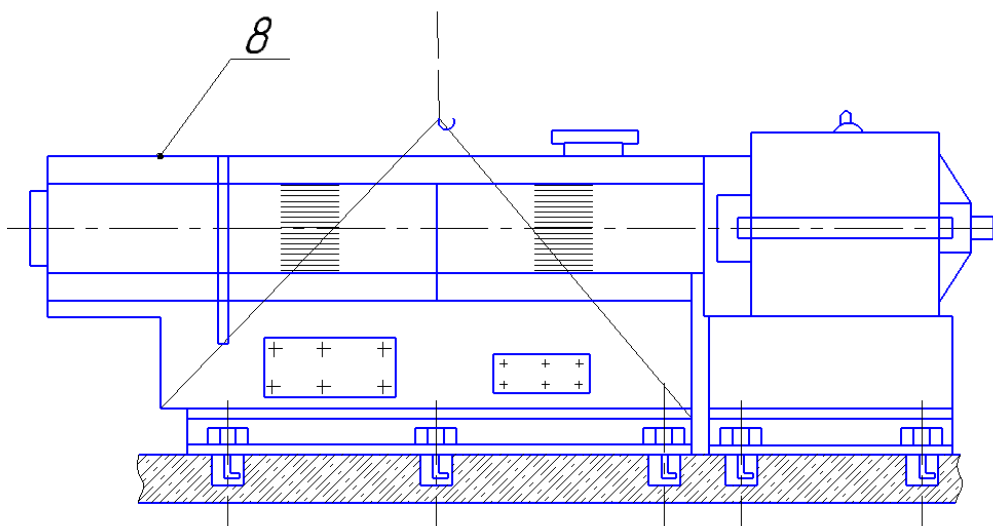


Рис. 1 Схема строповки черв'ячного преса

Машину розміщують в приміщенні, яке відповідає діючим санітарним нормам і правилам для підприємств харчової промисловості. Підлога повинна мати нахил для вільного зливання обробленої води в каналізацію.

Регулювати елементи корпусу черв'ячного преса так, щоб забезпечити невеликий нахил (1-3 мм від оператора) верхньої частини машини для вільного зливу води при промиванні.

Підключити машину до цехової магістралі занулення. Відрегулювати регулятором тиску блока Підключити установку до трьохфазної мережі

						Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перемінного струму напругою 220В і частотою 50Гц із заземленим проводом.

Перевірка роботи машини в налагоджувальному режимі. Перевірити роботу кожного механізму машини, при необхідності виконати регулювання.

Технічне обслуговування машини

Технічне обслуговування (ТО) машини проводяться з метою підтримання її постійної працездатності і здійснюється по системі планово-попереджувального ремонту (ППР).

В планово-попереджувальний ремонт машини входять такі види ТО:

- технічне обслуговування при експлуатації;
- періодичне технічне обслуговування;
- поточний ремонт (ПР);
- капітальний ремонт (КР).

Періодичність технічного обслуговування і ремонт:

- технічне обслуговування при експлуатації-кожну зміну;
- періодичне технічне обслуговування-один раз в місяць;
- поточний ремонт-один раз в 3 місяці;
- капітальний ремонт-один раз в 4 роки.

Міри безпеки

В разі зупинки черв'ячного преса на термін більше одного місяця, необхідно вжити заходи по її захисту від корозії, механічних пошкоджень з використанням засобів консервації, чохлів, захисних огорожень.

Порядок технічного обслуговування машини

Технічне обслуговування при використанні - щоденний догляд за діючою машиною в процесі її експлуатації - проводиться між поточним і капітальним ремонтами. Спеціальна зупинка для проведення цього виду ТО не допускається. ТО проводиться робітниками, які експлуатують машину.

В ТО при використанні входять наступні роботи:

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- технічний огляд, нагляд за роботою механізмів і машин в цілому, а також регулювання механізму;
- очищення вузлів черв'ячного преса від залишків продуктів;
- перевірка заземлення машини;
- повна санітарна обробка черв'ячного преса, а також протирання лицевої сторони.

