

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.В.Гондлях

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – *Галузеве машинобудування*

на тему: Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка

**Студент групи IV к. ЛП-71** \_\_\_\_\_ Солонін Андрій Владиславович \_\_\_\_\_  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)  
**Керівник проекту:** \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Карвацький А.Я. \_\_\_\_\_  
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

**Консультанти**

**ТЕХ. МАШ.** \_\_\_\_\_ ст.викл. Борщик С.О.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ** \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Щербина В.Ю.

**РЕЦЕНЗЕНТ** \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Коржик М. В.

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць  
інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент Солонін А.В

(підпис)

Київ 2021 рік

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**  
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність – 133 – Галузеве машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В.Гондлях**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Солоніну Андрію Владиславовичу**

1. Тема дипломного проекту «Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка», керівник проекту Карвацький Антон Янович доктор технічних наук, професор, затверджені наказом по університету від № 1071-с від 26.04.2021 р.
2. Термін подання студентом проекту 11.06.2021 р.
3. Вихідні дані до проекту: об'єкт розробки – черв'ячний прес; габаритні розміри: довжина –  $L= 5,5$  м; ширина –  $S= 1,5$  м; висота –  $H=1,4$  м; загальна довжина черв'яка =  $3,75$  м; потужність =  $9,5$  кВт ; частота обертання  $f = 10$  хв<sup>-1</sup>; продуктивність черв'яка  $Q= 760$  кг/год.
4. Зміст пояснювальної записки: Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування одночерв'ячного преса; 2 Технічні характеристики одночерв'ячного преса; 3 Опис конструкції та принципу дії одночерв'ячного преса; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації ; 5 Охорона праці та навколишнього середовища; 6 Очікувані механіко-економічні показники; Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
  1. Технологічна схема А1; 2. Вигляд загальний одночерв'ячного пресу базової конструкції А1; 3. Складальне креслення одночерв'ячного пресу з модернізацією черв'яка А1; 4. Деталювальні креслення А1, А4; 5. Плакат з розрахунками на міцність в системі ANSYS.

## 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Тех. машино будув.	Борщик С.О.		
Модернізація	Щербина В.Ю.		

Дата видачі завдання: 12.04.2021 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування.	12.04.2021	Виконано
2	Проходження переддипломної практики.	12.04.2021-16.05.2021	Виконано
3	Патентно-літературний пошук для здійснення модернізації вузла ролика. Обґрунтування модернізації.	12.04.2021-20.04.2021	Виконано
4	Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.	21.04.2021-26.04.2021	Виконано
5	Підготовка розділу «Пояснювальна записка».	27.04.2021-02.05.2021	Виконано
6	Виконання порівняльних розрахунків НДС вузла ролика з використанням програмних продуктів ANSYS.	03.05.2021-10.05.2021	Виконано
7	Підготовка розділу «Розрахунки».	11.05.2021-18.05.2021	Виконано
8	Підготовка розділу «Технологія машинобудування».	19.05.2021-24.05.2021	Виконано
9	Робота над кресленнями з використанням САД-системах .	24.05.2021-06.06.2021	Виконано
10	Захист дипломного проекту.		

Студент

Керівник проекту



А.В. Солонін



А.Я.Карвацький

## **Зміст дипломного проекту**

Реферат (укр.) .....	1
Реферат (англ.).....	1
Перелік позначень .....	1
Пояснювальна записка .....	21
Розрахунки .....	12
Технологія машинобудування .....	10
Загальні висновки .....	2
Перелік посилань .....	2
Додатки .....	3

## Реферат

Бакалаврський дипломний проект на тему «Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка», що в повному обсязі складається з пояснювальної записки та графічної частини: 62 с., 13 рисунків, 3 таблиць, 2 додатки, 18 джерел; 5 креслень, 2 плакати.

Об'єкт проектування – одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка.

Мета роботи: проектування згідно технічного завдання черв'ячного преса для забезпечення плавного процесу переміщення матеріалу та підвищеної надійності самого пресу; здійснення модернізації черв'яка.

У дипломному проекті розглянуто принцип роботи та конструкцію черв'ячного пресу, який використовується у технологічній лінії переробки термопластів. На основі аналізу технічних параметрів і характеристик роботи черв'ячного пресу, виконано параметричний та кінематичний розрахунок і розрахунок черв'яка на міцність в системі ANSYS. Результати розрахунків підтверджують доцільність запропонованої модернізації.

Під час роботи одночерв'ячного пресу з розташованими дискретними пазами вздовж осі черв'яка створюються сприятливі умови для виникнення шкідливої вібрації і поштовхів його робочих органів. З метою позбавитись вказаних недоліків проведено літературно-патентний пошук та запропоновано модернізацію черв'яка, що полягає в тому, що поздовжні пази циліндричної ділянки черв'яка та стінки порожнини корпусу розташовані під кутом один до одного. Це забезпечує плавний, без поштовхів і вібрації процес перемішування перероблюваного термопласту, а отже і підвищує надійність його роботи.

Ключові слова: ОДНОЧЕРВ'ЯЧНИЙ ПРЕС, ЧЕРВ'ЯК, ДИСКРЕТНІ ПАЗИ, ТЕРМОПЛАСТИ, ПРОЕКТУВАННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПАТЕНТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

## Abstract

Bachelor's thesis project on the topic «Worm press with modernization of worm» which completely consists of explanatory note and graphical part: 62 sheets, 13 figures, 3 tables, 2 additions, 18 sources; 5 drawings, 2 broadsheets.

Object of design is worm press with modernization of worm.

Aim of project: designing according to the technical task of the worm press to ensure a smooth process of material movement and increase reliability of the press itself; implementation of worm modernization.

In thesis project working principle and construction of worm press, which is used in technical line for processing thermoplastics, were considered. Based on the analysis of technical parameters and performance characteristics of the worm press, parametric and kinematic calculation and calculation of the worm for strength in the ANSYS system were performed. The results of calculations confirm feasibility of the proposed modernization.

When operating a single-worm press with discrete grooves along the axis of the worm, favorable conditions are created for the occurrence of harmful vibrations and shocks of its working organs. In order to get rid of these shortcomings, a literature patent search was carried out and the modernization of the worm was proposed, which consists in the fact that the longitudinal grooves of the cylindrical part of the worm and the walls of the body cavity are located at an angle to each other. This provides a smooth, without shocks and vibrations process of mixing the recycled thermoplastic, and thus increases the reliability of its operation.

Keywords: SINGLE WORM PRESS, WORM, DISCRETE GROOVES, THERMOPLASTICS, DESIGN, MODERNIZATION, CALCULATIONS, PATENT RESEARCH.

