

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

допущено»

«До захисту

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.В.Гондлях

« » \_\_\_\_\_ 2018р.

## **Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування**

**на тему: «Термопластавтомат з модернізацією механізму змикання»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) 2 курсу, групи ЛП-71мп

Зарудний М.В.

Науковий керівник

професор кафедри ХПСМ,  
к.т.н., проф. Сівецький В.І.

Консультант з розділу модернізація

доцент каф. ХПСМ,  
д.т.н., доц. Щербина В.Ю.

Консультант (ТМ та Е)

старший викладач кафедри ХПСМ,  
Борщик С.В.

Рецензент

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відомих посилань

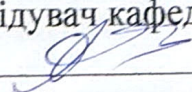
Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування  
вень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною  
рограмою  
пеціальність – 133 - Галузеве машинобудування  
пеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування  
бладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 О.В.Гондляк  
« \_\_\_ » 2018 р

**ЗАВДАННЯ**  
на магістерську дисертацію студенту

**Зарудному Михайлу Володимировичу**

1. Тема дисертації «Термопластавтомат з модернізацією механізму змикання», науковий керівник дисертації Сівецький Володимир Іванович, к.т.н., професор, затверджені наказом по університету від « 12 » листопада 2018р. № 4139-с

2. Термін подання студентом дисертації 1. XII. 18

3. Об'єкт дослідження Термопластавтомат з об'ємом вприску 125 см<sup>3</sup>

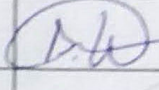

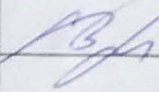
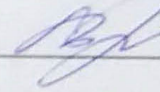
4. Вихідні дані: Об'єм вприску 125 см<sup>3</sup>, номінальний тиск лиття 167 МПа, номінальний діаметр цувряка 45 мм, номінальне зусилля укріплення 1400 кН, маса машини

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Вступ, опис конструкції багової машини для лиття під тиском, її складових частин та принципу дії, технічна характеристика багової конструкції, літературний та патентний огляд стану техніки, обґрунтування напрямкової модернізації, автоматична система управління, start-up проект та оцінка техніко-економічних показників, оцінка ризику, розрахунки, технологія монтажу та експлуатації

6. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Термо-  
механізмів з модернізацією механізму замкнення від усталеної механічної  
заставки, механізм замкнення модернізований, механізм замкнення модернізований,  
механізм амортизації, амортизатор, трикутник підсилювача шукера, розривний шукер на  
підвісі (систем ANSYS)

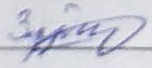
7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_  
Відомостями механізму замкнення, використання інтегрованих датчиків при  
проектванні механізму.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Наукові розробки, плагіат	Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ		 (14)
Технологія монтажу та експлуатації	Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_  
 Календарний план

№	Назва етапів виконання дисертації	Строк виконання	Примітка
1	Отримання і утворення МД	3.11.18	
2	Вступ, Виробки та інші бурби спеціальної термомеханіки	1.11.18	
3	Літературний та патентний пошук	10.11.18	
4	Розробка модернізований механізму замкнення	10.11.18	
5	Розробка параметрів бурби та модернізований механізму	20.11.18	
6	Розробка амортизаторів системи управління	20.11.18	
7	Розробка електронного проекту та обліку експлуатації механізму	15.11.18	
8	Розробка розділу опору проті та техніки бурби	1.11.18	
9	Розробка технічної нотиції та експлуатації	15.11.18	
10	Представлення МД на перевірку	1.12.18	

Студент 

Зорудний М.В.

Керівник 

Гівацький В.І.

## РЕФЕРАТ

Термопластавтомат з модернізацією механізму змикання: магістерська дисертація – другий вищий рівень освіти за освітньо-професійною програмою зі спеціальності «Галузеве машинобудування», гр. ЛП-71мп, ІХФ Зарудний М.В., науковий керівник к.т.н., проф. Сівецький В.І.

Магістерська дисертація містить: 90 сторінок загального тексту, 8 креслень формату А1, 15 ілюстрації, 26 таблиць, 29 джерел інформації.

Метою проекту є удосконалення механізму змикання. В результаті проведеної модернізації забезпечується надійність змикання перс-форми та зменшення кількості браку.

В магістерській дисертації розроблені розділи: автоматична система управління, стартап-проект і оцінка техніко-економічних показників модернізації, охорона праці та навколишнього середовища, виконано параметричні та теплові розрахунки, розрахунки на міцність, а також розрахунки, що підтверджують працездатність. Креслення були зроблені за допомогою програми КОМПАС, розрахунки - за допомогою AutoLisp та Ansys. Результати розрахунків зведені в розрахунково-пояснювальну записку. До складальних креслень додаються специфікації. Наведено список використаної літератури.

### ***Ключові слова:***

МЕХАНІЗМ ЗМИКАННЯ, ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ПОЛІМЕР, ІНЖЕКЦІЯ, ГІДРОЦИЛІНДР.

## РЕФЕРАТ

Термопластавтомат с модернизацией механизма смыкания: магистерская диссертация - второй высший уровень образования по образовательно-профессиональной программе по специальности «Отраслевое машиностроение», гр. ЛП-71мп, ИХФ Зарудный М.В., научный руководитель к.т.н., проф. Сивецкий В.И.

Магистерская диссертация содержит 90 страниц общего текста, 8 чертежей формата А1, 15 иллюстрации, 26 таблиц, 29 источников информации. Целью проекта является усовершенствование механизма смыкания. В результате проведенной модернизации обеспечивается надежность смыкания пресс-формы и уменьшения количества брака.

В магистерской диссертации разработаны разделы: автоматическая система управления, стартап-проект и оценка технико-экономических показателей модернизации, охрана труда и окружающей среды, выполнено параметрические и тепловые расчеты, расчеты на прочность, а также расчеты, подтверждающие работоспособность. Чертежи были сделаны с помощью программы КОМПАС, расчеты - с помощью AutoLisp и Ansys. Результаты расчетов сведены в расчетно-пояснительную записку. К сборочных чертежей добавляются спецификации. Приведен список использованной литературы.

### ***Ключевые слова:***

МЕХАНИЗМ СМЫКАНИЯ, ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, ПОЛИМЕР, ИНЖЕКЦИИ, ГИДРОЦИЛИНДРОВ.

## ABSTRACT

Injection molding machine with modernization of the closing mechanism: master's thesis - the second highest level of education in the educational and professional program in the specialty "Industrial Engineering", gr. LP-71mp, ICF Zarudny M.V., supervisor, Ph.D., prof. Sivetsky V.I.

The master thesis contains 90 pages of general text, 8 drawings of A1 format, 15 illustrations, 26 tables, 29 sources of information. The goal of the project is to improve the clamping mechanism. As a result of the modernization, the reliability of closing the mold and reducing the number of defects is ensured.

In the master's thesis, the following sections were developed: automatic control system, start-up project and evaluation of technical and economic indicators of modernization, labor and environmental protection, parametric and thermal calculations, strength calculations, and calculations confirming the performance. Drawings were made using the KOMPAS program, calculations using AutoLisp and Ansys. The results of the calculations are summarized in the settlement and explanatory note. Specifications are added to assembly drawings. The list of references is given.

### ***Key words:***

PLUG MECHANISM, THERMAL PLASTIC MACHINE, MOLDING UNDER PRESSURE, POLYMER, INJECTION, HYDROCYLINDER.

## ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

$\Delta P$  - тиск, Мпа;

$T_{инж}$  – температура розплаву в момент заповнення форми, °С;

$h$  – величина ходу черв'яка, м;

$V_{инж}$  – швидкість інжекції, м/с;

$\delta$  – товщина виробу, м;

$a$  – коефіцієнт теплопровідності;

$T_{фор}$  – температура форми, °С;

$T_{вир}$  – температура виробу, °С;

$H_{ходу}$  – відстань між пів формами, м;

$V$  – швидкість руху запираючого пристрою, м/с;

$R_l$  – радіус литника, м;

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

$\mu$  - в'язкість в каналі, Па·с,

$\alpha$  - коефіцієнт прямого потоку;

$N_g$  – потужність затрачувана в зоні дозування, кВт;

$N_ч$  – потужність черв'яка, кВт;

$\eta$  – КПД приводу, %;

$P_n$  – максимальне зусилля на штоці гідроциліндра, Н;

$U$  – максимальна швидкість переміщення штока, м/с;

$P_p$  – питомий тиск, мПа;

$S_k$  – площа поперечного перерізу колони, м<sup>2</sup>.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОЇ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ЇЇ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	4
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	6
3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ХАПРОПОНОВАНИХ МОДЕРНІЗАЦІЙ.....	7
3.1 Аналіз літератури та патентів.....	7
3.2 Обґрунтування обраних модернізацій.....	14
4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	15
4.1 Характеристика виробничих шкідливостей і небезпек.....	15
4.2 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів проектованої установки і міри їхнього усунення.....	15
4.2.1 Повітря робочої зони.....	15
4.2.2 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур.....	17
4.2.3 Виробничий шум.....	17
4.2.4 Небезпека впливу частин що рухаються і обертаються.....	18
4.2.5 Пожежна безпека.....	19
4.2.6 Системи що працюють під тиском.....	20
4.3 Небезпека враження електричним струмом.....	21
4.3.1 Розрахунок захисного заземлення.....	23
4.4 Інструкція з техніки безпеки.....	25
5 СТАРТ-АП ПРОЕКТ І ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	27

					ЛП71мп.037146.01-70ТД			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зарудний М.В.			Темопластавтомат з модернізацією механізму змикання	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сівецький В.І.						
Керівник						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.								
Затверд.								



5.1 Старт-ап проект.....	27
5.1.1 Опис ідеї проекту.....	27
5.1.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	28
5.1.3 Аналіз ринкових можливостей запуску старт-ап проекту.....	30
5.2 Оцінка техніко-економічних показників модернізації.....	38
5.2.1 Обґрунтування доцільності проведення модернізації.....	38
5.2.2 Обґрунтування потреби в обладнанні з урахуванням вимог споживача по кількості та періоду часу.....	40
5.2.3 Розрахунок витрат на проектні роботи.....	41
5.2.3.1 Розрахунок трудомісткості конструкторської роботи.....	41
5.2.3.2 Розрахунок трудомісткості технологічної підготовки виробництва.....	45
5.2.3.3 Розрахунок витрат на проектні роботи.....	46
6 АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ.....	48
6.1 Аналіз машини для лиття під тиском, як об'єкта керування.....	49
6.2 Опис технологічного процесу.....	49
6.3 Опис функціональної схеми автоматизації машини для лиття під тиском.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53
ДОДАТОК: Таблиця розглянутих патентів.....	54

## ВСТУП

Вироби з полімерних матеріалів в сучасному світі здобули широкого розповсюдження, їх використовують повсюди. Майже третя частина полімерів перероблюється литтєвим формуванням, а переважу частину обладнання для переробки представляють литтєві машини. Одним з популярних способів переробки полімерів є лиття під тиском. Даний спосіб дозволяє отримати вироби достатньо високої якості із різноманітних видів полімерів, при порівняно малих затратах і значної продуктивності праці.

Переробка термопластичних матеріалів за допомогою цього методу полягає в тому, що відбувається підготовка необхідного, для виробу, об'єму термопластичної маси, та подальшому нагнітанні його, у зімкнену прес-форму, під тиском і подальшій витримці на протязі певного часу, після закінчення якого виріб не втрачатиме свою форму, та подальшого його вилучення з прес-форми [2].

В дипломній роботі розглядається термопластавтомат з об'ємом вприску  $125 \text{ см}^3$ . В базовому агрегаті наявний такий недолік як можливість утворення бракованих виробів за рахунок ненадійності механізму змикання.

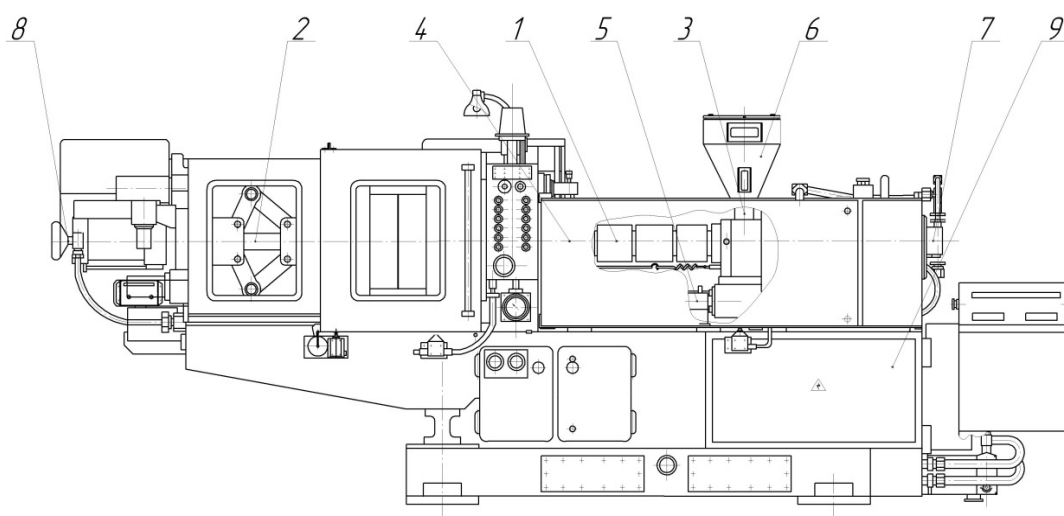
Мета дипломного проекту – модернізація механізму змикання, що сприятиме усуненню виявлених недоліків, та збільшить надійність і технологічність механізму.

## 1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОЇ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ЇЇ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

Опис базової конструкції агрегату та його складових частин наведені в [2].

Базовими вузлами термопластавтомата Рисунок 1.1 є механізм інжекції 1, та механізм змикання 2.

Принцип дії машини для лиття під тиском полягає в тому, що термопластичний матеріал, який перероблюється, завантажується в бункер 6, звідки потрапляє в матеріальний циліндр. При обертанні шнека матеріал захоплюється гребнями, та під впливом нагрівачів і сил внутрішнього тертя нагрівається, пластикується, та у вигляді гомогенізованої маси накопичується у просторі перед шнеком. Після накопичення необхідної полімерної маси, шнек приводиться у поступальний рух за допомогою гідроциліндру вприску 7, та відбувається подача матеріалу в прес-форму, що зімкнена за допомогою механізму змикання 2. Полімерна маса, що була впорснута у прес-форму, охолоджується і потім, після розкриття прес-форми, вилучається з неї. Надалі цикл повторюється.



1 – механізм інжекції; 2 – механізм змикання; 3 – завантажувальна горловина; 4 – сопло; 5 – гідроциліндр підводу сопла; 6 – бункер; 7 – гідроциліндр інжекції; 8 – гідроциліндр змикання; 9 – станина

Рисунок 1.1 – Машина для лиття під тиском

Механізм інжекції 1 встановлюється на направляючих салаках, та може переміщуватись вздовж направляючих в сторону нерухомої плити механізму змикання 2, та навпаки. Даний рух здійснюється за допомогою гідроциліндра підводу сопла 5.