Від якості ТО при експлуатації залежить довговічність черв'ячного преса, скорочення кількості і об'єм ремонту, зниження затрат на експлуатацію.

ТО комплектуючих деталей черв'ячного преса проводиться у документіах. Періодичне ТО є основним видом профілактичних робіт, забезпечуючи підтримку черв'ячного преса в постійному робочому стані.

Періодичне ТО обслуговування є частиною ремонтного циклу і проводиться по графіку ППР під час планової зупинки черв'ячного преса, незалежно від її стану, силами працівників підрозділу по ремонту і ТО технологічного обладнання.

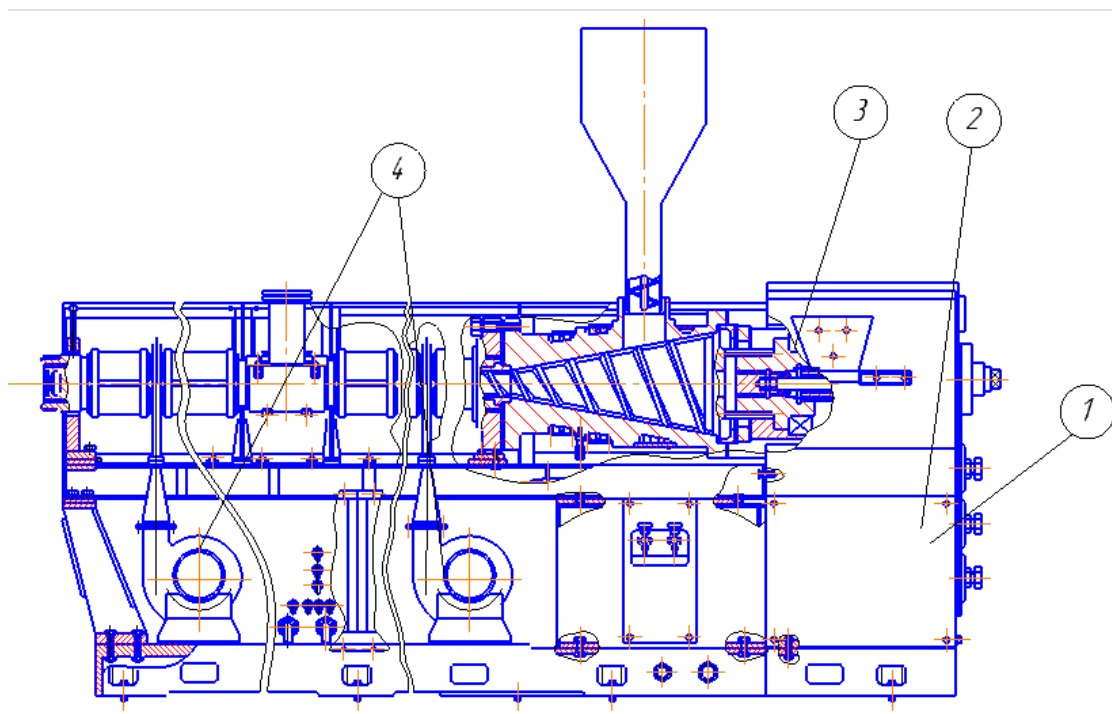
В періодичне ТО входять наступні роботи:

- перевірка технічного стану і огляд механізмів машини, а також їх деталей, без розбирання;
- усунення витікання змазки;
- усунення витікання повітря і вакууму в системі трубопроводів блока підготовки повітря і машини в цілому;
- перевірка стану електрообладнання і заземлення машини, її складових частин, заміна непридатних комплектуючих виробів;
- змащення поверхні тертя складальних одиниць і деталей, підшипників (таблиця).
- технічне обслуговування комплектуючих виробів, які входять в склад машини, відповідно з їх експлуатаційними документами.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні вузли для змащування