## Перелік позначень

Умовні позначення:

- $D$  – діаметр черв'яка, мм;
- $l_p$  – загальна (робоча) довжина черв'яка, мм;
- $l_z$  – довжина зони завантаження черв'яка, мм;
- $l_d$  – довжина зони дозування черв'яка, мм;
- $l_{\Pi}$  – довжина зони пластикації черв'яка, мм;
- $t$  – крок нарізки витків, мм;
- $e$  – ширина витка, мм;
- $h_1$  – глибина нарізки в зоні завантаження, мм;
- $h_2$  – глибина нарізки в зоні дозування, мм;
- $\delta$  – зазор між гребнем черв'яка і корпусом, мм;
- $\rho$  – густина, кг/мм<sup>3</sup>;
- $N$  – потужність, кВт;
- $f$  – частота обертання черв'яка;
- $P$  – тиск розплаву, МПа;
- $\eta$  – ККД розплаву;
- $Q$  – продуктивність, кг/год;
- $E$  – модуль пружності, МПа;
- $\sigma_T$  – границя текучості, МПа;
- $\nu$  – Коефіцієнт Пуассона.

Скорочення:



- ІХФ – інженерно-хімічний факультет;
- НДС – напружено-деформований стан.

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту  
на тему: «Одночерв'ячний прес з модернізацією  
черв'яка»**

Київ – 2021 рік

## ЗМІСТ

Вступ .....	2
1 Призначення і галузь застосування одночерв'ячного пресу.....	3
1.1 Призначення одночерв'ячного пресу .....	3
1.2 Застосування одночерв'ячного пресу в технологічній лінії для виготовлення гладких труб .....	3
2 Технічні характеристики одночерв'ячного пресу .....	4
3 Опис конструкції та принцип дії одночерв'ячного пресу .....	5
4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації .....	8
4.1 Літературно-патентний огляд.....	8
4.2 Обґрунтування вибору модернізації черв'яка .....	13
5 Охорона праці та навколишнього середовища.....	15
6 Очікувані механіко-економічні показники .....	20
Висновки .....	21

					<i>ЛП71.187246.01-70ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Солонін А.В.					1	
<i>Перевір.</i>		Карвацький А.Я.						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гондлях О.В.						
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>			

## Вступ

Формування це важлива операція багатьох технологічних процесів. Для виконання використовують різні типи черв'ячного пресу та формуючих голівок від матеріалу до габаритів і типу вихідного продукту та необхідної продуктивності.

Метою даного бакалаврського проекту є проектування та модернізація черв'ячного пресу, який є важливою складовою процесів формування пластичних матеріалів, гумових сумішей, хімічного виробництва та харчового виробництва.

Для досягнення поставленої мети проведено літературно-патентний пошук та обрано патент, що дозволяє оптимізувати процес перемішуванню термопласту, та розроблено нову конструкцію черв'ячного преса, яка повинна покращити якість продукції та поліпшити роботу машини.

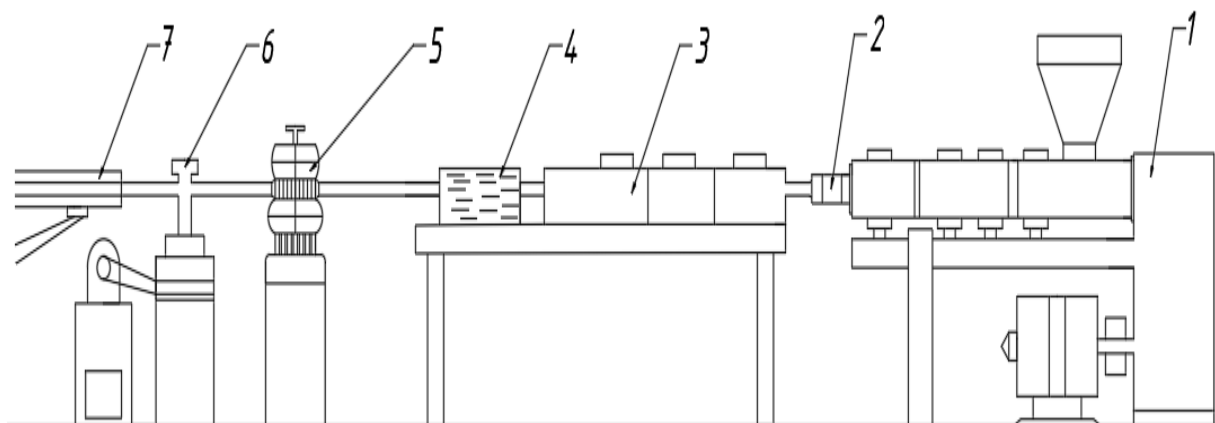
					ЛП71.187246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



У голівці 2 формується заготовка труби у вигляді кільця нескінченної довжини, яка в калібраторі 3 приймає задану форму і розміри, що фіксуються при охолодженні.

Остаточна труба охолоджується водою у ванні (ваннах) 4. Протяжка труби через калібратор і ванни охолодження здійснюється пристроєм протяжки 5, різання труби на мірні відрізки – планетарною пилкою 6, відрізані труби штабелюються хитним жолобом 7.

Технологічна лінія екструзії для виготовлення гладких труб наведено на рисунку 1.1.



1 – одночерв'ячний прес; 2 – формуюча головка; 3 – калібратор труби;  
4 – ванна охолодження; 5 – тягнучий пристрій; 6 – відрізний пристрій;  
7 – пристрій зупинки

Рисунок 1.1 – Технологічна схема лінії екструзії для виготовлення гладких труб

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛП71.187246.01-70ПЗ

## 2 Технічні характеристики одночерв'ячного пресу

У таблиці 2.1 наведено основні характеристики одночерв'ячного пресу.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики одночерв'ячного пресу

№	Параметр	Позначення	Одиниці	Значення
1	Загальна довжина черв'яка	$l_p$	мм	3750
2	Діаметр черв'яка	$D$	мм	125
3	Потужність	$N$	кВт	9,5
4	Частота обертання	$f$	хв <sup>-1</sup>	10

					ЛП71.187246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		









4	Черв'ячний прес для переробки полімерних матеріалів	B29B7/42 UA37689A	Щоб уникнути перетікання розплаву між виступами корпус і наконечник шнеку виконані у вигляді ряду конусоподібних та циліндричних кілець, кільця корпусу розташовані напроти кілець наконечника під однаковим кутом нахилу.
5	Шнек для черв'ячних пресів для переробки пластмас	B29C 47/62(2006.01) SU214796A1	Для інтенсифікації процесу розплавлення і гомогенізації маси Між витками нанесена проміжна нарізка з кроком, рівним кроку основний нарізки, і профілем у вигляді хвилястої лінії, зверненої загостреними вершинами назовні.
6	Шнек для черв'ячних пресів для переробки пластмас	B29C 47/38 SU1337279A1	Збільшення продуктивності черв'ячного преса та якості пластмаси за рахунок збільшення стабільності процесу екструзії досягається за рахунок криволінійної форми циліндричного стакану як у