Пластикація, гомогенізація, та інжекція матеріалу виконується в інжекційному механізмі за рахунок обертання і зворотньо-поступального руху шнека. Зворотньо-поступальний рух шнека забезпечується за допомогою гідроциліндра інжекції 7.

Підчас накопичення необхідної для інжекції дози матеріалу в порожнині перед соплом, шнек поступово відводиться назад за рахунок тиску матеріалу що накопичився. Після набору необхідної дози привід що забезпечує обертовий рух шнеку відключається, та здійснюється підвід сопла 4 до нерухомої плити, відбувається його ущільнення з ливниковою системою прес-форми. Далі шнек за допомогою гідроциліндра інжекції 7 швидко переміщується в напрямку ливникового каналу, що призводить до нагнітання матеріалу в прес-форму яка зімкнена за допомогою механізму змикання 2.

Недоліком базової конструкції машини для лиття під тиском є те, що ричажно-гідравлічний механізм змикання є ненадійним. Що в свою чергу може призвести до утворення облою на готових виробах.

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Технічна характеристика машини приведена з [2].

Технічна характеристика машини серії ЛМ125:

1. Найбільший об'єм впорскування, см <sup>3</sup>	125
2. Номінальний тиск лиття, МПа	167
3. Номінальний діаметр черв'яка, мм	45
4. Найбільший хід черв'яка впорскування, мм	230
5. Номінальне зусилля запирання, кН	1400
6. Хід рухомої плити вузла запирання, мм	200
7. Відстань між колонами, мм:	
– горизонтальна	340
– вертикальна	340
8. Робочий тиск в гідросистемі, МПа	20
9. Габаритні розміри машини, мм:	
– довжина	3490
– ширина	1410
– висота	1925
10. Маса машини, кг	6450

### **3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ МОДЕРНІЗАЦІЙ**

#### **3.1 Аналіз літератури та патентів**

Під час пошуку було оглянуто технічну літературу з метою аналізу базової конструкції, та принципу дії машини для лиття під тиском, виявлення її недоліків та переваг. В результаті аналізу джерел [1-3,7] було виявлено, що базова конструкція має недостатню експлуатаційну надійність механізму змикання. Для покращення експлуатаційної надійності механізму змикання було здійснено патентно-літературний огляд. Для вибору варіанту модернізації механізму змикання машини для лиття під тиском було знайдено 7 технічних рішень (див. Додаток) на основі патентів.

В роботах [8-11] запропоновані конструктивні рішення по удосконалення механізму змикання.

Технічне рішення [10] механізму змикання відрізняється тим, що для переміщення рухомої плити, та надання необхідного зусилля змикання використовується гідромеханічний привід, який являє собою систему важелів, що складаються з двох розгалужень (гілок). У кожній гілці пара важелів з'єднана за допомогою осей які зв'язані з рухомою плитою з одним із шарнірів, а між собою пари важелів зв'язуються за допомогою осей. Пара важелів зв'язується за допомогою шатунів які з'єднані з штоком гідроциліндру, з задньою плитою.

Всі шарніри укомплектовані спеціальними композитними втулками, що надають їм здатність релаксувати в місцях критичного навантаження, завдяки чому зусилля змикання рівномірно розподіляється по шарнірах.

Сутність модернізованої конструкції пояснюється наступними кресленнями. На Рисунку 3.1 зображено механізм змикання з розкритою формою. На Рисунку 3.2 зображено механізм змикання з закритою формою.

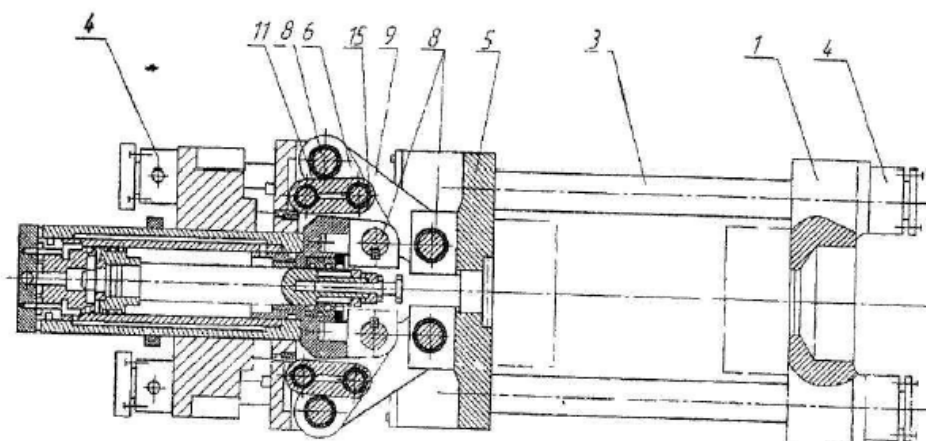


Рисунок 3.1 – Механізм запирання з розкритою формою

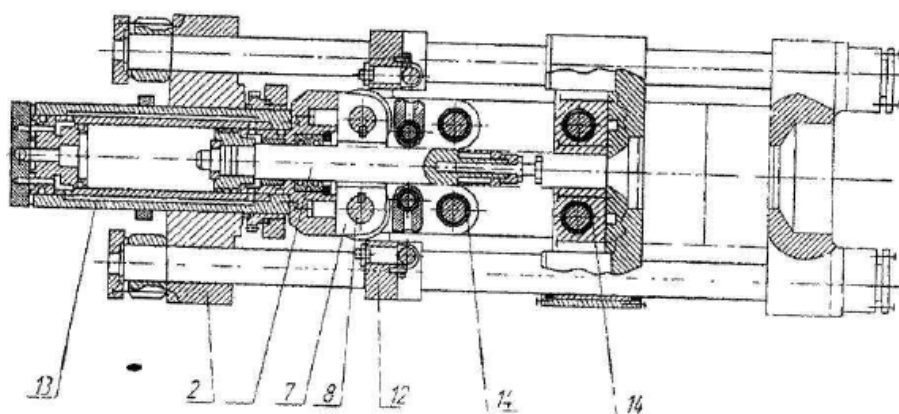


Рисунок 3.2 – Механізм запирання з закритою формою

Механізм змикання машини для лиття під тиском містить дві нерухомі плити – передню 1 і задню 2, що з'єднуються між собою за допомогою колон 3, та гайок 4. На колонах 3 встановлена рухома плита 5, що має можливість переміщуватись вздовж них. За переміщення плити, та досягнення необхідного зусилля змикання, відповідає гідромеханічний привід, який представляє собою двоступінчастий підйомний підсилювач, який має пару трьохшарнірних важелів 6, яка одним шарніром за допомогою кронштейнів 7 і осей 8 з'єднана з нерухомою плитою 5. Двошарнірні важелі 9 і трьохшарнірні важелі 6 зв'язуються між собою за допомогою осей 8. Бічні шарніри важелів 6 з'єднуються з приводною плитою 12, яка приводиться в рух гідроциліндром 13, за допомогою осей 10 і важелів 11. В шарнірах важелів 6 і 9 присутні композитні втулки.

Наступне технічне рішення [11] механізму змикання відрізняється тим, що привід зворотно-поступального руху з'єднаний з ланками паралельних шарнірів, що протилежно направлені, але однаково спрямовані ланки яких,

з'єднані з штангами за допомогою осей обертання, що встановлені в направляючі колодки, які в свою чергу фіксуються на них зі сторони опозитно спрямованих ланок, з'єднаних з приводом, а з іншої сторони опозитно спрямованих ланок виконується з втулкою, яка має здатність регулюватись по міжосьовій відстані між штангами.

Сутність модернізованої конструкції пояснюється кресленнями. Рисунок 3.3 – Замковий пристрій що перебуває неробочому положенні при відведеній рухомій плиті. Рисунок 3.4 – Повздовжній розріз А-А. Рисунок 3.5 – переріз Б-Б. Рисунок 3.6 – переріз В-В.

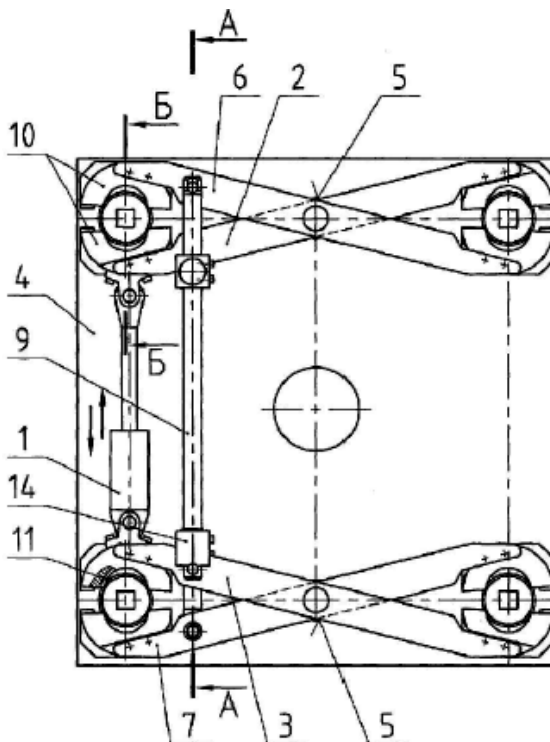


Рисунок 3.3 – Замковий пристрій що перебуває в неробочому положенні при відведеній рухомій плиті.

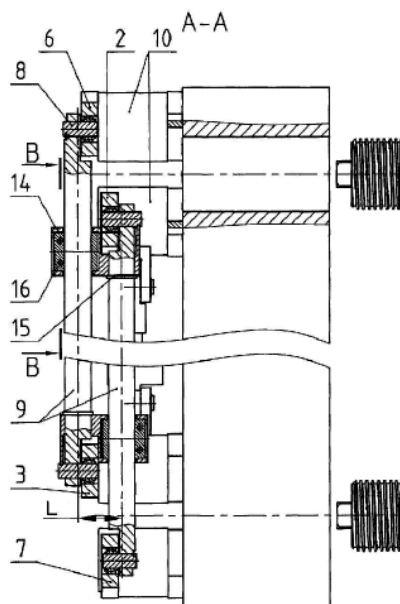




Рисунок 3.4 – повздовжній розріз А–А.

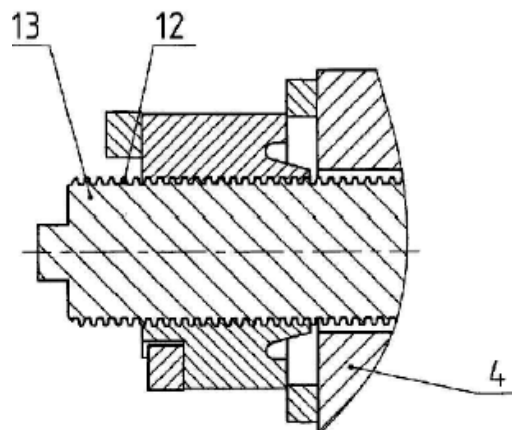


Рисунок 3.5 – переріз Б–Б.

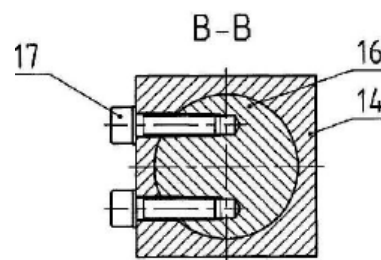


Рисунок 3.6 – переріз В–В.

Замковий пристрій, складається з приводу зворотно-поступального руху 1 (Рисунок 3.3), який сполучається з опозитно направленими ланками 2 та 3, які розташовуються протилежно на рухомій плиті 4, паралельних шарнірів 5. При цьому однаково направлені ланки 3, 6 і 2, 7 сполучені з штангами 9 за допомогою осей обертання 8. На кінцях ланок паралельних шарнірів 5 закріплюються сухарі 10, які виконані з сегментними виїмками 11, коли прес-фомка знаходиться в замкнутому положенні сухарі 10 охоплюють відповідні окружні виступи 12 (Рисунок 3.5) на колонах 13, що змонтовані на нерухомій плиті машини для лиття під тиском. В направляючих колодках 14 встановлюються штанги 9 і фіксуються з боку ланок 2, і 3 стопорними кільцями 15. З боку ланок 6 та 7 направляючі колодки 14 виконуються з втулками 16, які регулюються по міжосьовій відстані між штангами 9 і гвинтами 17 що фіксуються в колодках 14.

Конструкційне рішення [9] механізму змикання відрізняється тим, що гідромеханічний механізм змикання пів-форм машин для лиття під тиском, має пустотілий корпус на нерухомій плиті з ходовим гвинтом всередині, який з'єднується з приводом його обертання і ходовою гайкою. Ходова гайка зв'язана з закріпленою на нерухомій плиті силовою втулкою, що має кільцеві виступи на зовнішній поверхні для взаємодії через замок з поршнем гідроциліндра змикання пів-форм. При цьому замок виконаний в вигляді

різьбової пари силової втулки, та силової гайки, що встановлена на нерухомій плиті з можливістю обмеженого вісьового переміщення і жорстко з'єднаної з зубчастим колесом внутрішнього зачеплення через шестерню. Шестерня закріплена на торцевій поверхні кришки пустотілого корпусу, що зв'язаний з зубчастим колесом зовнішнього зачеплення, розташованим на ходовому гвинті.

Сутність модернізованої конструкції пояснюється кресленнями. Рисунок 3.7 – Повздовжній розріз пристрою в початковій позиції рухомої плити. Рисунок 3.8 – Повздовжній розріз пристрою в робочій позиції.

Гідромеханічний пристрій змикання пів-форм машини для лиття під тиском працює наступним чином.

Вмиканням привода 14 швидкого переміщення рухомої плити 12 приводиться в обертання ходовий гвинт 11 і, відповідно зубчате колесо 17 зовнішнього зачеплення. За рахунок різьбового з'єднання ходового гвинта 11 з ходовою гайкою 10, жорстко розкріпленою в силівій втулці 9, остання починає по ходовому гвинту 11 швидко переміщуватись, приводячи таким чином рухому плиту 12 з вихідної позиції в робочу. При цьому зубчате колесо 17 зовнішнього зачеплення через шестерню 15 передає обертання зубчатому колесу 16 внутрішнього зачеплення, а значить, і силівій гайці 8, яка своїм обертанням, і забезпечує силівій втулці 9 вільний з неї вихід. При зіткненні пів-форм 4 в порожнину 5 гідроциліндру 3 їх запирання подається робоча рідина. Поршень 7 починає при цьому переміщуватися до контакту с торцевою поверхнею силової гайки 8 і наступної виборки зазору, що існує в її різьбовому з'єднанні з силовою втулкою 9 під час її вільного з силової гайки 8 висунені. Цикл змикання пів-форм таким чином завершується їх силовим запиранням. Повернення рухомої плити 12 відбувається при подачі робочої рідини в порожнину 6 і, відповідно, розвантаженні силової гайки 8 з наступним ввімкненням приводу 14 швидкого переміщення рухомої плити 12 в зворотньому вище описаному напрямку.