№ позиції	Найменування і позначення змащуемого вузла	Найменування змащувального матеріалу	Кількість точок змащування	Спосіб нанесення мастила	Періодичність
1	Підшипники ротора електродвигуна приводу черв'ячного преса	УС-З(Т) ГОСТ 1033-51	2	Потрібно заповнити порожнину корпусу підшипника на 2/3 мастилом, потім раз на три місяці додавати в кожну порожнину 10 г мастила.	Зміну мастила проводити після промивки підшипників один раз в 6-8 місяців
2	Редуктор	Солідол М та мастило індустріальне 30, ГОСТ 20799-75	5	Підшипники редуктора змащуються за допомогою прес-мастилок, для змащування зубчастих коліс мастило заливається у порожнину редуктора крізь оглядове вікно.	Перший раз після місячної експлуатації, потім 1 раз в 6 місяців
3	Вузол опірного підшипника	Мастило ТАП -15 ГОСТ 23652-79	3	До місць змащування мастило потрапляє по системі вимушеного змащування від насоса типу 12С 76-НМ	Перший раз після місячної експлуатації, потім 1 раз в 4 місяці
4	Підшипники електродвигунів вентиляторів				



Точки змащування

Консервація (розконсервація, переконсервація)

У випадку довгострокової перерви в роботі металеві непофарбовані поверхні машини, крім деталей із неіржавіючої сталі, таблички з надписами, запасні частини і інструменти повинні бути законсервованими мастилом консерваційним марки К-17 ГОСТ 10847-76. Запасні частини, інструменти і

					Арк.
					2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

принади, крім виготовлених із корозійних матеріалів і маючи великі габаритні розміри, повинні бути законсервовані і вкладені в окремий ящик.

Пульт керування повинен бути закритий чохлам із поліетиленової плівки Тс 0,15 перший сорт ГОСТ 10354-82.

Розконсервація черв'ячного преса проводиться дерев'яною лопаткою і віхтем, змочений в бензині марки Б-70, або уайт - спириті з наступним протиранням чистого віхтя і санітарною обробкою поверхнею, взаємодіючих з продуктами.

Регулювання і випробовування

Відрегулювати установку датчиків, якщо в процесі технічного обслуговування їх положення мінялось, або проводилась їх заміна. Спрацьовування датчиків контролювати по ввімкненню світло діодів на пульті керування.

Поточний ремонт машини

Поточний ремонт машини є мінімальним по об'єму видом ремонту, забезпечуючи нормальну і безаварійну роботу машини до наступного планово-попереджувального, або капітального ремонту.

Поточний ремонт проводиться у відповідності з попередньо затвердженим графіком ППР на місці експлуатації машини підрозділом по ремонту технологічного обладнання.

При поточному ремонті виконують такі роботи:

- всі роботи, проведені при періодичному технічному огляді;
- розбирання і ремонт окремих збірних одиниць і деталей механізмів із заміною непридатних (спрацьованих) деталей;
- заміна деталей які вийшли із ладу ущільнення, рукавів, трубок, елементів електроапаратури;
- заміна або поповнення змазки в підшипникових вузлах.

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Капітальний ремонт

Капітальний ремонт є видом ремонту, який забезпечує встановлення машини технічного стану і технічних параметрів черв'ячного преса.

Капітальний ремонт черв'ячного преса проводиться у відповідності із попередньо затвердженим графіком ППР на місці експлуатації черв'ячного преса силами підприємства споживача, або на ремонтному підприємстві.

Капітальний ремонт включає в себе наступні роботи:

- по детальне розбирання збірних одиниць механізмів черв'ячного преса;
- оцінка стану і дефектація з заміною деталей і збірних одиниць механізмів черв'ячного преса;
- оцінка стану і дефектація із наступною заміною елементів електрообладнання і електромонтажу черв'ячного преса;
- виготовлення на підприємстві-виготовлювачі машини необхідних збірних одиниць і деталей;
- оцінка стану і дефектація із слідуючою заміною покупних виробів (кранів, вентилів, електроапаратури, підшипників, ущільнень, кріпильних виробів та ін.)
- повне встановлення гальванічних і лакофарбових покриттів;
- збірка, наладка, регулювання механізмів черв'ячного преса в цілому;
- проведення випробовувань в об'ємі, визначеному в технічних умовах на машину.