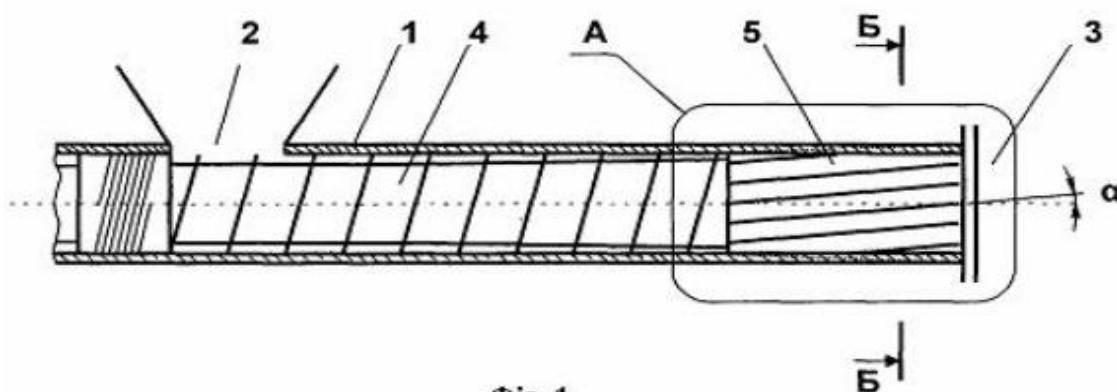


		<p>в осьовому напрямку черв'як, який працює в сітчастому циліндрі с розширюваним випускним кінцем для твердих частинок.</p> <p>Черв'ячний вал має вільно рухому конструкцію з конусним кінцем (накінечником). Черв'ячний вал фактично зміщується під дією гідравлічного тиску для зміни площі поперечного перетину випускаючого отвору. Невелике зворотно-поступальне переміщення по осі допомагає уникнути заклинювання преса</p>
--	--	--

					ЛП71.187246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Найбільш близьким за технічною сутністю до пропонованого технічного рішення є одночерв'ячний прес для переробки термопластів за патентом № UA20457U, що містить порожнистий корпус із завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 отворами, а також розташованим у ньому з можливістю обертання черв'яком 4 з циліндричною ділянкою 5, виконаною з боку розвантажувального отвору корпуса 3, на циліндричній ділянці черв'яка та стінці порожнини корпуса з боку зазначеної циліндричної ділянки черв'яка 4 виконані поздовжні пази змінної глибини по їх довжині, при цьому глибина пазів циліндричної ділянки черв'яка 4 і пазів стінки порожнини корпуса 8 змінюються в оберненому порядку (рисунки 4.1, 4.2).



Фіг. 1

Рисунок 4.1 – Повздовжній розріз модернізованого пресу за патентом № UA20457U

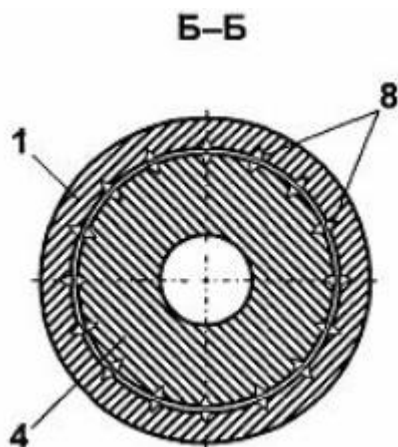


Рисунок 4.2 – Розріз Б-Б

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.187246.01-70ПЗ

## 5 Охорона праці та навколишнього середовища

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

До теми дипломного проекту «Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка» були розроблені заходи для забезпечення безпечних умов праці під час роботи лінії трубного виробництва.

Пульти оператора для контролю технологічного процесу знаходяться у приміщенні  $S = 1200 \text{ м}^2$ ,  $V = 6000 \text{ м}^3$ , на відстані 3м від живильника. Створення сприятливих та безпечних умов праці потребує виявлення шкідливих та небезпечних факторів на етапі проектування, щоб були вжиті заходи для усунення цих небезпечних факторів. За даних умов шкідливими та небезпечними факторами є:

- повітря робочої зони;
- промислове освітлення;
- пожежна безпека;
- виробничий шум.

### 5.1 Повітря робочої зони

Робота оператора відноситься до категорії тяжких фізичних робіт оскільки робота проходить в умовах шуму, пилу. Енерговитрати за такими умовами складатимуть від 291 -249 Дж/с (251-300 ккал/год.). Також передбачена можливість відпочинку персоналу у закритому приміщенні.

Для даної категорії робіт наведені наступні значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні у таблиці 6.1

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.187246.01-70ПЗ

Таблиця 6.1

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні.

Сезон року	Категорія робіт – III					
	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.
холодний	19-25	19-20	Не більше 75	40-65	Не більше 0,2	0,2
теплий	19-25	20-25	Не більше 75	40-70	Не більше 0,2	0,2

Метереологічні параметри забезпечуються в теплий час року за допомогою вентиляції, а в зимовий час за допомогою центрального опалення і відповідають ДБН В.2.5-67:2013.

Під час експлуатації лінії відбувається викид токсичних речовин - газів, пилу з відкритих резервуарів, викидом газу через витоки технологічного обладнання, з завантажувального бункера. Для видалення цих шкідливих компонентів встановлюється місцева вентиляція, а в цеху також встановлюється загальнообмінна вентиляція відповідно до ДБН В.2.5-56:2014.

Залежно від технологічного процесу компонентами для виготовлення полімерних труб можуть бути, крім полімеру, різноманітні барвники.

Ефективна робота витяжки можлива лише в тому випадку, якщо об'єм повітря, що витікає, менший за об'єм висмоктуваного повітря.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.187246.01-70ПЗ					

## 5.2 Пожежна безпека

На виробництві можуть горіти електроізоляція, бензин, дерев'яні матеріали та інші горючі речовини. Цех відноситься до категорії пожежної небезпеки В ( за ДСТУ Б В.1.1-36:2016), клас П-П зони пожежонебезпеки, II ступінь вогнестійкості (ДБН В.1.1-7:2016)

До причин, що викликають спалах, відносять:

- несправність електроприладів;
- коротке замикання внаслідок перевантаження кабелів живлення;
- несправність ізоляції електропроводів;

Запобіганням спалаху сприяють наступні заходи:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- своєчасний інструктаж по техніці безпеки;
- протипожежний захист;
- засоби організації, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засоби оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- засоби пожежогасіння в безпосередній близькості від обладнання;
- заземлення металевих елементів;
- громовідводи на будівлі.

Для гасіння невеликих ділянок спалаху застосовують вуглекислі вогнегасники ОУ-5 (2 шт.). Для гасіння включеної електромережі застосовуються порошкові вогнегасники ОП-10 (1 шт.).

Ширина дверей еваковиходу - 2 м. Кількість виходів повинна бути не меншою двох. Двері повинні відкриватися назовні (СНиП 2.09.02-85)

					ЛП71.187246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3 Промислове освітлення

Щоб запобігти погіршення здоров'я оператора та покращити безпеку на виробництві потребується правильно спроектувати і виконати освітлення на підприємстві, це забезпечить нормальну виробничу діяльність.

Санітарні норми вимагають максимально можливого використання природнього освітлення приміщень, тому що останнє збільшує захисні функції організму, стимулює й нормалізує роботу різних його систем.

В денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Для цього вибирається бокове освітлення, через світлові пройоми в зовнішніх стінах.

Робота з обслуговування обладнання відноситься до VI розділу підрозділу «а», тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора повинно мати освітленість робочої зони  $E_{\text{нор}}=150$  лк.

Обладнання працює в 3 зміни, виробництво безперервне. Розрахунок освітлення будемо виконувати для темного часу доби, застосовуючи тільки загальну освітленість люмінесцентними лампами ЛДЦ-40, потужністю 40 Вт, світловим потоком  $F = 2100$  лм и освітленістю  $E_{\phi} = 100$  лк.

Загальне рівномірне освітлення горизонтальної поверхні при світильниках любого типу буде розраховано за методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Використовуємо лампи ДРЛ-125 зі світловим потоком  $F=5600$  лм. Тоді фактична освітленість буде  $E_{\phi}=170$  лк, а загальна кількість лампочок 40, що і відповідає ДБН В.2.5-28:2018.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.187246.01-70ПЗ

## 5.4 Виробничий шум

Джерелом шуму при роботі лінії є:

- електродвигуни;
- редуктори;
- вентилятори;
- система охолодження.

У результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму  $L_{вдж} = 100$  дБА,. Це означає прийняття наступних обмежень для захисту від виробничого шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться, наявність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів.

Це забезпечить зниження рівня шуму на  $\Delta L = 30$  дБА.

Джерелами вібрації є: електродвигун та частини лінії що обертаються.

Сила вібрації починається з неточності встановлення обертових деталей, з нещільним з'єднанням тіл обертових деталей до фундаменту.

У цьому випадку виникає технологічна вібрація, яка проходить через несучі поверхні до оператора. Робітник трохи піддається вібрації, оскільки він знаходиться далеко від основи машини - біля пульта управління. Таким чином, нормальна вібрація не впливає на організм оператора. Рівень технологічної вібрації у виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.3.6.037-99.

					ЛП71.187246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Очікувані механіко-економічні показники

Конструкція одночерв'ячного пресу з дискретними пазами вздовж осі черв'яка створює сприятливі умови для виникнення шкідливої вібрації і поштовхів його робочих органів.

Модернізований черв'як має поздовжні пази циліндричної ділянки черв'яка та стінки порожнини корпусу розташовані під кутом один до одного. Нове взаємне розташування пазів робочих органів пресу забезпечує плавний, без поштовхів і вібрації процес перемішування перероблюваного термопласту, а отже і підвищує надійність його роботи.

Використання запропонованої модернізації черв'яка одночерв'ячного пресу збільшує його надійність під час роботи.

Таким чином підвищуються техніко-економічні показники машини, оскільки зменшуються витрати на її експлуатацію та обслуговування.

					ЛП71.187246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Під час виконання дипломного проекту на тему «Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка» вивчено призначення та конструкцію одночерв'ячного пресу, який використовується для виготовлення гладких труб.

В ході виконання роботи проаналізовано технічні характеристики черв'ячного пресу. На основі аналізу виконано літературно-патентний пошук для подальшої модернізації черв'яка. Обрано патент № UA20457U, на основі якого розроблено модернізацію черв'яка. Запропонована модернізація забезпечує плавний, без поштовхів і вібрації процес перемішування перероблюваного термопласту, а отже і підвищує надійність роботи одночерв'ячного пресу. Модернізований черв'як має поздовжні пази циліндричної ділянки черв'яка та стінки порожнини корпусу розташовані під кутом один до одного.

У розділі «Охорона праці та навколишнього середовища» виявлено небезпечні фактори під час роботи млина маятникового для персоналу, який обслуговує машину. На основі виявлених шкідливих факторів та небезпек розроблено шляхи їх подолання, що відповідають встановленим санітарним нормам.

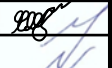

Також розглянуто механіко-економічні показники обраної модернізації черв'яка, які підтверджують доцільність обраного рішення та його ефективність під час роботи одночерв'ячного пресу.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.187246.01-70ПЗ					

## **Розрахунки**

## ЗМІСТ

1	Розрахунки, які підтверджують працездатність одночерв'ячного пресу.....	2
1.1	Параметричний розрахунок черв'яка .....	2
1.2	Розрахунок черв'яка на міцність .....	3
1.3	Розрахунок продуктивності черв'яка.....	4
2	Математичне моделювання напружено-деформованого стану черв'яка.....	6
2.1	Математична постановка задачі статичної пружності.....	6
2.2	Вихідні дані.....	8
2.3	Результати числового аналізу НДС модернізованого черв'яка черв'ячного преса .....	9
	Висновки.....	12

					<i>ЛП71.187246.02-70PP</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Солонін А. В.					1	
Перевір.		Карвацький А.Я.				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
Н. Контр.								
Затверд.		Гондляр О.В						









## 2 Математичне моделювання напружено-деформованого стану черв'яка одночерв'ячного пресу

Мета: виконати розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) черв'яка в системі ANSYS та визначити запас його міцності під час випробування на скручування.

### 2.1 Математична постановка задачі статичної пружності

Для моделювання використовуємо числовий розв'язок задачі статичної пружності [18].

До системи стаціонарних диференціальних рівнянь задачі статичної пружності для ізотропного матеріалу входять рівняння руху і рівноваги, геометричне рівняння – тензор малих деформацій та фізичне рівняння – узагальнений закон Гука [16]:

$$\begin{cases} \sigma_{ij,j} + \rho b_i = 0; \\ \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}); \\ \sigma_{ij} = \frac{E}{1+\nu} \left( \varepsilon_{ij} + \frac{\nu}{1-2\nu} \delta_{ij} \varepsilon_{kk} \right), \end{cases} \quad (2.1)$$

де  $\sigma_{ij,j}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  – частинна похідна від тензора напруження, Па/м;

$\sigma_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  – компоненти симетричного тензора напруження другого рангу, Па;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$b_i$ ,  $i = 1, 2, 3$  – компоненти вектора масових сил, Н/кг;

$\varepsilon_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  – компоненти симетричного тензора другого рангу пружних деформацій;

$u_i$ ,  $i = 1, 2, 3$  – компоненти вектора переміщень, м;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.187246.02-70PP					

$u_{i,j}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  – частинна похідна від вектора переміщення;

$E$  – модуль пружності під час одновісного розтягу/стискання, Па;

$\nu$  – коефіцієнт Пуассона;

$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } i = j; \\ 0 & \text{при } i \neq j, \end{cases}$  – символ Кронекера.