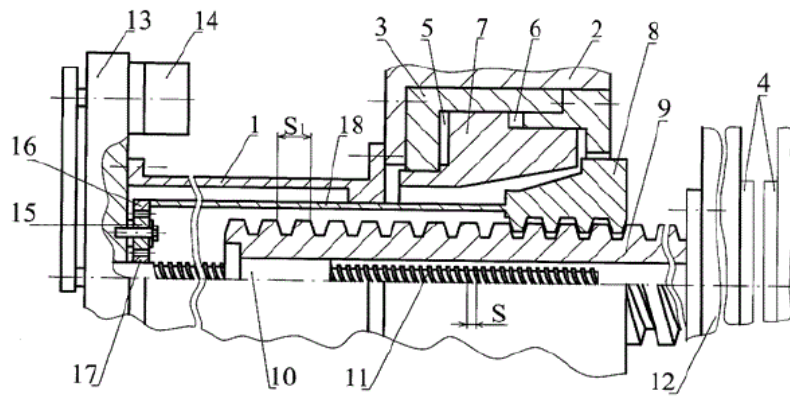


Рисунок 3.7 – Повздовжній розріз пристрою в початковій позиції рухомої плити.

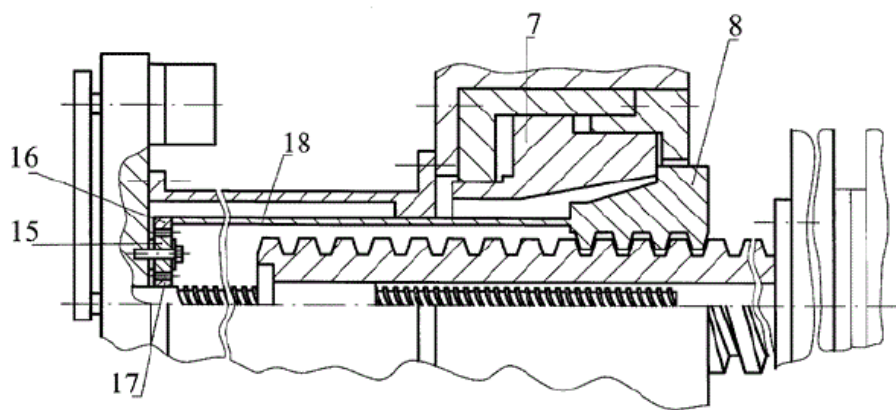
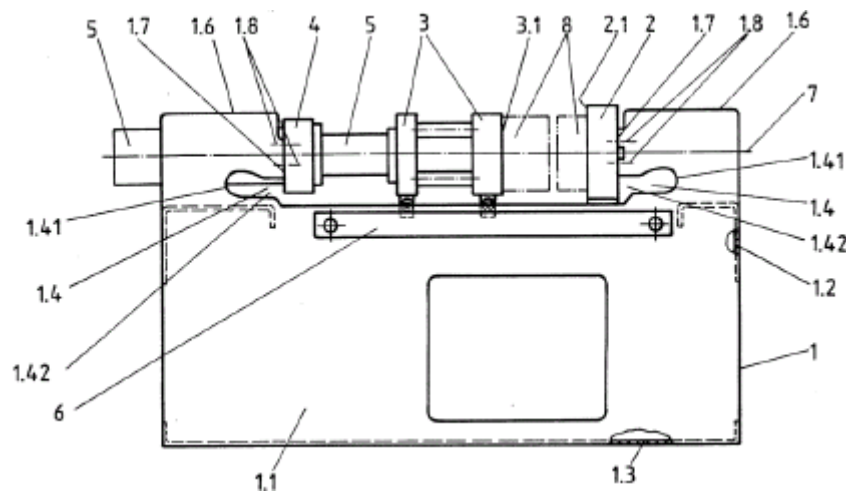


Рисунок 3.8 – Повздовжній розріз пристрою в робочій позиції.

Конструкційне рішення [9] механізму змикання відрізняється тим, що пристрій складається з С-подібної рами машини, на обох полицях якої розміщені плити для закріплення формувального інструменту, з яких, що найменше, одна встановлена з можливістю повздовжнього переміщення за допомогою механізму переміщення. Зусилля змикання та розмикання поглинається рамою машини, при чому відбувається розширення рами машини. Плити для закріплення формувального інструменту можуть мати опору на одну чи декілька горизонтальних підшипникових осей через пружну деформацію. Що найменше одна полка рами машини має стоншення поперечного перерізу. В залежності від змикаючих чи утримуючих зусиль виникає зустрічна пружна деформація полки. Результатом чого є запобігання створення кутових відхилень монтажної площадки, для пів-форми формувального інструмента від її вертикального робочого положення.

Сутність модернізованої конструкції пояснюється кресленнями. Рисунок 3.9 - Пристрій для замикавання литтєвих форм.



1 – рама машини; 1.1 – бічна стінка; 1.2 – розпірка; 1.3 – днище; 1.4 – шліц; 1.6 – полиці; 2 – нерухома плита; 3 – рухома плита; 4 – кінцева плита; 5 – привід; 6 – напрямні рейки; 7 – площина вприску; 8 – формувальний інструмент

Рисунок 3.9 – Пристрій для замикання литтєвих форм

Пристрій для замикання ливарних форм складається з С-образної рами 1 машини, на одній полиці 1.6 якої на внутрішній стороні розташована нерухома плита 2 для кріплення інструменту, а на іншій полиці 1.6 на внутрішній стороні розміщена кінцева плита 4. У прикладі виконання С-подібна рама 1 машини утворена двома бічними стінками 1.1, які пов'язані між собою розпірками 1.2 і днищем 1.3. Між нерухомою плитою 2 для кріплення інструменту і кінцевою плитою 4 на напрямних рейках 6

встановлена з можливістю переміщення за допомогою пристрою перестановки рухома плита 3 для кріплення інструменту. Пристрій перестановки виконано у вигляді лінійного приводу 5, який в прикладі виконання складається з гідравлічного робочого циліндра, змонтованого на кінцевій плиті 4 і на рухомій плиті 3 для кріплення інструменту. За допомогою електрогідравлічної системи управління (не показана) за допомогою гідравлічного робочого циліндра створюються замикає й розмикає зусилля, необхідні для закриття і відкриття півформ формувального інструменту 8. Замикає і розмикати зусилля сприймаються при цьому виключно С-образною рамою 1 машини. Для кріплення відповідної напівформи формувального інструменту 8 нерухома і рухома плити 2 і 3 відповідно для кріплення інструменту мають відповідні

монтажні поверхні 2.1 або ж 3.1. На рисунку 4.9 видно, що на внутрішній стороні в обох полицях 1.6 С-образної рами 1 машини виконані шліци 1.4. Шліци 1.4 знаходяться кращим чином нижче площини 7 впорскування, відкриті з одного боку і закінчуються на іншій стороні в формі дуги 1.41. У прикладі виконання шліци 1.4 проходять приблизно горизонтальної мають на внутрішній стороні в напрямку плит 2 і 3 для кріплення інструменту отвір 1.42.

Перевага цього рішення полягає в тому, що не потрібно ніяких кріпильних пристосувань для установки нерухомою плити для кріплення інструменту, які з точки зору конструктивного виконання або технології виготовлення є дорогими, а необхідна установка на рамі машини циліндричної плити або ж рухливих плит для кріплення інструменту.

### **3.2 Обґрунтування обраних модернізацій**

В результаті літературно-патентного огляду механізму змикання півформ обрано варіанти модернізації на основі технічних рішень [9] та [11].

Прийнято рішення, включити в конструкцію механізму змикання замковий механізм вказаний в [11]. Це надає змогу підвищити експлуатаційну надійність механізму змикання.

Також прийнято рішення замінити базовий речажно-гідрравлічний механізм змикання на гідромеханічний згідно [9]. В результаті використання електро-гідрравлічного механізму запирання ми маємо: точність, швидкість та економічність електричної системи запирання і силу гідрравлічної. Тобто наша конструкція працюватиме швидше та економніше, при цьому, не втрачаючи переваг гідрравлічної системи.

## **4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1 Характеристика виробничих шкідливостей і небезпек**

Шкідливими та небезпечними факторами при роботі на машинах для лиття під тиском є:

1. Параметри повітря робочої зони (наявність в повітрі шкідливих речовин, що утворились під час роботи)
2. Виробничий шум (шум електродвигунів, пневматики, гідравліки, вентиляторів);
3. Вплив деталей машин що рухаються чи обертаються (шнеки, ланцюги, каретки);
4. Враження електричним струмом (електроприлади, статична електрика);
5. Можливість виникнення пожеж;
6. Наявність шлангів які знаходяться під тиском;
7. Виробниче освітлення;
8. Наявність елементів устаткування, нагрітих до високих температур

### **4.2 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів проєктованої установки і міри їхнього усунення**

#### **4.2.1 Повітря робочої зони**

Робота операторна машини для лиття під тиском – важка фізична робота, тому що установка працює в умовах теплових виділень, та шуму, енергозатрати оператора складають більш ніж 275 ккал.

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приведені в таблиці 1, виділення шкідливих речовин в робочій зоні приведені в таблиці 2.

Таблиця 4.1

Пора року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична
Холодний та перехідний періоди року	Середньої важкості	20-24	21-24	40-60	40-65	0,2	0.1-0.12
Теплий період року	Середньої важкості	21-24	26-30	40-60	40-55	0.1-0.3	0.15-0.2

Фактична температура повітря в теплий період року перевищує оптимальну, тобто є необхідність встановлення кондиціонерів для охолодження повітря.

Таблиця 4.2

Речовина	Концентрація	
	Допустима, мг/м <sup>3</sup>	Фактична, мг/м <sup>3</sup>
Етилен	10	8
СО	20	16
СО <sub>2</sub>	0.03	0.01-0.02
РbO и СоO	0.01	0.005-0.009
Формальдегіди	5	3

Параметри повітря в робочій зоні та видалення шкідливих речовин які утворились при переробці матеріалу, і їх нейтралізація повинні проводитись

виробником за допомогою відповідних пристроїв та засобів, що мають бути передбачені при проектуванні виробничих приміщень.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запиленість повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, встановлених ГОСТ 12.1.005-88 і

СНиП 2 04.05-84 для вентиляції.

Для загального обмінну вентиляцією застосовується механічна приточно-витяжна вентиляція.

#### **4.2.2 Небезпека впливу устаткування, нагрітих до високих температур**

Небезпечними елементами литьової машини – поверхні корпуса, прес-форми, – температура яких може досягати 200С.

Наслідками травм можуть бути дотику людей до нагрітих поверхонь. Щоб уникнути травм нагріті елементи лінії закриваються спеціальними кожухами і маркіруються попереджувальними знаками про наявність високої температури. Попереджувачі знаки ставляться на поверхні температура, яких перевищує 45□0С, що відповідає СН 245-71

#### **4.2.3 Виробничий шум**

Основними джерелами шуму є електродвигуни, редуктори, ланцюгові передачі.

Рівень звукового тиску в октавних смугах частот, рівень звуку й еквівалентні рівні звуку для постійних робочих місць при працюючій лінії повинні не перевищувати припустимих норм, установлених за ДСН 3.3.6.037-99.

Рівень шуму на робочому місці лежить у припустимих межах, тому що рівень шуму створюваний вентиляторами й електроустаткуванням складає 75дБа.



Допустимий та фактичний рівень шуму.

Таблиця 4.3

Найменування звукових характеристик	Середньгеометричні частоти в октавних полосах, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівень звукового тиску, дБ	94	87	81	78	75	73	71	69
Фактичне значення шуму, дБ	89	82	76	73	70	68	66	64

Шуми, створювані устаткуванням, переважно знаходяться в діапазоні 250-2000Гц.

Зменшення механічного шуму в машині для лиття під тиском можна досягти:

1. примусове змазування тертьових поверхонь,  $\Delta P=4$  дБА;
2. балансування обертових елементів,  $P=6$  дБа;
3. прокладочні матеріали і пружні вставки в з'єднання, крім при цьому передачу коливань від однієї деталі до інший,  $P=5$  дБа;
4. своєчасне усунення несправності,  $\Delta P=3$  дБА.

Величина загальної технічної вібрації на постійних робочих місцях при працюючій машині не перевищує норм установлених за ДСНЗ.36.039-99.

#### 4.2.4 Небезпека впливу частин що рухаються і обертаються

Рухливими частинами литьової машини є: муфти, ротори електродвигунів.

В запобіганні нещасливих випадків всі обертові і частини, що рухаються, закриті суцільним чи сітчастим огороженням. Розміри сторін осередків сітчастого огороження не більш 10 мм.

Експлуатувати лінію зі знятими огороженнями забороняється. Також забороняється проводити ремонт і налагодження вузлів лінії під час її роботи.

#### **4.2.5 Пожежна безпека**

Температура запалення матеріалу, що переробляється, складає порядку 300-3500С. Категорія приміщення ОНТП24-86-В, клас зони обладнання (ПУЄ)- П-Па.

Серед причин які викликають загоряння найбільш ймовірними є:

1. несправність електроустаткування;
2. струми короткого замикання і перевантаження кабелів харчування;
3. загоряння ізоляції електропроводів;
4. використання вогню в неналежному місці;
5. пряма поразка блискавкою, що може викликати пожежа і зробити руйнування будинків;
6. іскри при електро- і газозварних робіт.
7. Запобігання можливості загоряння забезпечується наступними мірами:
8. дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
9. паління тільки у відведених місцях;
10. своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
11. організація агітації по протипожежному захисті;
12. наявність засобів організації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
13. наявність засобів пожежогасіння безпосередньої близькості від установки (пісок, вогнегасник);
14. будинок установлений на відстані не менш 10 метрів від сусіднього будинку і 20 метрів від складів;
15. заземлено металеві елементи, тому що з появою блискавки можливе іскріння;

16. на будинку встановлені блискавковідводи сітчастого виду.

Найменш допустимі границі вогнебезпечності будівельних конструкцій.

Таблиця 4.4.

№	Основні будівельні конструкції.	Границі вогнестійкості, час.
1	Несучі стіни, колони	2
2	Наружні стіни з навесних панелей	0,25
3	Несучі конструкції, покриття	0,25
4	Несучі конструкції міжповерхових та чердачних перекритій	0,75
5	Внутрішні стіни, перегородки	0,25

Для гасіння невеликих ділянок загоряння при відключеному електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (2 шт.) і пінні вогнегасники ОХП-10 (1 шт.). Для гасіння включених електромереж застосовують порошкові вогнегасники ОП-10 (1 шт.).

Ширина прорізу двері евакуиходу – 2 метри. Кількість виходів – не менш двох. Двері відкриваються назовні (СНиП 2.09.02-85).