Для забезпечення нормальної роботи в період досягнення середнього терміну служби машини підприємство-споживач може виконувати заміну відповідних деталей шляхом їх виготовлення по кресленнях. перевірка працездатності машини після проведення капітального ремонту.

У випадку незмоги забезпечення працездатності збірних одиниць, деталей, комплектуючих виробів шляхом поточного ремонту, регулювання і наладки заміні.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зберігання

Правила постановки машини на зберігання визначається в порядку, прийнятому на заводі виготовлювачі для аналогічного обладнання.

Черв'ячний прес з виконаною консервацією може зберігатися без упаковки в закритому утепленому приміщенні (при температурі повітря від плюс 40 до плюс 5°C, відносна вологість повітря 80% при 25°C). Термін зберігання – не менше 12 місяців з дня проведення консервації.

Терміни зберігання комплектуючих виробів приведені в експлуатаційних документаціях на них.

У випадку зберігання законсервованої машини більше встановленого терміну, споживач повинен провести переконсервацію .

						Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно закону про охорону праці України на нові машини, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

Закон України про охорону праці встановлює пріоритет життя і здоров'я працівників, комплексне рішення програми праці, соціальний захист працівників, постраждалих в результаті нещасного випадку.

Законом встановлюються нормативні документи, вимоги яких відповідають або вище за міжнародні норми і правила.

Поліпшення умов праці, підвищення його безпеки впливають на результати виробництва, на продуктивність праці, якість і собівартість продукції, що випускається.

Поліпшення умов праці і його безпеки призводить до зниження виробничого травматизму, професійних захворювань, що зберігає здоров'я працівників і одночасно призводить до зменшення витрат на плату пільг і компенсацій за роботу в несприятливих умовах праці, на оплату наслідків такої роботи, на лікування, перепідготовку працівників виробництва у зв'язку з плінністю кадрів з причин пов'язаним з умовами праці.

Технічне завдання дипломного проектування передбачає розрахунок і проектування лінії для грануляції відходів з поліетилену. Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор лінії. Пульт оператора знаходиться в виробничому приміщенні. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

					ДП 15 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Пекельний ВО</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Костін ВБ</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								
						ПУ-4-15		

Лінія для гранулювання відходів призначена для переробки плівкових відходів з поліетилену. Плівкові відходи подрібнюються подрібнювачем, подаються в накопичувальний бункер, потім поступають в черв'ячний екструдер, де вони пластикуються, гомогенізуються, видавлюються через голівку екструдера у вигляді стренг, поступають в пристрій гарячого гранулювання, гранулюється, сушаться і упаковуються.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини є:

- повітря робочої зони;
- промислове освітлення;
- ураження електричним струмом;
- вплив рухаючих і обертаючих деталей, механізмів і матеріалів;
- виробничий шум і вібрації;
- пожежна безпека.

Також потрібно звернути увагу на виробниче освітлення і пожежну безпеку.

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

1.1 Електробезпека

Лінія для гранулювання відходів, що розробляється в роботі буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна, згідно ПУЕ відносить приміщення до приміщень з підвищеною безпекою.

На пульті управління машиніста напруга $U = 220 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$, для питомих електродвигунів напругою $U = 380 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$. Тип електромережі – різноманітний із глухо заземленою нейтраллю.

Основними причинами дії струму на людину являються:

- коротке замикання;

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- випадкове притиснення або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин;
- виникнення напруги на металічних частинах обладнання в результаті пошкодження ізоляції або помилкових дій персоналу;
- крокова напруга.

В зв'язку з цим основними заходами від пошкодження струмом є:

- ізоляція ($R_M = 0.5 \text{ МОм}$, $H = 3.5 \text{ м}$);
- недосяжність до струмоведучих частин;
- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- захисне занулення;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- при роботі з електроінструментом, потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

Забороняється:

- проводити роботи на незаземлених вузлах лінії;
- робити розбирання і ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;
- допускати удари металічними предметами, щоб запобігти іскроутворенню;
- зварювальні роботи;
- залишати лінію, що працює без нагляду;
- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і перевірку знань по питанням охорони безпеки.