Граничні умови для числової моделі:

– переміщення або зацемлення (повинно бути задано хоча б в одній точці на поверхні тіла)

$$u_i|_{S_u} = 0, \quad i = 1, 2, 3, \quad (2.2)$$

де  $S_u$  – поверхня (або точка поверхні), на якій задано переміщення, м<sup>2</sup>;

– симетрії

$$n_i u_i|_{S_{su}} = 0, \quad i = 1, 2, 3, \quad (2.3)$$

де  $n_i$ ,  $i = 1, 2, 3$  – компоненти вектора зовнішньої нормалі до поверхні тіла;

$S_{su}$  – поверхня симетрії тіла, м<sup>2</sup>;

– зовнішній тиск

$$(\sigma_{ij} n_j) n_i|_{S_p} = p, \quad (2.4)$$

де  $p$  – зовнішній тиск на поверхні  $S_p$ , Па;

– зовнішня сила, яку прикладено в точці.

$$F_i^P = \int_{\Delta S_p} \sigma_{ij} n_j dS, \quad (2.5)$$

де  $F_i^P$ ,  $i = 1, 2, 3$  – компоненти вектора зовнішньої сили в точці  $P$ , Н;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛП71.187246.02-70PP

$\Delta S_p$  – елементарна площа поверхні тіла в околі точки  $P$ , м<sup>2</sup>;

Співвідношення для визначення запасу міцності.

Еквівалентні напруження  $\sigma_{\text{eqvM}}$  за Мізесом визначаються за формулами:

$$\sigma_{\text{eqvM}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)} \quad (2.6)$$

або

$$\sigma_{\text{eqvM}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}, \quad (2.7)$$

де  $\sigma_{ij}, i, j = 1, 2, 3$  – компоненти тензора напружень, Па;

$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$  – компоненти вектора головних напружень, Па.

Запас міцності  $F_s$  пластичних матеріалів визначається за формулою

$$F_s = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{\text{eqvM}}}, \quad (2.8)$$

де  $[\sigma_T]$  – границя текучості (міцності) матеріалу, Па;

$\sigma_{\text{eqvM}}$  – еквівалентне напруження за Мізесом (2.6), (2.7), Па.

## 2.2 Вихідні дані

Матеріал черв'яка - Ст30:

– модуль пружності –  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;

– границя текучості –  $\sigma_T = 460$  МПа;

					<i>ЛП71.187246.02-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коефіцієнт Пуасона –  $\nu = 0,3$ ;
- густина –  $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ .

### 2.3 Результати числового аналізу НДС модернізованого черв'яка черв'ячного преса

Виконуємо розрахунок модернізованого черв'яка. Для цього створюємо тривимірну модель черв'яка в SolidWorks, експортуємо файл геометрії ANSYS Workbench (Static Structural), задаємо навантаження та закріплення, виконуємо дискретизацію та розрахунки (рисунки 2.1–2.6)