#### 4.2.6 Системи, що працюють під тиском

У литьової машині присутні трубопроводи, по яких транспортується охолодна чи рідина повітря під тиском 0,4-0,6 МПа. Також величезний тиск створюється в корпусі. При досягненні тиском критичного значення на пульті керування загоряється сигнальна лампа, а також спрацьовує звукова сигналізація.

Відповідно до ГОСТ 14201-79 встановлена пізнавальне фарбування трубопроводів: вода – зелений; повітря – синій; пальні рідини (олії) – коричневий.

### 4.3 Небезпека враження електричним струмом

Машина ТПА Д3134 відноситься до категорії підвищеної небезпеки. Для машини використовується трифазна напруга 380В з частотою 50Гц та ізольованої нейтралю.

Основними причинами нещасливих випадків від впливу електричного струму на проєктованій ділянці є:

1. помилкове включення установки;
2. можливість виникнення крокової напруги;
3. пробій на корпус;
4. випадки дотику людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
5. старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
6. дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання;

Основними мірами захисту є:

1. Забезпечення неприступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (розташування їх на недоступній висоті), для випадкового дотику,  $H=3\text{м}$ .

2. Використання щитків, спеціальних знаків небезпеки, що попереджають людини про наявність високої температури, можливості поразки електричним струмом і т.д.( кожною з небезпеки відповідає свій попереджуючий знак ).

3. Організація безпечної експлуатації електроустаткування, перед роботою установку перевіряють фахівці, вона проходить спробну експлуатацію.

4. Усунення небезпеки з появою напруг на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається використанням захисного заземлення, подвійної ізоляції.

У зв'язку з тим що на ділянці встановлюється трифазна чотирьох провідна мережа з напругою 380/220В, використовується захисне заземлення.

Для трьохпроводної мережі з ізольованої нейтраллю при нормальному режимі роботи у випадку дотику до однієї фази струм через людину дорівнює, відповідно до ГОСТ 12.1.038-82:

де  $U_f = 220\text{В}$  – напруга фази,

$$R_r = R_{тч} + R_c + R_n + R_{кп} = 8000 + 250 + 100 + 50 = 1200 \text{ Ом.}$$

$R_{тч}$  – опір людини,

$R_r$  – опір мережі,

$$R_{тч} \ll r.$$

Як величину довгостроково припустимого струму при нормальних умовах, згідно даним «Укрниипластмаш», приймаємо силу струму рівну 0,01А.

Припустиму величину напруги дотику знаходимо як добуток припустимої сили струму на опір людини:

Для тривалого перебування під напругою  $U_d = 0,01 * 1200 = 12\text{В}$ .

Для короткочасного перебування під напругою  $U_d = 0,065 * 1200 = 71\text{В}$ .

З метою запобігання травм, рекомендується застосовувати наступні запобіжні заходи:

1. рубильник включення устаткування помістити в спеціальні шафи;
2. передбачити спеціальне відключення електродвигунів, вентиляторів, нагрівачів у випадку влучення людини під напругу;

Заземлення установки виконати відповідно до ГОСТ 12.1.030-81. Біля затисків заземлення нанести незмивною фарбою знаки "земля" за ГОСТ 124.026-76.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на іспитову напругу 200В частотою 50Гц у плинні однієї хвилини. Опір ізоляції не менш 0,5 Мом. Електрична апаратура встановлена усередині робітників приміщень має ступінь захисту IP-54 ГОСТ 14254-80.

Ступінь захисту електричної апаратури усередині приміщень контролюється за ГОСТ 14254-80.

#### 4.3.1 Розрахунок запасного заземлення

Живляча напруга 380В, частота 50Гц. Допускається заземлення з опором, згідно даним ПУЭ  $R_d=4$  Ом.

При пристрої штучних заземлень, їхній опір повинний бути дорівнює чи менше припустимого:  $R_{II} \leq R_d=40$  Ом

Розрахункові геометричні розміри опору заземлення зі сталевих стрижнів діаметром  $D=0.014$ м, приймаємо рівним питомому опору ґрунту  $R_{gr}=20$  Ом, згідно даним УКРНИИПЛАСТМАШ.

Опір розтіканню струму з одного вертикального електрода:

$$R_1 = \frac{R_{ep}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right)$$

де  $t$ -відстань від центра електрода до поверхні землі,

$t \geq 2$ м при  $L=3$ м, приймаємо  $t=2.5$ м

$$R_1 = \frac{20}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0.014} + 0.5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2.5 + 3}{4 \cdot 2.5 - 3} \right) = 6.73 \text{ Ом}$$

Опір одного електрода більше припустимого, тому включаємо паралельно кілька вертикальних електродів. Їхня кількість визначаємо по формулі:

$$n = \frac{R_1}{\eta \cdot R_0} = \frac{6.73}{0.7 \cdot 4} = 2.4$$

Де  $\eta$ --коефіцієнт взаємного екранування ,  $\eta=0.7$

З'єднання вертикальних електродів будемо виконувати металевою смужкою перетином 4\*40 мм.

Довжина смуги:

$$L_n = a \cdot (n - 1) = 1 \cdot (3 - 1) = 2 \text{ м}$$

де  $a$ - відстань між електродами, приймаємо  $a=1$  м

Опір розтіканню струму сполучної смуги:

$$R_n = \frac{R_{zp}}{2 \cdot \pi \cdot L_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t} \cdot \eta_n$$

де  $b$  і  $t$ -ширина і товщина смуги, приймаємо  $b=0.004$ м,  $t=0.04$ м

$\eta_n$  - коефіцієнт використання смуги, приймаємо  $\eta_n=0.7$

Тоді:

$$R_n = \frac{20}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{2 \cdot 3^2}{0.004 \cdot 0.04 \cdot 0.7} = 17.9 \text{ Ом}$$

Еквівалентний опір заземлення буде дорівнює:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_n}{R_1 + R_n \cdot \eta_n \cdot n} = \frac{6.73 \cdot 17.9}{6.73 + 17.9 \cdot 0.7 \cdot 3} = 2.7 \text{ Ом}$$

Що задовольняє умові:

$$R_3 < R_0, \text{ тобто } 2 < 4 \text{ Ом}$$

Тоді струм через людину, відповідно до формули (1) буде дорівнює:

$$I_u = \frac{220}{1200 + \frac{80000}{3} + \frac{1200 \cdot 80000}{3 \cdot 2.7}} = 1.8 \cdot 10^{-5} A$$

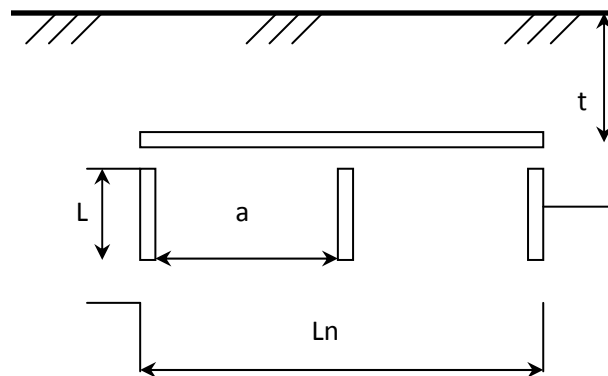


Рисунок 4.1 Схема заземлення

#### 4.4 Інструкція з техніки безпеки

До обслуговування литьової машини допускаються люди, що пройшли спеціальне навчання – інструктаж з техніки безпеки.

Персонал, що обслуговує литтєву машину, проходить інструктаж з техніки безпеки вступний - при надходженні на роботу, первинний – на робочому місці, повторний – не рідше двох разів у рік.

Перед початком роботи робітник зобов'язаний:

1. перевірити справність усіх механізмів;
2. переконатися в наявності тиску у всіх трубопроводах і змащення у всій системі;
3. переконатися в справності контрольно-вимірювальних приладів;
4. переконатися в чистоті робочого місця;
5. переконатися в справності водяної комунікації (шляхом огляду) і вентиляції (включенням);
6. переконатися в наявності заземлення;



7. Відкриті обертові вали, муфти, ланцюги приводів повинні бути обгороджені спеціальними пристроями і кожухами. Експлуатувати агрегати зі знятими кожухами строго заборонено.

Забороняється робити налагодження і ремонт лінії, що працює в автоматичному режимі.

Робота машини допускається при наявності в цеху проточно-витяжної вентиляції, установленної по місцеві.

У схемі керування пуском агрегату передбачена передпускова, попереджувальна сигналізація – світлова і звукова, з'єднані з пусковим пристроєм і попередні пуску.

Для безпечної роботи на лінії передбачений ряд блокувань: робота електродвигуна привода черв'ячної машини і його пуск можливі тільки при наявності тиску в системі змащення агрегату, а також при наявності матеріалу в завантажувальній лійці черв'ячної машини при закритих дверцятах завантажувального бункера.

Про всі несправності необхідно негайно доповідати механіку. Робітники, що обслуговують литьєву машину повинні бути одягнені в покладену по техніці безпеки спецодяг. При перевірці частин машини, що можуть бути під впливом температури, оператор повинний використовувати рукавиці типу АТВ ДСТ 12.4010-75, причому останні повинні вільно надіватися на руки і нічим не закріплюватися на зап'ястях.

Для безпечної роботи на робочих місцях, у проходах не повинне бути сторонніх предметів, а також олій, бруду.

Забороняється проводити налагоджувальні і ремонтні роботи на пульті керування без відключення напруги 380 В, у щитах: (автоматики і силовому ).

Агрегат повинний бути заземлений, і кожна шафа, щит, пульт керування повинний бути приєднаний до заземлювачу чи магістралі, що заземлює, за допомогою окремого отвору. Провідники, що заземлюють, розташовані в приміщенні повинні бути доступні для огляду.

Дотримання всіх правил техніки безпеки забезпечує здоров'я обслуговуючого персоналу, що у свою чергу спричиняє збільшення продуктивності.

## **5 СТАРТ-АП ПРОЕКТ І ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ**

### **5.1 Старт-ап проект**

#### **5.1.1 Опис ідеї проекту**

Метою старт-ап проекту Chertilla є популяризація інженерної освіти в Українському суспільстві, а також отримання практичних навичок 3Д проектування, 3Д прінтіngu, та технології екструзійного литва. Кафедра отримує кошти від прямих замовників інжинірінгових послуг, та 3Д дизайну, які будуть надаватись за допомогою спеціально створеного гуртка, що складається переважно з студентів кафедри, та від продажу шпуль з матеріалом для 3Д принтера.

Для цього необхідно: придбати лінію переробки гранул в стренгу для 3Д принтера, та придбати ліцензію на специфічне програмне забезпечення у якому будуть створюватись моделі.

Залучення студентів в ці технологічні процеси дозволить здобути безцінний досвід в конструюванні деталей з полімерного матеріалу, та здобути досвід технолога екструзійної лінії.

Завдяки реалізації даного старт-ап проекту, та його рекламуванні, кафедра має досить хороші шанси привернути до себе увагу зі сторони абітурієнтів, та потенційних роботодавців, що в свою чергу можуть стати спонсорами.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Переробка вторинного гранульованого матеріалу в стренгу для 3д принтіngu, та підготовка спеціалістів у сфері конструювання виробів з пластику, та технологів литтєвого виробництва	КПШ ім. Ігоря Сікорського	отримання практичного досвіду для студентів кафедри
	Фірми, які потребують інжинірингових послуг	отримання доходів з продажу послуг
	Майбутні роботодавці	привернення уваги ЗМІ та абітурієнтів та спонсорів

Цільовою аудиторію старт-ап проекту є:

- 1) Кафедра ХПСМ. Проект привертає увагу роботодавців до студентів кафедри, спонсорів, абітурієнтів.
- 2) Фірми, які потребують інжинірингові послуги.
- 3) Роботодавці. Оскільки студенти на час завершення навчання матимуть досвід роботи за спеціальністю.

Для реалізації старт-ап проекту потрібні 3Д принтери які є на кафедрі, викладачі які спроможні навчати зацікавлених студентів, невелика територія (наприклад лабораторія) для функціювання обладнання та робітників, ну і також зацікавлені студенти.

### 5.1.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведено аналіз техніко-економічних характеристик, та дослідження стану ринку виробів з полімерних матеріалів в Україні (Рис. 5.1) та світі за останні роки (Рис. 5.2)



Рисунок 5.1 –Ринок полімерних виробів в Україні

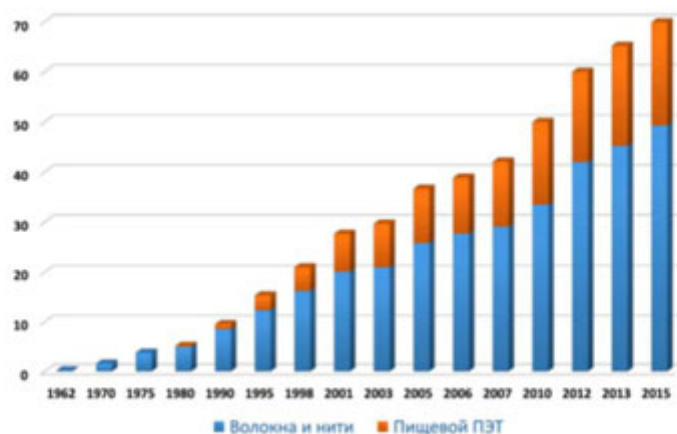


Рисунок 5.2 – Ринок полімерних виробів в світі

Згідно аналізу динаміки ринку, можна зробити висновок, що дана галузь виводиться з кризи. Та світовий ринок в цілому знаходиться на етапі підйому. Графік ринку полімерних виробів в Україні схожий з графіком еволюції економіки України. Згідно цих даних можна зробити позитивний прогноз з

приводу даного ринку та економіки в цілому. Оскільки наша країна в даний час знаходиться на етапі виходу з кризи і прогнози експертів є позитивними, можна очікувати збільшення ринку полімерної продукції, що в свою чергу позитивно для даного проекту.

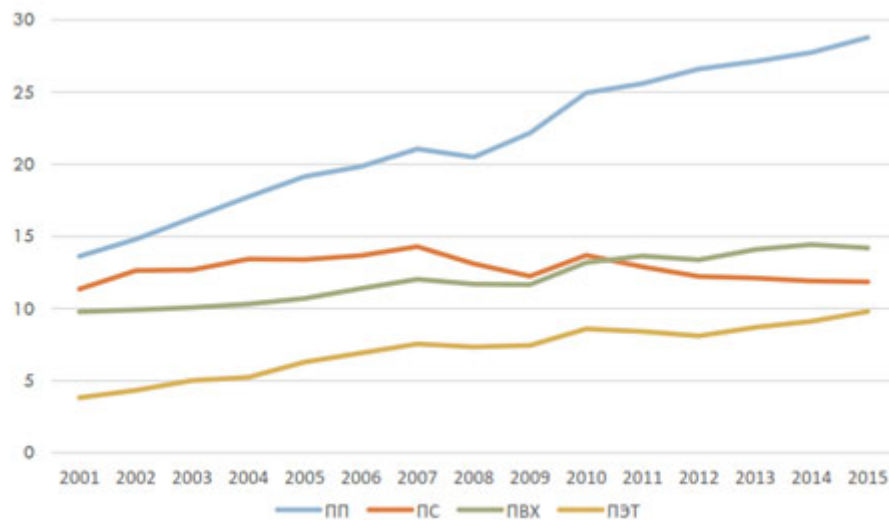


Рисунок 5.3 – Об'єм світової торгівлі полімерних матеріалів

Переробка полімерних матеріалів в Україні в цей час розвивається низькими темпами. Дана галузь інвестиційно приваблива, але державі потрібно приділити велику увагу питанням екологічної безпеки, під час розвитку даної галузі. Потрібно контролювати інвестиції в галузі враховуючи комерційні пріоритети підприємств.