1.2 Небезпека впливу рухомих частин машин

Рухливими частинами лінії для гранулювання є: муфти, ротори електродвигунів.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усі рушійні частини представляють підвищену небезпеку при експлуатації, оскільки можливі механічні травми у обслуговуючого персоналу. Для уникнення нещасних випадків, всі обертаючі і рухомі частини, закриті суцільним або сітчастим обгороджуванням. Розміри сторін осередків сітчастого обгороджування не більше 10 мм.

Експлуатувати лінію зі знятими обгороджуваннями, несправними або відключеними блокуваннями строго забороняється. Також забороняється проводити ремонт і наладку вузлів лінії під час її роботи.

1.3 Небезпека дії елементів устаткування, нагрітих до високих температур

Небезпечними елементами в лінії для гранулювання являються: поверхні корпусу пресу, голівки, - температура яких може досягати 200°C.

Причинами травм можуть бути дотики людей до нагрітих поверхонь. Для уникнення травм нагріті елементи лінії закриваються спеціальними кожухами і маркують застережливими знаками про наявність високої температури. Застережливі знаки ставляться на поверхнях, температура, яких перевищує 45°C що відповідає СН 245-71.

1.4 Промислове освітлення

Лінія знаходиться в зачиненому приміщенні загальною площиною не менш 1000 м² і об'ємом 3400 м³. Робота лінії здійснюється в дві зміни одним обслуговуючим оператором та машиністом. Так як приміщення без віконних отворів, то під час роботи освітлення штучне.

Характеристика зорових робіт – найменший об'єкт різниці має розглядаємий розмір більше 1мм. Характеристика фону – світлий, контраст об'єкта різниці з фоном – великий. Виходячи з цього в приміщенні встановлено 300 ламп типу ЛОУ з люмінесцентними лампами типу ЛД – 80 – 4, що буде давати

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення $E_{\phi} = 300$ лк. Так як $E_{\phi} > E_n = 250$ лк, то освітлення приміщення відповідає нормам СНиП II- 4 – 79 .

1.5 Шум і вібрація

Джерелом шуму при роботі лінії є:

- електродвигун;
- редуктор;
- вентилятори і система охолодження;
- ланцюгові передачі;

Приймання наступних обмежень захисту від виробничого шуму:

- змазка всіх поверхонь, що труться, також належність прокладних матеріалів;
- застосування захисних кожухів.

В результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму 70 дБ, а нормативне значення що відповідає ДСН 3.36.037 – 99.

Джерелом вібрації являються: електродвигун і обертаючі частини лінії.

Зусилля вібрації починається з неточності установки обертаючих частин, з нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

У даному випадку спостерігається технологічна вібрація, яка переходить через опорні поверхні на оператора. Робітник слабо піддається вібрації, бо знаходиться далеко від основи машини – біля пульту управління. Таким чином спільна вібрація не діє на організм оператора. Зниження вібрації досягається прийманням наступних мір:

- шляхом установки лінії на фундамент;
- за рахунок використання амортизаторів;
- за рахунок додаткових ребер жорсткості;
- покриття корпусів редукторів: жорстких, металічних, на основі алюмінію (тому що спостерігаються вібрації низьких частот).
- Рівень технологічної вібрації в виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039 – 99.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний час роботи в контактi з вiбрацiєю не перевищує 2/3 робочої змiни. Тривалiсть неперервної дiї вiбрацiї не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимi обiдня перерва не менше 40 хвилин.

1.6 Повiтря робочої зони

Робота оператора на установцi – важка фiзична робота, оскiльки лiнiя працює в умовах шуму, теплових видiлень. Робота виконується в 3 змiни, цiлодобово, у будь-яку пору року.

Енерговитрати за таких умов працi складають бiльш 300Дж/сек. У зв'язку з цим передбачена можливiсть вiдпочинку персоналу.

Фактичнi параметри температури, вiдноснiй вологостi i швидкостi руху повiтря в робочiй зонi приведенi в таблицi 1, а видiлення шкiдливих речовин в робочу зону в таблицi 2.