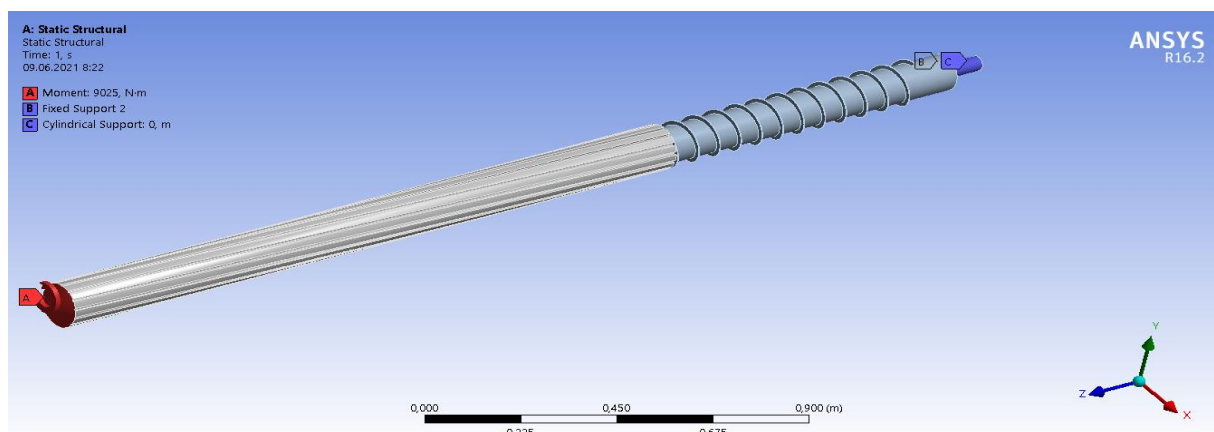


Рисунок 2.1 – Схема навантаження – випробування на скручування

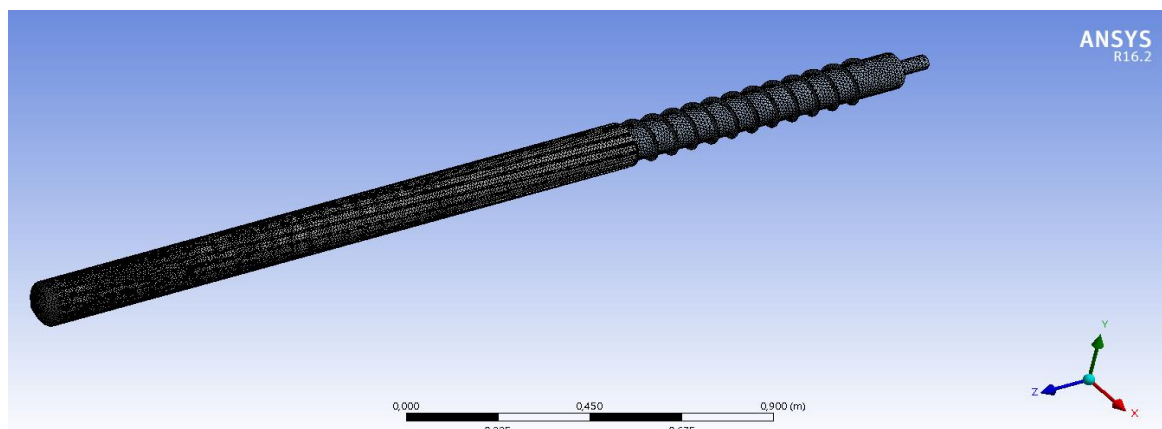


Рисунок 2.2 – Дискретизація: 489024 – вузлів, 316738 – скінченних елементів

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.187246.02-70PP					



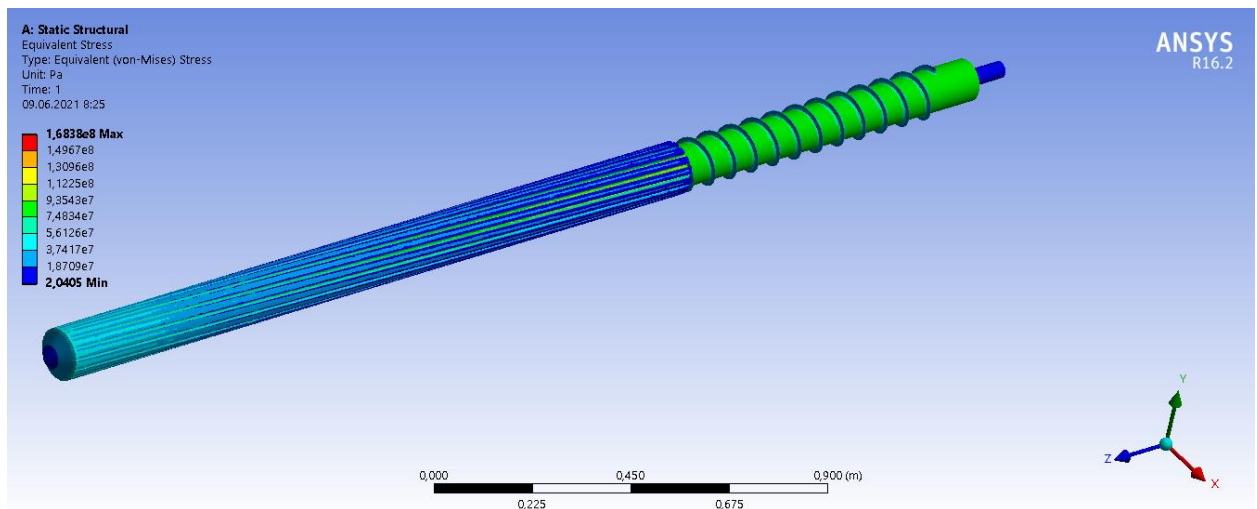


Рисунок 2.5 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом

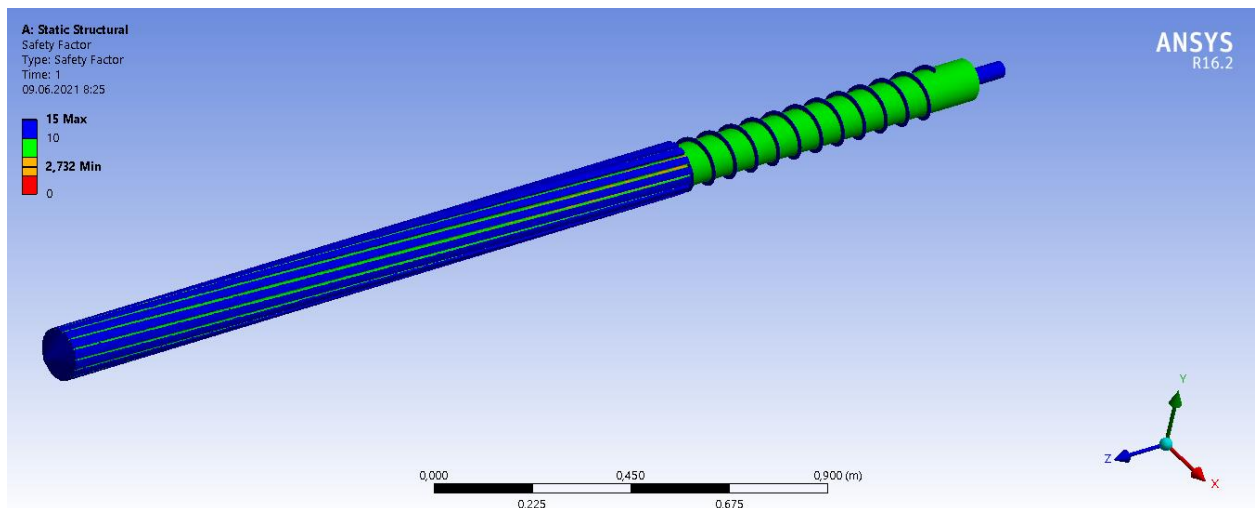


Рисунок 2.6 – Поле запасу міцності

Отримане значення запасу міцності черв'яка свідчить про можливість його застосування для модернізації одночерв'ячного пресу.

					ЛП71.187246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Виконано параметричний та кінематичний розрахунок черв'яка черв'ячного пресу для визначення основних характеристик і параметрів роботи машини та підтверджено її працездатність.

За результатами числового аналізу НДС черв'яка черв'ячного пресу в системі ANSYS отримано значення фізичних полів черв'яка після модернізації. В результаті модернізації за патентом № UA20457U отримано наступні значення:

- максимальні сумарні переміщення черв'яка – 1.4 мм;
- максимальні еквівалентні деформації за Мізесом –  $8.4 \cdot 10^{-4}$ ;
- максимальні еквівалентні навантаження за Мізесом – 168 МПа;
- запас міцності – 2.73.


При цьому запас міцності конструкції забезпечує надійну експлуатацію черв'яка, що дозволяє використовувати обрані конструкційні матеріали для виготовлення черв'яка черв'ячного пресу.

					ЛП71.187246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **Технологія машинобудування**

## ЗМІСТ

1 Технологічний процес виготовлення деталі.....	2
2 Вибір пристосування.....	7
2.1 Опис конструкції і принципу роботи .....	7
2.2 Розрахунок сил закріплення.....	9
Висновки.....	10

					<i>ЛП71.187246.03-70TE</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Солонін			<i>Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Борщик					1	
Н. Контр.					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>			
Затверд.		Гондляр						







Інв. № ориг.		Підпис та дата		Зам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис та дата																				
<b>Маршрутна карта</b>										<b>Зубчасте колесо</b>					Літера													
<b>Матеріал</b>										<b>Заготовка</b>																		
назва, марка					код					Код одиниць виміру		Маса деталі		Код та вид		профіль та розміри		код дет.		Маса		Од. нормування		Норма витрат		Коеф. вик. матеріалу		
Сталь 40																												
Номер			Назва та зміст операції										Обладнання (код, назва, інвентарний номер)		Приладдя та Допоміжний інструмент (код, назва)		Коеф. шгучно-го часу		Кол. роб.		Кіл. одн. оброб. дет.		Код тариф. сітки		Об'єм виробод-ственної партії		Т виг.	
цеху	участку	Операції															Код професії		Розр. роб.		Од. нормування		Код виду норми					
		005	<b>Токарна</b>										Токарно-гвинторізний		Шпindelь													
			1. Точити Ø198 начорно, начисто; 2. Точити Ø75 начорно, начисто; 3. Підрізати торці. 4. Зняти фаски 2x45°										16K20		Шпindelь конус Морзе 6 M80													
		010	<b>Токарна</b>										Токарно-гвинторізний		Шпindelь													
			1. Точити Ø75 начорно, начисто; 2. Підрізати торець; 3. Зняти фаски 2x45°; 4. Точити Ø46H7 начорно, начисто;										16K20		Шпindelь конус Морзе 6 M80													
														Розробив		Солонін А. В.						Лист						
														Перевірив		Борщик С.О.						1						
																						Лист.						
Змін.		Лист		№ докум.		Підпис		Дата		Змін.		Лист		№ докум.		Підпис		Дата		Н. контр.				2				



## 2 Вибір пристосування

### 2.1 Опис конструкції і принципу роботи

При виготовленні деталей – зубчасте колесо виконується багато різних операцій. Для кожного з них в основному використовують власний пристрій. Був обраний один із них, к горизонтально-протяжний верстат для протягування отворів.