### 5.1.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Основні рівні товару:

I рівень – полімерні матеріали зазнали великого успіху на ринках 3Д принтіngu. Зараз з полімерних матеріалів можна виготовляти широкий спектр різноманітної продукції. II рівень – безкольорова, тверда речовина при аморфному стані, та біла в кристалічному. Стає безбарвною при нагріванні до температури полімеризації, та залишається в такому стані при різкому охолодженню, та швидко проходить через так звану «Зону кристалізації». Одним з головних параметрів полімерного матеріалу є його в'язкість, яка

визначається довжиною молекули мономера. При зростанні в'язкості швидкість кристалізації зменшується. III рівень – доставка, та гарантія якості.

Динаміка розвитку галузі:

1. Основні оператори ринку:

- ПОЛІМЕР ТЕХНІКА
- ПЛАСТМОДЕРН
- ГАЛПЕТ
- РЕГІОН 2001
- POLREPLAST

2. Соціальні і економічні тенденції ринку: ринок України знаходиться на етапі виведення з кризи. Світовий ринок зростає.

Характеристики ринку: переробка полімерних матеріалів в Україні в цей час розвивається низькими темпами. Дана галузь інвестиційно приваблива, але державі потрібно приділити велику увагу питанням екологічної безпеки, під час розвитку даної галузі. Потрібно контролювати інвестиції в галузі враховуючи комерційні пріоритети підприємств.

Вказана вище інформація систематизується в вигляді переліку факторів за такими групами:

Організаційно правові:

1. Організацій структура – лінійна
2. Форма власності – партнерство
3. Стель керівництва – ринковий
4. Форма організації – фірма

Ресурси:

1. Складські та виробничі потужності КПП ім. І. Сікорського
2. Трудові
3. Інтелектуальні
4. Інформаційні
5. Правові
6. Технологічні

## 7. Фінансові

Був проведений аналіз ринку після визначення потенційних груп клієнтів.

Таблиця 5.2 – Аналіз внутрішнього маркетингового середовища підприємства

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
приміщення	викор. приміщення університету	заборона керівництва університ.	підняття орендної плати
інтелект	знання викладачів кафедри	відмова викладачів	незацікавленість викладачів
обладнання	викор. обладнання, що є в корпусі	можливість частих поломок через зістарення обладнання	університет може відмовитись від впровадження нових технологій

Таблиця 5.3 – підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Закон України про охорону навколишнього середовища	екологічність виробництва	унеможливлення використання шкідливих речовин	утилізація відходів виробництва, встановлення фільтрів для води та повітря
Про затвердження Правил охорони праці підприємстві	можливість встановлення обладнання для відводу надлишкового тепла і подальше використання цього тепла для опалення приміщення	можливість травмування робочих, можливість виникнення пожежі	інформування працівників про положення правил охорони праці, візуальні знаки небезпечних зон, встановлення вентиляцій тощо.



Таблиця 5.4 – Таблиця факторів економічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Рівень інфляції	зникнення слабких конкурентів	зниження прибутку	приймати оплату у доларах
інвестиції	залучення нових інвесторів	втрата старих інвесторів	постійна робота над покращенням підприємства для збереження старих відносин та залучення нових інвесторів

Таблиця 5.5 – Таблиця факторів науково-технічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Впровадження нових технологій	підвищення якості продукту	додаткові витрати	контроль технологічного процесу
Підвищення швидкості збуту	зростання обсягів збуту	неспроможність виготовляти потрібну кількість продукту	збільшення ринку збуту

Таблиця 5.6 – Таблиця факторів демографічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
чисельність начелення	збільшення клієнтської бази	зменшення клієнтської бази	розширення ринку збуту

Міграція населення	приплив інтелектуальних ресурсів	зменшення інтелектуальних ресурсів	заохочення працівників
--------------------	----------------------------------	------------------------------------	------------------------

Таблиця 5.7 – таблиця факторів соціально-культурного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Мода	всі прагнуть до зменшення негативного впливу людини на природу	виникнення нових конкурентів	зміна життя на краще
Культура	полегшення сортування сміття	відсутність спеціальних розподільчих смітників	встановлення смітників і проведення рекламних акцій

Таблиця 5.8 – Таблиця факторів природного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Стихійні явища	сприятливе розташування підприємства	дороге опалення взимку	перейти на альтернативний спосіб обігріву
Наявність та доступність сировини	імпорт сировини з-за кордону	забруднена сировина	покращення сортувального обладнання

Таблиця 5.9 – Таблиця впливу споживачів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
фактори, що впливають на поведінку	висока якість матеріалу, доступність, ціна	незацікавленість продукцією	акції та знижки

споживача			
фактори, що впливають на прийняття рішення про купівлю товару	індивідуальна праця з кожним клієнтом	конкуренти	акції та знижки

Таблиця 5.10 – Таблиця впливу конкурентів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Товари замінювачі	мала кількість товарів замінювачів	велика кількість товарів замінювачів	рекламування саме нашого товару
Галузеві конкуренти	зменшення конкурентів	збільшення конкурентів	стати більш конкурентноспроможним

Таблиця 5.11 – Таблиця впливу постачальників

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Ціни постачальників	низькі ціни	підвищення ціни	співпрацювання з постачальниками на вигідних умовах
Сервісне обслуговування з боку постачальників	наявність	відсутність	співпрацювання з постачальниками на вигідних умовах

Таблиця 5.12 – Таблиця впливу контактних аудиторій

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
блогери	рекламування продукції	відмова рекламування в	альтернативні способи рекламування

		інтернеті	
критики	хороші відгуки	погані відгуки	відповідати заявленим вимогам

Формулювання управлінської проблеми:

Таблиця 5.13 – SWOT аналіз

<b><i>Сильні сторони</i></b>	<b><i>Слабкі сторони</i></b>
- ціна - строки виготовлення - георозташування - рівень очищення продукту - можливість роздрібною торгівлі	- імідж
<b><i>Можливості</i></b>	<b><i>Загрози</i></b>
-можливість обслуговувати велику кількість роздрібних покупців	- Недовіра клієнтів

Управлінська проблема:

Таблиця 5.14 – Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
1. найбільш терміновані	відкладання на пізніше інших клієнтів	спроможність швидко і якісно виконувати замовлення
2. Колективне вирішення	можуть розходитись думки щодо вирішення проблеми	розподіл відповідальності (тобто раціональне розподілення сил та часу)
3. збільшення виробництва	можливість разового крупного замовлення	є стимул для розширення ринку збуту

Таблиця 5.15 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана Характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції олігополія	Галузь не має широкого розповсюдження в Україні	Помірковано низькі ціни Дослідницька робота компанії
2. За рівнем конкурентної боротьби - національний	Ринки збуту продукції розташовані по всій території України та поза її межами	Представляти компанію як борця за навколишнє середовище
3. За галузевою ознакою - Внутрішньогалузева	Продукція компанії є специфічною	Розрекламованість компанії
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно - видова	Певний полімер підходить для певного продукту (в більшості випадках він не є взаємозамінним)	Сировина потрапляє до компанії майже безкоштовно
5. За характером конкурентних переваг - цінова	Зменшення ціни товару для захоплення нових ринків	Можливість заробітку при мінімальних цінах на продукцію
6. За інтенсивністю - не марочна	По при присутності марок товарів на ринку вони не вважаються “брендом”	Просування своєї продукції

Таблиця 5.16 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактори конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Клієнти завжди хочуть товар якомога дешевше
2	Імідж	Клієнти хочуть знати з ким співпрацюють
3	Строки виготовлення	Клієнти хочуть отримати товар чим швидше
4	Екологічність	Наш товар є екологічно чистим
5	Рівень очищення продукту	Клієнти хочуть якісний товар
6	Стан обладнання	Чим новіше обладнання тим продуктивніше виробництво

7	Георозташування	Велика клієнтська база
8	Продуктивність виробництва	Можливість швидко виконувати велику кількість замовлень
9	Можливість роздрібної торгівлі	Дає змогу клієнту спробувати товар без великих капіталовкладень

Таблиця 5.17 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1 – 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Second life						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна		♥	■	●		▲		
2	Імідж				●	■	▲	♥	
3	Строки виготовлення		♥	●▲	■				
4	Екологічність				♥	▲■	●		
5	Рівень очищення продукту			■	●	♥	▲		
6	Стан обладнання		●		♥		▲	■	
7	Георозташування		■	♥	▲●				
8	Продуктивність виробництва			▲	●		■	♥	
9	Можливість роздрібної торгівлі		■▲	♥	●		▲		
10	Кваліфікація робітників			●			■	♥	

● – Chertilla

■ – POL.RE.PLAST

♥ – ПЛАСТМОДЕРН

▲ – ПОЛІМЕР ТЕХНІКА

## 5.2 Оцінка техніко-економічних показників модернізації

### 5.2.1 Обґрунтування доцільності проведення модернізації

Основним завданням обладнання хімічного машинобудування є випуск якісної та надійної продукції, що використовується в полімерній промисловості. В Україні останнім часом почала відтворюватись і розвиватись

хімічна промисловість. Особливо швидко зростає виробництво продукції з синтетичних та полімерних матеріалів.

Для промисловості, що перероблює ці матеріали, потрібно все більше високопродуктивних, надійних і економічних машин.

Конструкція ТПА ЛМ-125, що розглядається в даній роботі відповідає сучасним вимогам хімічного машинобудування. Має зручну систему керування та надійну конструкцію, малу потужність приводного двигуна, що забезпечує невелику енергомісткість.

До переваг попередньої конструкції можна віднести:

- а) висока швидкість обробки матеріалу;
- б) простота у використанні;
- в) низька кількість обслуговуючого персоналу.

До недоліків попередньої конструкції можна віднести:

- а) велика потужність гідроциліндра прижиму сопла;
- б) зношення салазок при попаданні абразивних часток;
- в) недостатня надійність механізму змикання

Для усунення наведених недоліків необхідно виконати модернізацію-встановити гідромеханічний механізм змикання, та замковий механізм.

Сутність полягає в тому, що модернізація виконується шляхом заміни механізму змикання. Вихідна конструкція механізму змикання відповідає останнім вимогам хімічного машинобудування, з метою підвищення ефективності роботи машини і зменшення виходу бракованої продукції, а отже, одержання більш якісного матеріалу.

Не дивлячись на незначне збільшення габаритних розмірів машини, ці зміни дозволяють:

- 1) знизити кількість бракованої продукції, що дозволить збільшити річний випуск;
- 2) збільшити надійність механізму змикання
- 3) скорочення часу, який потребується на обслуговування і ремонт, а також збільшити річну продуктивність машини.

Економічний ефект від введення в термопластавтомат вище викладених змін розраховується в даному розділі дипломного проекту.

Показники що покращаться наведенні в таблиці 5.18.

Таблиця 5.18

Показник	Одиниця	Техніка	
		базова	проектована
Зайнята площа	м <sup>2</sup>	7,91	7,91
Продуктивність за рік	кг/год	1379900	2261928
Встановлена потужність	кВт	30	30
Маса	кг	10000	9800
Термін служби	Рік	5	5
Норма обслуговування	чол	1	1

### 5.2.2 Обґрунтування потреби в обладнанні з урахуванням вимог споживача по кількості та періоду часу

Дане обладнання необхідне для підприємств хімічної промисловості зокрема для заводів та середніх часних підприємств по виготовленню термопластичних виробів. Так, як купівельна спроможність сучасного виробника невелика , то дане обладнання буде мати постійний попит із-за його невеликої ціни в порівнянні з закордонними аналогами . Основні вимоги до ТПА- це висока надійність; якість продукції, що відповідає сучасним стандартам; невелика ціна; швидкість і простота в обслуговуванні.



Потенційними споживачами можуть бути завод УкрПластик, фірми "ПластМодерн", "УніПак", ТОВ „Ітак”, ЗАТ „Вентс”, що знаходяться у Києві та інші підприємства України. Середня величина замовлень 3 машини в рік.

## 5.2.3 Розрахунок витрат на проектні роботи

### 5.2.3.1 Розрахунок трудомісткості конструкторської роботи

По кожному виду робіт у відповідності з новизною, складністю проєктованого об'єкту і з використанням норм часу на розробку конструкторської документації, визначається загальний час із вказівкою професії і кваліфікації виконавців. При використанні стандартних і уніфікованих виробів, вузлів та деталей трудомісткість знижується на 50%. У випадку відмінності фактичних форматів конструкторської документації від розрахункових, означених в нормативах, необхідно враховувати поправочні коефіцієнти. Результати розрахунку трудомісткості конструкторської підготовки зводяться до таблиці 5.19.

Таблиця 5.19 – Трудоемкість конструкторської підготовки

Найменування конструкторської документації або видів робіт	Кількість облікових одиниць	Групи		Норми часу, год.		Кваліфікація виконавців
		Новизни	Складності	На одиницю	Всього	
Вигляд загальний А1 ТПА Д3134	1	Б	4	44	44	І.К.-І
Складальне кр.механізм запир.	1	А	4	20	20	І.К.-ІІ

Складальне кр. циліндр механізму запер.	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Складальне кр. завантаж. горловина	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ

Продовження таблиці 5.19 – Трудоемкість конструкторської підготовки

Найменування конструкторської документації або видів робіт	Кількість облікових одиниць	Групи		Норми часу, год.		Кваліфікація виконавців
		Новизни	Складності	На одиницю	Всього	
Складальне кр. циліндр пластикації	1	В	3	19	19	І.К.-ІІ
Складальне кр. Циліндр виштовхувачів.	1	А	3	15	15	І.К.-І
Схема гідравлічна	1	А	3	57	57	І.К.-ІІ
Складальне кр. циліндр приж.	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Складальне кр. Цил. заслонки	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Схема автоматики	1	А	3	57	57	І.К.-ІІІ
Специфікації А4	25	Б	2	0,6	15	С.Т.К.
Пояснювальна записка	90	В	4	1,5	135	І.К.-ІІ
Патентний формуляр	2	Д	2	15	30	І.К.-І

Разом загальна трудомісткість	449	
-------------------------------	-----	--

Примітка : І.К.-І – інженер-конструктор І категорії, І.К.-ІІ – інженер-конструктор ІІ категорії, І.К.-ІІІ – інженер-конструктор ІІІ категорії, І.Т.-І – інженер-технолог І категорії, С.Т.К. – старший технік-конструктор.