Параметри повiтря робочої зони i видалення шкiдливих речовин що видiляються при переробцi полiмерiв, i їх нейтралiзацiя повиннi забезпечуватися виробником за допомогою вiдповiдних пристроїв i засобiв, що передбачаються при проектуваннi виробничих примiщень.

При цьому ефективнiсть пристроїв така, щоб масова концентрацiя шкiдливих речовин i запилення повiтря в зонi обслуговування не перевищувала санiтарних норм, встановлених ГОСТ 12.1.005-88 i СнiП 2 04.05-84.

Таблиця 1

Сезон року	Категорiя робiт	Температура, °С	Вiдносна вологiсть, %	Швидкiсть руху повiтря, м/з
Холодний i перехiдний перiоди року	середньої тяжкостi	21-24	65	0,1-0,12
Теплий перiод року	середнiй тяжкостi	26-30	55	0,15-0,2

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата					

Таблиця 2

Речовина	Концентрація
	Фактична, мг/м ³
Етилен	8
СО	16
СО ₂	0,01-0,02
PbO и СоО	0,005-0,009
формальдегіди	3

У зв'язку з виділенням тепла в області робочої зони забезпечення параметрів, як в теплу так і в холодну пору року забезпечується вентиляцією.

В якості загальнообмінної вентиляції застосовується механічна припливно-втяжна вентиляція. У цій системі повітря подається в приміщення припливною вентиляцією а віддається витяжною, що працюють одночасно. Приплив повітря виробляється в робочу зону, а витяг з верхньої зони приміщення ділянки.

1.7 Пожежна безпека

В виробничому цеху, де працює лінія може спалахнути: промаслена ветош, машинне масло, електропроводка, електрообладнання, матеріали, які завантажуються в черв'ячний прес. Отже, приміщення, де знаходиться лінія відноситься до категорії „В” ОНТП 24-86, і класу зони П-І (ПУЕ).

Це виробництво в якому використовуються рідини з температурою спалаху вище 61°C і горючі пили або волокна, нижня границя займання яких більше 65 мг/м³, тверді речовини і матеріали, що займаються, які здатні лише горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою або один з одним.

Причини пожежі:

- струм, перевантаження, великі перехідні опори;
- несправність електрообладнання;
- іскри при електро- і газозварювальних роботах.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Висновки

В останні роки значною є проблема поводження з відходами споживання та виробництва. Чільне місце серед них займають полімерні.

Актуальність проблема переробки відходів використаної упаковки зумовлена такими причинами:

- зниження запасів сировини, а саме нафти і газу, з яких отримують полімери;
- висока собівартість перетворення первинної сировини в готовий виріб;
- значне забруднення навколишнього середовища полімерними відходами;
- науково-технічний розвиток в фізико-хімічній модифікації використаної упаковки, які дозволяють забезпечити значний економічний ефект від використання відходів.

По мірі зростання вартості сировини та зменшення ресурсів проблема використання відходів посилюється.

Значну частку відходів складає поліетилен. Використану упаковка з поліетилену направляють до лінії по переробці, яка включає в себе технологічні операції подрібнення, мийки, сушіння сировини та її подачу до екструзійної лінії для гранулювання. Ці процеси здійснюються з метою надання сировині однорідної структури та правильної геометричної форми гранулам у вигляді циліндрів чи кубиків (3 - 8 мм).

Зважаючи на актуальність питання переробки відходів використаної упаковки мною було розглянуто та модернізовано лінію для переробки термопластів. Метою дипломного проекту є підвищення якості вихідного продукту при незначних фінансових вливаннях. Спираючись на техніко-економічні розрахунки, можна стверджувати, що даний проект має право на життя.