Горизонтально-протяжний верстат використовують для протягування наскрізних отворів різноманітної форми (наприклад, шліцьових отворів). Застосовуючи спеціальні пристосування, на цьому верстаті можна обробляти і зовнішні поверхні. Верстат використовують в умовах різних виробництв (навіть одиничного - зі стандартними протяжками).

Основні вузли верстата: зварна подовжена станина 2 з направляючими ковзання; робочі санчата 3, що містять патрон 6. Патрон служить для захоплення переднього робочого хвостовика протяжки 4 і з'єднаний зі штоками робочого гідроциліндра 1. Гідроциліндр є джерелом прямолінійного руху протягання - головного руху різання.

Оброблювана заготовка охоплює протяжку, підтримується роликками 7, 11 і притискається по торця силою різання до нерухомій опорі плити 5.

Для базування санчат 9 з допоміжним патроном 8 служать приставні частина 10 станини. Патрон утримує хвостовик протягання і переміщує її за допомогою допоміжного гідроциліндра в період відведення.

					ЛП71.187246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

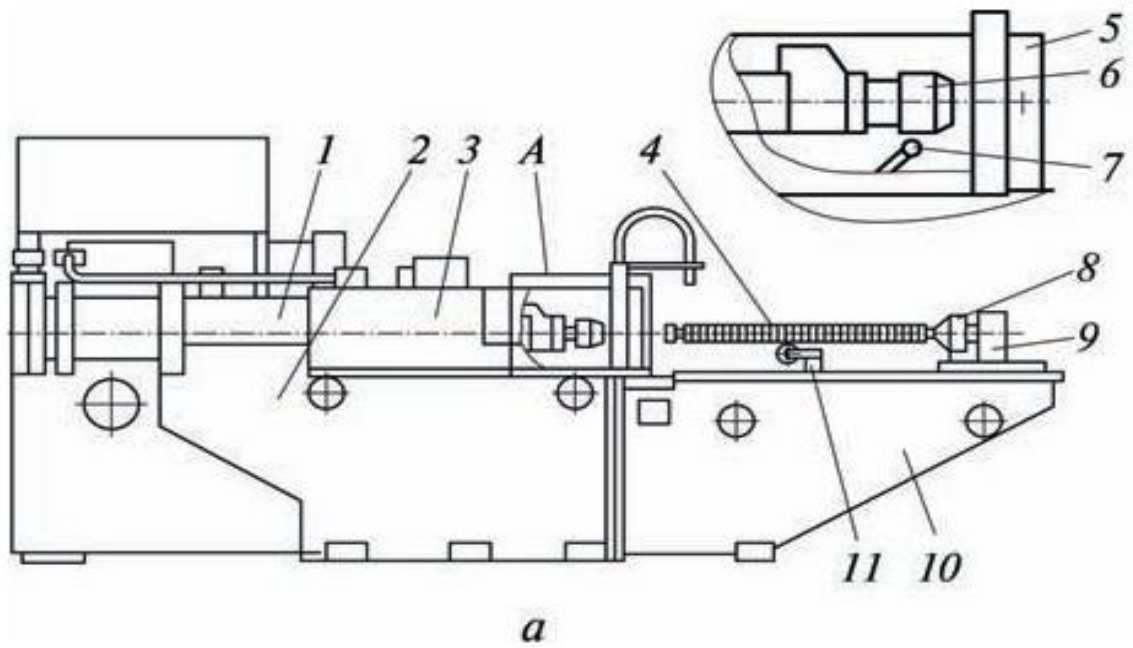


Рисунок 2.1 – Горизонтально-протяжный верстат

					ЛП71.187246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Розрахунок сил закріплення

Закріплення заготовки в патроні виконується за допомогою кулачків.

Визначасмо силу притискання заготовки  $P$

$$P = \frac{2KM}{(nDf)} = \frac{2 \cdot 3,5 \cdot 30}{4 \cdot 0,198 \cdot 0,16} = 1657 \text{ Н};$$

$M_{\text{max}}$  – максимальній обертовий момент,  $M_{\text{max}} = 30 \text{ Нм}$ ;

$D$  – діаметр базової поверхні,  $D=0,198 \text{ м}$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,16$ ;

$n$  – кількість кулачків,  $n = 4$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу;

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 = 3,5$$

$K_0$  - гарантований коефіцієнт запасу,  $K_0 = 1,5$ ;

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні,  $K_1 = 1,2$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, що враховує вплив сил різання,  $K_2 = 1,5$ ;

$K_3$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання,  $K_3 = 1$ ;

$K_4$  - коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску,  $K_4 = 1,3$ ;

$K_5$  - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що прагнуть повернути оброблювану деталь навколо осі,  $K_5 = 1$ .

					ЛП71.187246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У розділі дипломного проекту «Технологія машинобудування» розроблено технологічний процес виготовлення зубчастого колеса. В результаті розроблено маршрутну карту для виготовлення зубчастого колеса, а також підбрано заготовку, обладнання та верстати для його виготовлення.

Розглянуто призначення зубчастого колеса, його конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання однієї з операцій виготовлення деталі, а саме горизонтально-протяжний верстат для протягування наскрізного отвору зубчастого колеса. Розраховано сили закріплення колеса.

					ЛП71.187246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Загальні висновки

Виконано дипломний проект на тему «Черв'ячний прес з модернізацією черв'яка», метою якого було вивчення конструкції, призначення та принципу роботи черв'ячного пресу для проведення його модернізації.

Принцип роботи черв'ячного пресу розглянуто на прикладі його використання в технологічній лінії виготовлення гладких труб. Проведено аналіз технологічних характеристик та параметрів роботи черв'ячного пресу, в ході якого визначено переваги та недоліки машини під час її експлуатації.

Для вирішення цього недоліку проведено літературно-патентний огляд та обрано патент № UA20457U, на основі якого запропоновано модернізацію черв'яка. Дане рішення забезпечує плавний, без поштовхів і вібрації процес перемішування перероблюваного термопласту, а отже і підвищує надійність його роботи.

Розроблено розділ «Охорона праці та навколишнього середовища» проаналізовано шкідливі фактори та небезпеки для життя та здоров'я персоналу під час експлуатації черв'ячного пресу та визначено шляхи їх усунення.

Проаналізовано механіко-економічні показники, що підтверджують ефективність та доцільність обраної модернізації, а саме збільшення надійності машини під час роботи і таким чином зменшуються витрати на її експлуатацію та обслуговування.

Виконано ряд розрахунків черв'ячного пресу, які підтверджують працездатність обраної модернізації ролика. В системі ANSYS виконано розрахунок напружено-деформованого стану черв'яка на основі розв'язання задачі лінійної статичної пружності.

За результатами числового аналізу НДС черв'яка черв'ячного пресу в системі ANSYS отримано значення фізичних полів черв'яка після модернізації. В результаті модернізації за патентом UA20457U отримано наступні значення:

					ЛП71.187246.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- максимальні сумарні переміщення черв'яка – 1.4 мм;
- максимальні еквівалентні деформації за Мізесом –  $8.4 \cdot 10^{-4}$ ;
- максимальні еквівалентні навантаження за Мізесом – 168 МПа;
- запас міцності – 2.73.