До групи новизни А відносяться, складальне креслення механізму запирання, складальне креслення циліндра механізму запирання, складальне креслення завантажувальної горловини, схема гідравлічна, складальне креслення циліндру заслонки, схема автоматики, тому що проектуються вироби за наявними зразками існуючих моделей без значних конструктивних і розмірних змін.

Загальний вигляд ТПА ЛМ-125, складальне креслення циліндра пластикації, специфікації та технічна документація, відносяться до групи новизни Б, тому що проектування виробів, що передбачає модифікацію існуючих моделей із використанням уніфікованих елементів, а також модернізацію існуючих зразків зі зміною розмірних параметрів при застосуванні великої кількості запозичених складових.

Складальне креслення циліндру пластикації, пояснювальна записка, відносяться до групи новизни В, тому що проектування виробів з проведенням значних технічних і принципівих змін окремих складових, з новими розмірними параметрами, при створенні яких вимагається проведення експериментальної перевірки.

До групи новизни Д відноситься патентний формуляр , тому що проектування виробів, яке передбачає застосування принципово нових процесів або засобів роботи. Конструювання цих виробів пов'язане з проведенням науково-дослідних робіт та експериментальної перевірки всіх елементів виробу та їхньої взаємодії в заданих умовах.

Характеристика груп складних виробів:

До 1 групи складності відноситься вироби, які не містять деталей, що заміщуються і які мають просту конструкцію зварних або литих елементів

(трубопроводи, вузли охолодження, зародження, ємності, що працюють під нормальним тиском, і т. п.); вироби, в яких механізм має нерегульовані передачі швидкостей головного руху, робочі та допоміжні процеси в яких взаємно не пов'язані; переміщення механізмів здійснюється звичайними механічними засобами.

До 2 групи складності відносяться специфікації, патентний формуляр, тому що вироби, що включають до свого складу литі та зварні не корпусні деталі з прямолінійною поверхнею і невеликою кількістю, виступів, що містять одну або дві кінематичні пари; всі в межах 3-4 класу точності; з робочими регульованими і розподільними виконавчими механізмами, конструювання яких пов'язане з проведенням розрахунку.

До 3 групи складності відносяться складальне креслення, циліндра механізму запирання, складальне креслення завантажувальної горловини, складальне креслення циліндру пластикації, складальне креслення циліндра заслонки, складальне креслення циліндру виштовхувачів, тому що вироби, що включають литі, зварні, корпусні і не корпусні деталі з прямолінійною і криволінійною поверхнею, що містять три і більше кінематичних пари, які, вимагають проведення розрахунку кінематичних передач з декількома ступенями свободи і сполучення, та які є 3-го класу точності. Конструкції, в яких передбачене ступінчате і безступінчате регулювання при центральному неавтоматизованому управлінні, з допоміжними приладами, кінематичне зв'язаних з приводом; конструкції з простою кінематикою, у яких робітничі і допоміжні процеси частково автоматизовані; конструкції з обертальним рухом декількох виконавчих робочих приладів крильчастого, барабанного або дискового типу; апарати і агрегати циліндричні з внутрішніми нерухомими приладами, з механізмами обертання апаратів або їхніх складників навколо осі обладнання; апаратура, що має привод гідравлічний, пневматичний або електричний і т.п..

До 4 групи складності відносяться, вигляд загальний А1 ТПА ЛМ-125, складальне креслення механізму запирання, пояснювальна записка, тому що

вироби, що містять складні кінематичні передачі та елементи автоматики механічного, гідравлічного, електричного та інших типів, що вимагають проведення розрахунку великої кількості спряжених розмірів в межах допусків 2-го і 3-го класів точності, які мають литі і зварні елементи складної криволінійної конфігурації.

Характеристики груп складності схем:

До 3 групи складності схем відноситься схема теплової автоматики та гідравліки преса, тому що схеми, що передбачають повну автоматизацію основних процесів з частковою автоматизацією допоміжних процесів роботи об'єкту, що конструюється.

### 5.2.3.2 Розрахунок трудомісткості технологічної підготовки виробництва

Технологічна підготовка виробництва включає:

- забезпечення технологічності виробу;
- проекткування технологічних процесів;
- проекткування і виготовлення технологічності оснастки.

Трудомісткість технологічного контролю конструкцій врахована в розрахунку затрат часу на конструкторську підготовку виробництва.

Основою для визначення трудомісткості технологічності підготовки виробництва є кількість оригінальних , стандартних деталей , що були уніфіковані та їхня складність. Нормативи загальної осередненої трудомісткості проектування процесів зводяться до таблиці 3 . При цьому деталі повинні бути класифіковані по групах складності. Усереднена трудомісткість конструювання всіх видів оснастки на одну оригінальну деталь складає 13,9 год. , а виготовлення – 32,9 год.

Таблиця 5.20 – Нормативи загальної осередньої трудомісткості проектування процесів

Вид роботи	Групи	Кількість	Норма часу, год	Кваліфікація
------------	-------	-----------	-----------------	--------------

	складності	облічених од.	За один.	Всього	виконавця
Проектування процесів на виготовлення втулки					
Проектуван ня процесів	3	4	3,2	12,8	І.Т.-ІІ
Проектуван ня оснастки	3	1	13,9	13,9	І.Т.-ІІ
Виготовлен ня оснастки	3	1	32,9	32,9	І.Т.-ІІ

Примітка: І.Т.-І-інженер технолог І-ї категорії , І.Т.-ІІ-інженер-технолог ІІ-ї категорії.

### 5.2.3.3 Розрахунок витрат на проектні роботи

Витрати на проектні роботи включають наступні статті :

- основна заробітна плата розробників;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальні заходи;
- матеріали на проектування;
- консультації;
- вартість оснастки;
- вартість машинного часу;
- накладні витрати;

Основна заробітна плата розробників визначається на підставі даних про трудомісткість окремих робіт та посадових окладів . Оклади взяті за даними ВАТ “ПРЕСМАШ” станом на початок розробки дипломного проекту.

Таблиця 5.21 – Витрати і вартість матеріалів для проектування

№	Найменування матеріалу	<i>Одиниці виміру</i>	Кількість	Ціна за одиницю. Грн	Сума в грн.
1	Ватман А1	шт.	10	1,10	11
2	Папір офісний	шт.	500	0,036	18
3	Друк аркушів А1	шт.	10	10	100
4	Друк аркушів А4	шт.	150	0,20	30
5	Олівець	шт.	1	0,7	0,7
6	Ручка кулькова	шт.	1	1,5	1,5

Продовження Таблиці 5.21 – Витрати і вартість матеріалів для проектування

№	Найменування матеріалу	<i>Одиниці виміру</i>	Кількість	Ціна за одиницю. Грн	Сума в грн.
7	Лінійка	шт.	1	1,2	1,2
8	Коректор	шт.	1	3,2	3,2
9	Папка для паперу	шт.	1	1,5	1,5
Всього					137,1
Нарахованні матеріали, 10%					13,71
Сумарні витрати на матеріали					150,8

## 6 АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

Автоматизація — одна з провідних галузей науки і техніки розвивається в даний час особливо динамічно, вона проникає у всі сфери людської діяльності. Розвиток автоматизації виробництва підрозділяється на етапи, значно відмінні один від одного в технічних, економічних і організаційних відносинах.

Механізація праці, суть якої зводиться до того, що машини і апарати виконують замість людини роботу, що вимагає фізичних зусиль.

Автоматизація контролю виробництва, характеризується створенням і застосуванням приладів, що виконують функції спостереження за ходом технологічного процесу. Такі прилади значно надійніше за людину можуть стежити за зміною параметрів, що характеризують технологічний процес.

Автоматизація управління окремими агрегатами, тобто часткова автоматизація виробництва. На цьому етапі механізмам і приладам передають деякі функції управління, що виконувалися раніше людиною.

Четвертий етап, який бурхливо розвивається в даний час, — комплексна автоматизація виробничих процесів.

Автоматизація якісно змінює характер праці робітників, невимірний полегшуючи його, роблячи більш змістовним. Корінним чином міняється і кваліфікаційно – професійний склад робітників. В цехах з автоматизованим виробництвом головною фігурою стає фахівець нової формації — оператор, програміст, робітники інших раніше не існуючих професій.

У рамках даної роботи буде розглянута автоматизація системи охолодження, підігрів інжекційно-пластикаційного вузла машини для лиття під тиском, що сприяє збільшенню продуктивності праці і підвищує якість продукції.

Для досягнення високої якості одержуваного виробу - необхідно автоматизувати такі процеси, як регулювання і підтримка заданої температури



матеріального циліндра; підтримка заданого тиску лиття, наявність тиску в системі охолодження завантажувальної воронки, наявність тиску в гідросистемі машини.

## **6.1 Аналіз машини для лиття під тиском, як об'єкта керування**

ТПА – це одні з найбільш розповсюджених видів устаткування, яке використовується в промисловості для виробництва і переробки полімерних матеріалів.

Основними вузлами машини – є інжекційно-пластикаційний вузол та механізм змикання пів форм.

Головні робочі органи інжекційно-пластикаційного вузла є пустотілий циліндр, обертаючийся в ньому черв'як та механізм впорскування. Головний процес, який відбувається у всіх черв'ячних машинах, - це транспортування матеріалу вздовж гвинтового каналу, утвореного внутрішньою поверхнею циліндра і нарізкою черв'яка. Транспонування супроводжується інтенсивним деформуванням матеріалу та розвитком тиску в гвинтовому каналі.

## **6.2 Опис технологічного процесу**

При литті під тиском матеріал в гранульованому чи порошкоподібному стані поступає в пластифікаційний (інжекційний) циліндр литтєвої машини, де прогрівається й переміщується шнеком, що обертається. По мірі пластифікації шнек відходить назад. При переробці термопластів циліндр нагрівають до

200-350 °С, при переробці реактопластів - до 80-120 °С. Пластифікований матеріал при поступальному русі шнека нагнітається в литтєву форму, де термопласт охолоджується до 20-40 °С. В формі матеріал витримується під тиском.

Перед переробкою матеріал слід сушити при температурі 100-1200С. Оберти шнека при завантаженні встановлювати в діапазоні 60-90 об/хв.

Найбільша температура пластикації 3000С, продуктивність машини до 238кг/год.

### **6.3 Опис функціональної схеми автоматизації машини для лиття під тиском**

Для поліпшення якості продукції що випускається необхідно точне регулювання фізичних параметрів маси що переробляється, одним із яких є температура. Для запобігання пошкодження маси що переробляється, необхідно підтримувати температурний діапазон переробки полістиролу.

У процесі проектування машини, була розроблена система регулювання температури полімерної суміші в матеріальному циліндрі машини, принципова схема якої подана на кресленні.

Задачею пластикаційного вузла є змішування, пластикація і видавлювання полімерної маси. Енергія, необхідна для цього надходить від електродвигуна на насос і від насоса через магістраль на гідромотор, той в свою чергу, передає крутний момент на черв'як. Для запобігання перегріву суміші в конструкцію була впроваджена система охолодження. Для охолодження використовують навколишнє повітря

Призначення і робота контурів і регулювання схеми охолодження машини для лиття під тиском.

Контур 1.

Контур призначений для виміру рівня масла в редукторі і сигналізації його недостаті.

Контур 2.

Контур призначений для виміру температури масла в редукторі і сигналізації його перегріву.

Контур 3-4.

Контур призначений для підтримки температури завантажувальної горловини та сигналізація при її перегріві.

Контур 5-6, 7-8, 9-10.

Контура призначені для підтримки заданої температури обігріву відповідної зони циліндра (температура обігріву задається технологічним регламентом).

Контур 11-12.

Контур призначений для підтримки заданої температури обігріву сопла.

Контур 13.

Контур призначений для виміру тиску розплаву .

Контур 14.

Контур призначений для виміру витрати води в системі охолодження масла в баці машини.

Контур 15.

Контур призначений для виміру тиску масла в магістралі машини.

Контур 16.

Контур відповідає за пуск головного двигуна.

На корпусі екструдера встановлені термопари ТХК - 284 (позиції 4а, 5а, 6а, 7а), на щиті встановлені електронний потенціометр (позиції 4б, 5б, 6б, 7б). Сигнали від термопар надходять на датчик, а потім на магнітний пускач, що включає або виключає обігрів циліндра.

Рівень масла в баці вимірюється рівнеміром типу ДМ (позиція 1а).А температура масла вимірюється за допомогою термопари ТХК-0806, сигнал від якої надходить на електронний потенціометр КСП-3.

## ВИСНОВКИ

Метою дипломної дисертації було удосконалення механізму змикання термопластавтомата. Для досягнення заданої мети були проведені:

1. Літературний огляд. Під час проведення якого були виявлені переваги і недоліки базової конструкції;
2. Патентний пошук. Метою його проведення було знаходження технологічних рішень з приводу усунення виявлених недоліків машини для лиття під тиском.

Було знайдено та розглянуто велику кількість різноманітних технологічних рішень по модернізації механізму змикання. З їх числа було обрано найбільш вдалі, та остаточно обрано напрямок модернізації. В базову конструкцію було внесено вдосконалений механізм змикання, а саме у базову конструкцію був доданий замковий механізм і було змінено речажно-гідролічну систему змикання на більш вдалу гідромеханічну.

Отже після внесення цих коректив в базову конструкцію було вирішено проблему надійності змикання пів-форм. В результаті використання електро-гідролічного механізму запирання ми маємо: точність, швидкість та економічність електричної системи запирання і силу гідролічної. Тобто наша конструкція працюватиме швидше та економніше, при цьому, не втрачаючи переваг гідролічної системи.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Басов Н.И., Ким В.С., Скуратов В.К. Оборудование для производства объемных изделий из термопластов. М., Машиностроение, 1972. 217ст
2. Гурович С.Г. Розрахунки і конструювання машин для переробки пластичних матеріалів. / Гурович С.Г., Ильяшенко Г.А., Мочман Ш.Е. М., «Машинобудування», 1970, 296с.
3. Завгородний В.К. Литьевые машины для термопластов и реактопластов/ Завгородний В.К., Калимечев Э.Л. 1968, 374 ст
4. Кошарський Б.Д. „Автоматичні прилади регулятори”.
5. Кулаков М.В., Щепкин С.І. „Автоматичні контрольно-вимірювальні прилади хімічного виробництва”, 1961
6. Мухинов І.П. „Загальна хімічна технологія”, 1977р.
7. Оборудование для переработки пластмасс. справочное пособие/ Под. ред. В.К. Загороднего. М.,Машиностроение, 1976 – 407 стор
8. Патент № 2107581 Росія, Устройство для замыкания литейных форм/ Клаус Фюллер; Кристина Хопп. МПК В29С 17/07
9. Патент № 2353517 Росія, Гідромеханічний пристрій змикання півформ литевої машини наприклад термопластавтомату/ Харченко Сергій Миколайович. МПК В29С 45/66, 27.04.2009
10. Патент № 90833 Україна, Механізм запирання ливарних машин./ Буря Олександр Іванович, Гаюн Наталія Сергіївна, Шевченко Олександр Васильович, Поляк Олег Овсійович, Грищук Яків Петрович, Матвійчук Микола Петрович. МПК В29С 45/64 2009.
11. Патент № 93773 Україна, Замковий Пристрій Механізму запирання півформ машини для лиття, наприклад, термопластавтомата/ Петровіч Тадеуш

Едуардовіч, Русак Андрій Анатолійович, Кривецький Євгеній Григорович. МПК  
В29С 45/64, 10.03.2011.