					ДП 15 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пекельний			Висновки	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Костін ВБ						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
						ПУ-4-15		

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин: Монография / М.В. Соколов, А.С. Клинков и др. М.: Машиностроение-1, 2004. 248 с.
2. Спорягін Е. О. Теоретичні основи та технологія виробництва полімерних композиційних матеріалів: навч. посіб./ Е.О. Спорягін, К.Є. Варлан.- Д.: Вид-во ДНУ. 2012.-320 с.
3. Утилізація пакувань: Навчальний посібник з навчальної дисципліни 13-Механічна інженерія : спеціальності 131 Прикладна механіка» /Т.Б. Шилович; КПІ ім.І.Сікорського.- Електронний ресурс. Київ: КПІ, 2018.-51с.
4. Груздев И.Э., Мирзоев Р.Г., Янков В.И. Теория шнековых устройств.Л., Изд-во Ленингр. Ун-та, 1978.144 с.
5. Переработка пластмасс: Справочник. / Под ред. В. А. Брагинского. – Л.: Химия, 1985.-267 с.
6. Л. Б. Радченко, В. І. Сівецький “Основи моделювання і конструювання черв’ячних екструдерів / К. політехніка 2002 р.
7. Калинин Э.Л., Калинин Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением. М., “Машиностроение”, 1985
8. Гурвич С.Г., Ильяшенко Г.А., Мочман Ш.Е. Расчет и конструирование машин для переработки пластических материалов. М., “Машиностроение”, 1970.
9. Анурьев В.И. „Справочник конструктора машиностроителя”: В 3 т. Т.1. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н.Жестковой – М.: Машиностроение, 2001.- 920с.
10. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях: монографія / А. І. Соколенко, А.А. Мазаракі, В. А. Піддубний та ін. ; НУХТ. — К. : Фенікс, 2012. — 484 с.

					ДП 09 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури					
Розроб.	Пекельний ВО							Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Костін ВБ									
Реценз.								НУХТ ПУ-4-15		
Н. Контр.										
Затверд.										

11. Геррман Х. Шнековые машины и технологии. ФРГ. Пер. с нем. Под ред. Л. М. Фридмана. Л., «Химия», 1975.
 12. Енергоматеріальні трансформації в харчових технологіях на основі замкнених контурів: монографія / А.І. Соколенко, В.А. Піддубний, А.О. Чагайда ; під ред. д-ра техн. наук, проф. Соколенка А.І. – К. : Кондор-Видавництво, 2015. – 300 с.
 13. Кривопляс-Володіна Л.О. Основи наукових досліджень у прикладних задачах: навч. посіб. для студ. вищ.навч.зак./Кривопляс-Володіна Л.О., Гавва О. М., Яровий В.Л., Токарчук С.В. – К.: Сталь, 2016. – 271 с.
 14. Пакувальні матеріали та їх фізико-хімічні властивості: підручник / А. І. Соколенко, В. С. Костюк, К. В. Васильківський та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : Кондор, 2015. — 396 с.
 15. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (модернізація, проектування, оптимізація): навч. посібник / Пальчевський Б.О. – Львів: Світ, 2009. – 232 с.
 16. Справочник специалиста пищевых производств. Кн. 2 : Теплофизические процессы. Энергосбережение / А. И. Соколенко, А. И. Украинец, В. Л. Яровой, К. В. Васильковский ; под ред. А. И. Соколенко. — К. : АртЭк, 2003. — 432 с.
 17. Функціонально-модульне проектування пакувальних машин: монографія / О.М. Гавва, Л.О. Кривопляс-Володіна, С.В. Токарчук та ін. ; за ред. О. М. Гавви ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : Сталь, 2015. — 547 с.
 18. Технические свойства полимерных материалов: учеб.-справ. пособ. / В.К. Крыжановский. В.В. Бурлов. А.Д. Паниматченко, Ю.В. Крыжановская / 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Профессия, 2005.-248с.
-
19. Опорний конспект лекцій із дисципліни «Пакувальні матеріали та обладнання у харчовій індустрії» [Електронний ресурс] / укладачі Г. В. Дейниченко, Д. В. Горелков, -Електрон. дані. Х. : ХДУХТ, 2017.
 20. Каскадный двухщелевой червячно-дисковый экструдер / К. К. Бачинский, К. Ю. Железлизис, Ю. Е. Лукач и др. // Хим. машиностр.: Республ. межведомств. научн.-технич. сб. – К.: Техника, 1979. – С. 3-5.— Вып. 29.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