При цьому запас міцності конструкції забезпечує надійну експлуатацію черв'яка, що дозволяє використовувати обрані конструкційні матеріали для виготовлення черв'яка черв'ячного пресу.

У розділі дипломного проекту «Технологія машинобудування» розроблено технологічний процес виготовлення зубчастого колеса. В результаті розроблено маршрутну карту для виготовлення зубчастого колеса, а також підібрано заготовку, обладнання та верстати для його виготовлення.

Розглянуто призначення зубчастого колеса, його конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання однієї з операцій виготовлення деталі, а саме горизонтально-протяжний верстат для протягування наскрізного отвору зубчастого колеса. Розраховано сили закріплення колеса.

Виконано п'ять креслень – вид загальний одночерв'ячного пресу базової конструкції, складальне креслення модернізованого черв'яка, складальне креслення одночерв'ячного пресу модернізованої конструкції, складальне креслення головки, деталювання зубчастого колеса і два плакати – технологічна схема виробництва гладких труб, результати розрахунків НДС модернізованого черв'яка.

За матеріалами дипломного проекту подано тези на XIII Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» на тему «Модернізація черв'яка пресу для переробки термопластів».


					ЛП71.187246.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		






## **Додатки**

Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
		<u>Документація</u>		
	ЛП71.187245.002-70ТС	Агрегат для виробництва труб з модернізацією черв'ячного преса	1	
		Експлікація		
		<u>Складальні одиниці</u>		
1	ЛП71.187243.002.001	Черв'ячний прес	1	
2	ЛП71.187241.002.002	Формуюча головка	1	
3	ЛП71.187242.002.003	Калібратор труби	1	
4	ЛП71.187242.002.004	Ванни охолодження	1	
5	ЛП71.187242.002.005	Тягучий пристрій	1	
6	ЛП71.187242.002.006	Відрізний пристрій	1	
7	ЛП71.187242.002.007	Пристрій зупинки	1	

					<b>ЛП71.187246.002-70ТЕ</b>		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Разраб.		Солонін А.			Літ.	Аркуш	Арк
Перев.		Карвацький					1
Н.контр					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затв.		Гондляр					
<b>Технологічна лінія виробництва труб</b>							

Форма	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Замітки
				<u>Документація</u>		
A1			ЛП71.187243.000-70B3	Вигляд загальний	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	ЛП71.187241.000.001	Станина	1	
		2	ЛП71.187241.000.002	Кожух	1	
		3	ЛП71.187241.000.003	Корпус	1	
		4	ЛП71.187242.000.004	Черв'як	1	
		5	ЛП71.187241.000.005	Воронка завантажувальна	1	
		6	ЛП71.187242.000.006	Вузол опірною підшипника	1	
		7	ЛП71.187242.000.007	Редуктор	1	
		8	ЛП71.187242.000.008	Бункер	1	
		9	ЛП71.187242.000.009	Електродвигун	1	
		10	ЛП71.187241.000.010	Термопара	1	
		11	ЛП71.187242.000.011	Вузол охолодження черв'яка	1	

					<b>ЛП71.187246.000-70TE</b>		
Зм	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Солонін А.				Одночерв'ячний прес з модернізацією черв'яка		
Перев.	Карвацький						
Керів.							
Н.конт							
Затв.	Гондляр						
					Літ	Аркуш	Аркушів
						1	1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		



## Модернізація черв'яка пресу для переробки термопластів

Солонін А. В., студ.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Запропоновано удосконалену конструкцію черв'яка пресу, що забезпечує плавний, без поштовхів і вібрації, процес перемішування матеріалу, а також підвищує надійність роботи пресу за рахунок наявності змінної глибини пазів по його довжині, причому глибина пазів черв'яка і пазів корпусу змінюються в оберненому порядку.*

Під час роботи одночерв'ячного пресу базової конструкції з розташованими дискретними пазами вздовж осі черв'яка створюються сприятливі умови для виникнення шкідливої вібрації і поштовхів його робочих органів. З метою позбавитись вказаних недоліків і таким чином покращити експлуатаційну надійність пресу, запропоновано модернізацію його черв'яка за патентом № UA20457U [1].

Вдосконалення черв'яка полягає в тому, що поздовжні пази циліндричної ділянки черв'яка та стінки порожнини корпусу розташовані під кутом один до одного. Нове взаємне розташування пазів робочих органів пресу забезпечує плавний, без поштовхів і вібрації процес перемішування перероблюваного термопласту, а отже і підвищує надійність його роботи (рис. 1).

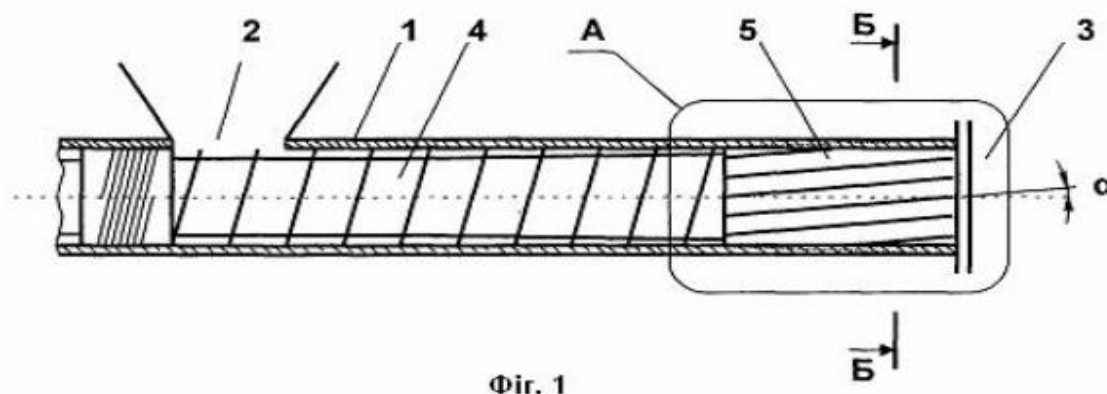


Рис. 1. Модернізований черв'як черв'ячного пресу [1].

### Висновки

Використання запропонованої конструкції черв'яка забезпечує плавний процес переробки термопласту, без поштовхів і вібрації. Модернізований пристрій також повинен забезпечити одержання високоякісних виробів і напівфабрикатів на основі полімерних матеріалів. Проведений з використанням програмних продуктів ANSYS числовий аналіз напружено-деформованого стану модернізованого черв'яка (Structural Analysis) показав запас міцності понад 1,5, що є підтвердженням його надійної та довготривалої експлуатації.

### Література

1. Пат. 20457 U Україна, МПК(2006) B29B 7/40 (2006.01) B29C 47/38 B29C 47/60 B29C 47/58. Одночерв'ячний прес для переробки термопластів / Ю. Ю. Лукач, Мікульонюк ; заявник і патентовласник – НТУУ «КПІ». № у 2006 09023; заявл. 14.08.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1/2007.