## ДОДАТОК А

Таблиця 1 – Таблиця розглянутих патентів

№ п. п	предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1.	Механізм запирання ливарних машин	<u>UA, №90833 C2</u> <u>МПК B29C45/64</u> <u>(2006)</u> Буря Олександр Іванович, Гаюн Наталія Сергіївна, Шевченко Олександр Васильович, Поляк Олег Овсійович, Гришук Яків Петрович, Матвійчук Микола Петрович;	<p>Механізми запирання ливарних машин, що містять дві нерухомі плити - передню та задню, котрі з'єднані між собою колонами, і одну рухомих плити, що може переміщуватися уздовж колон. Для переміщення рухомих плити і досягнення зу- силля, необхідного для реалізації процесу лиття, служить гідромеханічний привід, що являє собою двоступінчатий механічний підсилювач у вигляді системи важелів із двох гілок розгалужень, у якого вхід першої ступені пов'язаний зі штоком гідроциліндра, а вихід другої ступені - із плитами - задньою та рухомою. Проблемним місцем такої конструкції є сполучення «важіль-вісь», тому для забезпечення працездатності механізму запирання, шарніри важелів забезпечуються сталевими загартованими втулками, а самі пари тертя регулярно періодично змащуються.</p> <p>Відмінною особливістю такого шарніру є здатність релаксувати у місцях впливу критичних навантажень, завдяки чому зусилля запирання інструменту рівномірно розподіляється по всіх шарнірах механізму запирання, а пара тертя «композит - сталь» добре працює в умовах «сухого тертя», тобто без змащування.</p>
2.	Замковий пристрій механізму запирання півформ машини для лиття, наприклад, Термопластав томата	<u>UA, №93773 C2</u> <u>МПК B29C45/64</u> <u>(2011.01)</u> Петровіч Тадеуш Едуардовіч, Русак Андрей Анатольєвіч, Кривецькій Євгеній Григорьєвіч	<p>Технічним завданням заявленого замкового пристрою механізму запирання півформ ливарної машини є збільшення довговічності його надійної роботи.</p> <p>З'єднання приводу зворотно-поступального переміщення з протилежно спрямованими ланками паралельних шарнірів, а однаково спрямованих - через осі обертання зі штанга-ми, встановлених в направляючих колодках, зафіксованих на них з боку протилежно спрямованих ланок, з'єднаних з приводом зворотно-поступального переміщення, а з боку інших протилежно спрямованих ланок виконаних зі втулкою, що регулюється по міжосьовій відстані між штан-гами, дозволяє забезпечити взаємну виставку сухарів у взаємодіючих парах, а значить - рівномірне їх навантаження і, відповідно - підвищення довго-вічності надійної роботи замкового пристрою пів-форм машини для лиття в цілому.</p>

Продовження табл. 1

3.	Пристрій для замикання ливарних форм	<u>RU 2 107 581 C1</u> <u>МПК В29С 45/64</u> <u>B22D 17/26</u> (1995) Клаус Фюллер, Кристиан Хопп	<p>Завдання винаходу полягає в тому, щоб знайти рішення більш сприятливе з точки зору витрат, за допомогою якого зберігається паралельність півформ внаслідок деформації рами машини, що настає під впливом високих розширюючих зусиль. Згідно з винаходом завдання винаходу вирішується за рахунок того, що щонайменше одна полка рами машини має таке ослаблення поперечного перерізу, що внаслідок замикаючих або ж утримуючих зусиль виникає керована пружна деформація полки, так що не викликає ніяке кутове відхилення монтажної поверхні для півформ формувального інструменту. Згідно винаходу полка для нерухомої плити для кріплення інструменту і полка для кінцевої плити можуть мати відповідне ослаблення поперечного перерізу.</p>
4.	Замковий пристрій механізму запирання півформ машини для лиття, наприклад термопластавтомата	<u>UA, №76488 C2</u> <u>МПК В29С45/64</u> (2006.01) Марченко Віктор Михайлович, Петровіч Тадеуш Едуардовіч	<p>Замковий пристрій механізму запирання півформ, наприклад, термопластавтомата, що складається з розташованих на його нерухомій плиті з можливістю зворотно-поступального спрямованого переміщення двох верхніх і двох нижніх пар сухарів із сегментоподібною виїмкою в кожному, у зімкнутому положенні обхоплюючих качалки, зв'язані з нерухомою плитою по внутрішньому діаметру їхніх кільцевих канавок, причому кожні з двох сухарів у різних верхніх парах, як і в нижніх, з'єднані з приводом зворотно-поступального руху, розташованим між ними, двома шарнірно-важільними системами, який відрізняється тим, що сухарі протилежного напрямку переміщення в різних верхніх парах, як і в різних нижніх, з'єднані у однаковий спосіб між собою двома 4-ланковими рівноплечими шарнірно-важільними системами, при цьому корпус приводу зворотно-поступального руху закріплений на тязі, що з'єднує дві однаково спрямовані ланки верхньої і нижньої 4-ланкових шарнірно-важільних систем, а його шток з'єднаний з аналогічними двома іншими, причому осі повороту цих ланок відносно тяги і штока і вісь штока знаходяться в одній площині.</p>



## Продовження табл. 1

5.	Механізм замикання напівформ машини лиття, наприклад, термопластавтомата	<u>UA, №88479 C2</u> <u>МПК В29С 45/66</u> (2006.01) Харченко Сергій Миколайович	Механізм замикання напівформ машини лиття, наприклад термопластавтомата, який містить, як мінімум, два одноплечих важелі, шарнірно встановлених на нерухомій плиті й кінематично поєднаних з приводом, пов'язаним з рухомою плитою, який відрізняється тим, що одноплечі важелі поєднані з двоплечими, другим плечем пов'язаними за допомогою проміжних ланцюгів з приводом і дзеркально розташованими на рухомій плиті в опорах з віссю обертання в кожній, яка лежить в одній площині з віссю обертання відповідного одноплечого важеля, в положенні замкнених напівформ, яка розташована поміж його осями.
6.	Гідромеханічних пристрій змикання напівформах ливарних машин, наприклад Термопластавтомати	<u>RU 2 353 517 C1</u> <u>МПК В29С 45/66</u> (2006.01) Харченко Сергей Николаевич	Технічною задачею даного винаходу є спрощення конструкції і зменшення часу технологічного циклу змикання півформ. Рішення полягає в тому, що в гідромеханічних пристроях змикання півформ литтєвої машини, що містить встановлений в підлозі корпус, змонтованому на нерухомій плиті, ходовий гвинт, з'єднаний з розташованим на кришці полого корпусу приводом швидкого переміщення рухомий плити і з ходовою гайкою, пов'язаної із закріпленою на рухомий плиті силовий втулкою з кільцевими виступами на зовнішній поверхні, в робочому положенні полуформ взаємодіючими за допомогою виступів замку з поршнем гідроциліндра замикання полуформ, вмонтованого в нерухому плиту, замок виконаний у вигляді силовій гайки, різьбових з'єднань пов'язаної з силовій втулкою і жорстко з'єднаної з зубчастим колесом внутрішнього зачеплення через шестерню, закріплену на торцевій поверхні кришки полого корпусу, пов'язаного з зубчастим колесом зовнішнього зачеплення, встановленим на ходовому гвинті, що має різьбу з кроком.
7.	Замковий пристрій механізму замикання напівформах ливарних машин, НАПРИКЛАД, Термопластавтомати (ВАРІАНТИ)	<u>RU 2 229 380 C1</u> <u>МПК В29С 45/64</u> (2000.01) Марченко Виктор Михайлович, Петрович Тадеуш Эдуардович	Технічною задачею заявленого замкового пристрою механізму замикання півформ, наприклад, термопластавтомата, є збільшення ефективності роботи за рахунок значного зменшення ходу приводу зворотно-поступального руху, а також поліпшення експлуатаційно-монтажних властивостей замкового пристрою шляхом розташування приводу у вертикальній площині і його установки збоку рухомий плити.

## Продовження табл. 1

8.	Механізм замикання напівформах ливарних машин, наприклад Термопластавтомати	<u>RU 2 305 631 C1</u> МПК В29С 45/64 (2006.01) Харченко Сергей Николаевич	Технічною задачею заявленого технічного рішення є спрощення конструкції і підвищення надійності роботи механізму замикання полуформ, а також поліпшення умов експлуатаційно-технічного обслуговування півформ. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що механізм замикання півформ литтєвої машини, наприклад термопластавтомата, містить як мінімум два одноплічних важеля, шарнірно встановлених на нерухомій плиті і кінематично з'єднаних з приводом, пов'язаним з рухомою плитою. При цьому одноплечі важелі з'єднані з двоплечими, другим плечем пов'язаними за допомогою проміжних ланок з приводом, при цьому двуплечого важелі дзеркально встановлені в опорах на рухомий плиті, причому з віссю обертання в кожній, що лежить в одній площині з віссю обертання відповідного одноплечі важеля, в положенні замкнених півформ розташованих між його осями. Це дозволяє при спрощенні конструкції значно збільшити її жорсткість, а значить, підвищити надійність замикання півформ литтєвої машини, тобто підвищити стабільність її роботи в цілому. Крім того, поліпшені і умови їх експлуатаційно-технічного обслуговування.
----	---	---	--

## ЗМІСТ

1 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	2
1.1 Геометричні розрахунки шнеку.....	2
1.2 Розрахунок механізму інжекції.....	4
1.3 Розрахунок потужності по зоні дозування.....	7
1.4 Розрахунок продуктивності машини.....	9
1.5 Перевірочний розрахунок продуктивності пластифікатора.....	11
1.6 Розрахунок механізму змикання пів-форм.....	13
1.7 Розрахунок на міцність запропонованої модернізації механізму змикання методом СЕ.....	16
2 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК.....	19
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	23
ДОДАТКИ.....	24

					ЛП71мп.037146.01-70ТД			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зарудний М.В.			Темопластавтомат з модернізацією механізму змикання	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сівецький В.І.						
Керівник						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.								
Затверд.								

# 1 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

## 1.1 Геометричні розрахунки шнеку

Вихідні дані: діаметр черв'яка  $D=45\text{мм}$ , загальна довжина черв'яка  $24D$ .

Продуктивність пластифікатора  $A_0 = 160 \text{ кг} / \text{год}$

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка згідно [5]:

Довжина нарізної частини черв'яка:

$$l_p = 24 \times D = 24 \times 45 = 1080 \text{ мм}; \quad (1.1)$$

Довжина зони завантаження:

$$l_2 = (0,25 \dots 0,35) \times l_p = 0,3 \times 1080 = 324 \text{ мм}; \quad (1.2)$$

Довжина зони дозування:

$$l_4 = (0,4 \dots 0,6) \times l_p = 0,5 \times 1080 = 540 \text{ мм}; \quad (1.3)$$

Довжина зони пластикації:

$$l_3 = 0,2 \times l_p = 0,2 \times 1080 = 216 \text{ мм}; \quad (1.4)$$

Ширина гребня витка:

$$e = (0,6 \dots 0,12) \times D = 0,1 \times 45 = 4,5 \text{ мм}; \quad (1.5)$$

Крок нарізки:

$$t = (0,8...0,12) \times D = 1 \times 45 = 45 \text{ мм}; \quad (1.6)$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні дозування:

$$h_2 = (0,12...0,16) \times D = 0,15 \times 45 = 6,75 \text{ мм}; \quad (1.7)$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження:

$$h_1 = (0,1...0,14) \times D = 0,13 \times 45 = 5,85 \text{ мм}; \quad (1.8)$$

Діаметр стержня в зоні завантаження:

$$d_1 = D - 2 \cdot h_1 = 45 - 2 \cdot 5,85 = 33,3 \text{ мм}; \quad (1.9)$$

Глибина нарізки в зоні дозування:

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{1}{2} \cdot \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} \cdot (D - h_1)} \right] = \\ &= \frac{1}{2} \cdot \left[ 45 - \sqrt{45^2 - \frac{4 \cdot 5,85}{1,5} \cdot (45 - 5,85)} \right] = 3,7 \text{ мм}; \end{aligned} \quad (1.10)$$

де  $i = (1,5...3)$  – коефіцієнт стиснення;

Діаметр черв'яка в зоні дозування:

$$d_2 = D - 2 \cdot h_2 = 45 - 2 \cdot 3,7 = 37,6 \text{ мм}; \quad (1.11)$$

Довжина циліндричної зони:

$$l_5 = (0,7 \dots 1,5) \cdot D = 1,5 \cdot 45 = 67,5 \text{ мм}; \quad (1.12)$$

Довжина хвостової частини:

$$l_{1(x\delta)} = (1 \dots 2) \cdot D = 2 \cdot 45 = 90 \text{ мм}; \quad (1.13)$$

Діаметр хвостовика:

$$d_{x\delta} = 43 \text{ мм}; \quad (1.14)$$

Зазор між корпусом і черв'яком:

$$\delta = (0,002 \dots 0,003) \cdot D = 0,003 \cdot 45 = 0,135 \text{ мм}; \quad (1.15)$$

## 1.2 Розрахунок механізму інжекції

Необхідний діаметр шнека для забезпечення заданого об'єму вприску:

$$D_1 = \left( \frac{V \cdot k}{0,785 \cdot k_1} \right)^{\frac{1}{3}} = \left( \frac{125 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3}{0,785 \cdot 2,25} \right)^{\frac{1}{3}} \approx 0,045 = 45 \text{ мм}, \quad (1.16)$$

де  $k = 1,3$  - коефіцієнт, для врахування витрати та стиснення термопластичного матеріалу при інжекції;

$k_1 = 2,25$  - відношення ходу шнека до діаметру.

Діаметр шнека, з врахуванням пластикаційної здатності:

$$D_2 = \left( \frac{q_{nl}}{1,05} \right)^{\frac{1}{2,5}} \cdot 10^{-2} = \left( \frac{45 \cdot}{1,05} \right)^{\frac{1}{2,5}} \cdot 10^{-2} = 0,045 \text{ м} = 45 \text{ мм}. \quad (1.17)$$

Площа поперечного перерізу черв'яка:

$$S_q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 45^2}{4} = 15,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (1.18)$$

Зусилля інжекції:

$$P_p = 167 \text{ МПа};$$

$$F_i = S_q \cdot P_p = 15,9 \cdot 10^{-4} \cdot 167 \cdot 1000 = 265,53 \text{ кН}; \quad (1.19)$$

Тиск в гідросистемі:

$$P_2 = 17 \text{ МПа}$$

Площа гідроциліндра інжекції:

$$S_i = \frac{F_i}{P_2} = \frac{265,53}{17} = 0,0156 \text{ м}^2; \quad (1.20)$$

Діаметр поршня гідроциліндра інжекції:

$$D_{II} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_i}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0156}{3,14}} = 0,141 \text{ м}; \quad (1.21)$$

Визначаємо діаметр шнека по діаметру поршня:

$$D_3 = \sqrt{\frac{P_{зц} \cdot D_{II}^2}{P_n}} = \left( \frac{17 \cdot 10^6 \cdot 0,14^2}{167 \cdot 10^6} \right)^{1/2} \approx 0,0446 \text{ м} = 44,6 \text{ мм}; \quad (1.22)$$

З ряду стандартних значень приймаємо:  $D = 45 \text{ мм}$ .