21. Швед Н. П., Пахаренко В. А. Переработка ПЭ на диско-шнековом каскадном экструдере // Пластические массы. – 1982. – № 11. – С. 31-35.
22. Лукач Ю. Е., Радченко Л. Б., Швед Н. П. Исследование процессов переработки термопластов на комбинированных экструдерах // Научн. технич. конф.: Тез. докл. — Киев: МИХП, 1982. – Т. 1. – С. 65.
23. Радченко Л. Б. Переробка термопластів методом екструзії: Наук посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 220 с.
24. Алгоритм расчета на прочность валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению вычислительной техники в курсе «Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств» для студентов специальности 17.05.02 / Сост.: В. Г. Добролюбов, О. Г. Зубрий, Л. Г.Воронин – К.: КПИ, 1990. – 39 с.
25. Басов Н. И., Казанков Ю. Ю., Любартович В. А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. – М.: Химия, 1986. – 436 с.
26. Расчеты и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов ВТУЗов / Под общ. ред. М.Ф. Михалева. – Л: Машиностроение, 1984. – 301 с.
27. Расчет литьевых машин для переработки полимеров /ред. Касьянова О.В. – Электронные дан. –К.: ГУ КузГТУ 2011.:с126,134.
28. Переработка полимеров в композитной твердой фазе/ ред. Г.С. Баронин, А.М. Столин, М.Л. Кербер, В.М.Дмитриев.-Т.:ТГТУ 2009.:с25.47.
29. Технологія і конструювання виробів на основі полімерних композиційних матеріалів/ ред. Гончаренко В.В. Коваленко І.В, -К.:2008.131с. :іл.46, бібліографія.:с47,131.
30. Переробка вторинної сировини екструзією: Монографія/ І.О. Мікульонок, Л.Б. Радченко.-К.:НТУУ «КПІ»,2006.-184с.
31. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин: Монография /М.В.Соколов.А.С.Клинков М.: «Издательство машиностроение-1».2004.248с.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. Каскадный двухшелевой червячно-дисковый экструдер/К.К.Бачинский, К.Ю.ЖЕлензис, Ю.Е, Лукач и др.// Хим. Машиностроение: Республ. межведомст, науч.-технч. Сб. – К.: Техника,1979.-С.3-5-Вып.29
33. Швед Н.П., Пахаренко В.А. Переработка ПЭ на диско-шнековом каскадном экструдере//Пластические массы. – 1982. – №11.- С.31-35.
34. Басов Н.И, Казанкова Ю.Ю., Любартович В.А.Расчет и конструиров. Оборудование для производства и переработки полимерных материалов. М.:Химия,1986.- 436 с.
39. Уваров Б. М. Комп'ютерні методи визначення механічних та теплових характеристик апаратів Б.М. Уваров. // навч. посіб. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 144 с.

Интернет-ресурси

1. Пакувально-фасувальне обладнання, дизайн упаковки, упаковка, рулонна упаковка [Електронний ресурс). <http://www.master-pack.com.ua>.
2. Обладнання для фасування харчових продуктів в разові пакети, обладнання для фасування рідких та пастоподібних продуктів [Електронний ресурс). - Режим доступу : <http://www.upakmash.com.ua>.

Патенти

1. Патент UA № 40046, МПК В29С 47/38. Одночерв'ячний екструдер/ І.О.Мікульонок; заявлено: 03.10.2008; опубліковано: 25.03.2009.
2. Патент UA № 43534, УДК В01F 7/24.Черв'ячний осцилюючий змішувач для полімерних матеріалів/ Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Сокольський О.Л., Кравець Н.Я.; заявлено:23.02.2009; опубліковано: 25.08.2009.
3. Патент UA № 87091, МПК В29С 47/38. Черв'ячний екструдер для переробки полімерів/ Кузяєв І.М., Данилін Д.С. ;заявлено: 09.11.2007; опубл.: 10.06.2009.
4. Патент UA № 43634 УДК В01F 7/24. Червячнаа змішувальна машина для полімерних матеріалів/ В.І. Сівецький, В.Ю. Щербина, О.Л. Сокольський, Н.Я. Кравець; заявлено: 23.02.2009; опубліковано: 25.08.2009.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		