Знаходимо фактичний тиск лиття виходячи з номінальних значень діаметрів шнека та поршня:

$$P_{\phi} = \frac{P_{zu} \cdot D_{\Pi}^2}{D_H^2} = \frac{17 \cdot 10^6 \cdot 0,141^2}{0,045^2} = 166 \text{ МПа}. \quad (1.23)$$

Хід шнека:

$$H_{Ш} = \frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot D_H^2} = \frac{4 \cdot 125 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,045^2} \approx 0,079 \text{ м} = 79 \text{ мм}. \quad (1.24)$$

Приймаємо хід шнека  $H_{Ш} = 80 \text{ мм}$ .

Об'єм гідроциліндра інжекції:

$$V_{инж.} = \frac{\pi \cdot D_{\Pi}^2}{4} \cdot H_{Ш} = \frac{3,14 \cdot 0,141^2}{4} \cdot 0,080 = 12,48 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (1.25)$$

Потужність приводу:

$$N_{\deltaв.} = 0,736 \cdot c \cdot D^m = 0,736 \cdot 0,15 \cdot 45^{2,5} \approx 15 \text{ кВт}. \quad (1.26)$$

Крутний момент шнека:

$$M_{кр} = \frac{9,55 \cdot N}{n_{ср}} = \frac{9,55 \cdot 15 \cdot 10^3}{90} = 571,39 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1.27)$$



Крутний момент на валу гідродвигуна:

$$M_{\text{зв}} = \frac{M_{\text{кр}}}{i \cdot \eta_{\text{II}}} = \frac{571,39}{20 \cdot 0,95} = 43,55 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (1.28)$$

де  $i = 20$  - передаточне відношення,

$\eta_{\text{II}} = 0,95$  - ККД механічної передачі.

Згідно з  $M_{\text{зв}}$  вибираємо гідродвигун з номінальним крутним моментом  $M_{\text{кр}} = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $n = 1500 \text{ об} / \text{хв}$ .

Розрахунок параметрів поступального руху шнека

Об'ємна швидкість упорскування:

$$Q_{\text{впр.}} = K_{\text{ум1}} \cdot K_{\text{сж}} \cdot \frac{V_{\text{н}}}{t_{\text{впр}}} = 1,3 \cdot \frac{125 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,81 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (1.29)$$

Потужність поступального руху шнека:

$$N = \frac{K_{\text{нер}} \cdot K_{\text{ум2}} \cdot P_{\text{л}} \cdot Q_{\text{впр}}}{\eta} = \frac{0,75 \cdot 1,05 \cdot 167 \cdot 10^6 \cdot 1,81 \cdot 10^{-4}}{0,9} = 26,45 \text{ кВт}. \quad (1.30)$$

### 1.3 Розрахунок потужності по зонам дозування

Потужність у гвинтовому каналі [2]:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{\pi^3 (t-e) l_{\text{доз}} \cdot I \cdot \mu_{\text{к}} \cdot n^2}{36 \cdot t} \cdot 10^{-13} + \frac{\alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} \cdot 10^{-5} = \\ &= \frac{3,14^2 \cdot (45 - 4,5) \cdot 540 \cdot 83937,27 \cdot 7,8 \cdot 10^2 \cdot 120^2}{36 \cdot 45} \cdot 10^{-13} + \\ &+ \frac{0,901 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 120}{6} \cdot 10^{-5} = 12,55 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (1.31)$$

де  $n$  – оберти в хвилину,

$\mu$  – в'язкість в каналі, (Па·с);

$\alpha$  – коефіцієнт прямого потоку, мм<sup>3</sup>,

$P$  – тиск, МПа

$$I = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{3,14^2 \cdot 45^2 - 4 \cdot 45^2}{3,14^2} + \frac{3,14^2 \cdot 45^5}{45^2 + 3,14^2 \cdot 45^2} =$$

$$= 83937,27 \text{ мм} \quad (1.32)$$

Швидкість зсуву в гвинтовому каналі

$$\gamma_{\kappa} = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{120 \cdot h_2 \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2 \cdot t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 45^2 \cdot 120}{120 \cdot 3,7 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 45^2 + 2 \cdot 45^2}} = 34,8 c^{-1} \quad (1.33)$$

Потужність, що затрачується в зазорі:

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot l_{\text{оз}} \cdot M_3 \cdot n^2}{36 \cdot \delta \cdot t} \cdot 10^{-13} = \frac{3,14^3 \cdot 45^3 \cdot 4,5 \cdot 540 \cdot 1,5 \cdot 10^2 \cdot 120^2}{36 \cdot 0,135 \cdot 45} \cdot 10^{-13} =$$

$$= 6,77 \text{ кВт} \quad (1.34)$$

Швидкість зсуву в зазорі

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot \delta} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 120}{60 \cdot 0,135} = 2093 c^{-1} \quad (1.35)$$

$$N = N_1 + N_2 = 12,55 + 6,77 = 19,32 \text{ кВт} \quad (1.36)$$

$N_q$  – потужність черв'яка

$$N_q = 1,5 \cdot 19,32 = 28,98 \text{кВт} \quad (1.37)$$

Потужність двигуна

$$N_{об} = \frac{N_q}{\eta} = \frac{28,98}{0,7} = 41,4 \text{кВт} \quad (1.38)$$

де  $\eta$  – ККД приводу  $\eta = 0,7$

Оскільки в гвинтовому каналі витрати потужності присутні не тільки в зоні дозування, а ще й в зоні пластикації, зоні завантаження, та зоні стиснення, то використовуючи літературу [5] вибираємо лопатевий гідродвигун 6Г12-25А, який має потужність  $N=45$  кВт, та частоту обертання  $n=1500$  об/хв.

#### 1.4 Розрахунок продуктивності машини

Роздрібну продуктивність литтєвої машини можна визначити як продуктивність машини періодичної дії.

Час циклу виготовлення деталі в одній позиції.

$$\begin{aligned} \tau_{ц} &= \tau_{зм} + \tau_{нідв} + \tau_{впр} + \tau_{ох} + \tau_{відх} + \tau_{розм} + \tau_{виштовх} + 1 = \\ &= 4,38 + 2,25 + 1,26 + 34,7 + 2,25 + 4,38 + 3 + 1 = 53,22 \text{с} \end{aligned} \quad (1.39)$$

де  $\tau_{зм} = \tau_{розм} = 4,38 \text{с}$

$\tau_{нідв} = \tau_{відв} = 2,25 \text{с}$ ;

Для полістиролу:

$$\tau_{ох.дет.} = 2,17 \cdot S^2 = 2,17 \cdot 4^2 = 34,7 \text{с} \quad (1.40)$$

де  $S$  – товщина стінки виробу;

$$\tau_{впр} = 1,26с;$$

$$\tau_{виштовх} = 3с;$$

Штучна продуктивність:

$$Q_{шт} = \frac{1 \cdot 3600}{53,22} = 68шт / год; \quad (1.41)$$

Вагова продуктивність:

$$Q_g = \frac{G_d}{\tau_{ц}} = \frac{131,25}{53,22} = 2,47кг / год; \quad (1.42)$$

де G – вага деталі

$$G = V \cdot \rho = 125 \cdot 1,05 = 0,131кг; \quad (1.43)$$

Необхідна продуктивність вузла пластикації:

$$Q = Q_{ваг} \cdot \frac{\tau_{ц}}{\tau_{пл}} = 2,47 \cdot \frac{53,22}{43,46} = 3,02кг / год; \quad (1.44)$$

$$\tau_{пл} = \tau_{ох.дет.} + \tau_{зм} + \tau_{розм} = 34,7 + 4,38 + 4,38 = 43,46с; \quad (1.45)$$

Для даних типів литевих машин рекомендовано вибирати шнек діаметром 40...63мм, виходячи з технологічних розрахунків, що були проведені раніше, прийmemo D=45мм.

### 1.5 Перевірочний розрахунок продуктивності пластифікатора

Вихідні дані: діаметр шнека  $D=60\text{мм}$ , загальна довжина шнека  $L=1080\text{мм}$ , глибина гвинтової нарізки  $h=3,7\text{мм}$ , крок нарізки  $t=45\text{мм}$ , ширина гребня шнека  $e=4,5\text{мм}$ .

Коефіцієнт прямого потоку:

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\pi \cdot D \cdot h_2 \cdot (t - e) \cdot \cos^2 \varphi}{2} = \\ &= \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 3,7 \cdot (45 - 4,5) \cdot \cos^2 17,67}{2} = 0,961 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3\end{aligned}\quad (1.46)$$

$\varphi$  – кут нахилу гвинтової лінії

$$\varphi = \text{arctg} \frac{t}{\pi \cdot D} = \text{arctg} \frac{45}{3,14 \cdot 45} = 17,67^\circ \quad (1.47)$$

Коефіцієнт протivotоку:

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{h_2^3 \cdot (t - e) \cdot \sin 2\varphi}{24 \cdot l_{30}} = \\ &= \frac{3,7^3 \cdot (45 - 4,5) \cdot \sin(2 \cdot 17,67)}{24 \cdot 540} = 9,2 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3\end{aligned}\quad (1.48)$$

Коефіцієнт втрат по осі черв'яка через гребні:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varphi}{10 \cdot e \cdot l_{30}} = \\ &= \frac{3,14^2 \cdot 45^2 \cdot 0,135^3 \cdot \operatorname{tg} 17,67 \cdot \sin 17,67}{10 \cdot 4,5 \cdot 540} = 1,95 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3; \end{aligned} \quad (1.49)$$

Швидкість зсуву в каналі:

$$\begin{aligned} \gamma_{\kappa} &= \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{h_2 \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 \cdot 2 \cdot t^2}} = \\ &= \frac{3,14^2 \cdot 45^2 \cdot 120}{3,7 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 45^2 \cdot 2 \cdot 45^2}} = 92,35 \text{ с}^{-1} \end{aligned} \quad (1.50)$$

Швидкість зсуву в зазорі:

$$\gamma_3 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{\delta} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 120}{45 \cdot 0,135} = 2791 \text{ с}^{-1} \quad (1.51)$$

По таблицям знаючи швидкості зсуву знаходимо:

В'язкість матеріалу в каналі черв'яка:  $\mu_{\kappa} = 7,8 \times 10^2 \text{ Па} \cdot \text{с}$

В'язкість матеріалу в зазорі між гребнем і корпусом:  $\mu_3 = 1,2 \times 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$

Отже реальна продуктивність:

$$\begin{aligned} Q_0 &= \alpha \cdot n - \frac{\Delta p}{\mu_{\kappa}} \cdot \beta - \frac{\Delta p}{\mu_3} \cdot \gamma = \\ &= 0,961 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{60}{60} - \frac{5 \cdot 10^6}{7,8 \cdot 10^2} \cdot 9,2 \cdot 10^{-11} - \frac{5 \cdot 10^6}{1,2 \cdot 10^3} \cdot 1,955 \cdot 10^{-14} = \\ &= 0,11 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}; \end{aligned} \quad (1.52)$$

де  $\Delta p$  – тиск на виході з зони дозування, МПа

$\alpha$  – коефіцієнт прямого потоку, м<sup>3</sup>

$\beta$  – коефіцієнт зворотнього потоку, м<sup>3</sup>

$\gamma$  – коефіцієнт потоку текучості, м<sup>3</sup>

$n$  – число обертів шнека,  $n = 120 \text{ об} / \text{хв}$

$\mu$  – в'язкість в каналі, зазорі,  $\text{Па} \cdot \text{с}$

Переводимо продуктивність в  $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$ ;

$$Q = Q_0 \cdot \rho = 0,11 \cdot 10^{-5} \cdot 1050 \cdot 3600 = 4,16 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (1.53)$$

де  $\rho$  – щільність ударостійкого полістиролу  $\rho = 1050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Порівнюємо отриману продуктивність з необхідною пластикаційною продуктивністю

$$\frac{Q}{Q_{\text{необ}}} = \frac{4,16}{3,02} = 1,38; \quad (1.54)$$

Виходячи з цього видно, що параметри черв'яка, а звідси, і продуктивність машини, задовольняють вище заданим умовам.

## 1.6 Розрахунок механізму змикання пів-форм

Хід рухомої плити механізму замикання пів-форм:

$$H_{\text{х.л.}} = 2H_{\text{вир.}} + H_{\text{лит.}} + 70 \text{ мм} = 2 \cdot 100 + 30 + 70 = 300 \text{ мм} \quad (1.55)$$

Необхідне зусилля запирання півформ:

$$P_3 = p_{cp} \cdot S_n \cdot N_z \cdot k_n \cdot k_n; \quad (1.56)$$

де  $p_{cp}$  - середній тиск в півформі 50-70 МПа;

$S_n$  – площа відливки на площину перпендикулярну колонам;

$$S_n = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d_e^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (350^2 - 292^2) = 278,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (1.57)$$

$N_r$  – кількість гнізд в формі;

$k_n$  – коефіцієнт враховуючий площу ливникової системи  $k_n = 1,1-1,2$ ;

$k_n$  – коефіцієнт враховуючий втрати зусилля смикання на тертя  $k_n = 1,2$ ;

$$P_3 = 65 \cdot 10^6 \cdot 278,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 2388 \text{ кН}; \quad (1.58)$$

Діаметр поршня головного гідроциліндра:

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot P_3}{\pi \cdot p_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2388 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 9 \cdot 10^6}} = 0,348 \text{ м}; \quad (1.59)$$

де  $p_2$  - середній тиск в гідросистемі запирання 5-20 МПа;

Продуктивність гідронасоса приводу механізму замикання:

$$Q_n = V_{зф} \cdot \pi \cdot D_n^2 / 4 = 0,05 \cdot 3,14 \cdot 0,350^2 / 4 = 0,005 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.60)$$

де  $V_{зф}$  – швидкість змикання півформ;

$V_{зфy} = 0,1-0,35 \text{ м/с}$ - для швидкого переміщення півформ;

$V_{хфm} = 0,04-0,05 \text{ м/с}$ - швидкість дозапирання півформ;

Діаметр плунжера гідроциліндра швидкісних переміщень:



$$d_y = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot V_{зфy}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,005}{3,14 \cdot 0,35}} = 0,132 м; \quad (1.61)$$

Площа поперечного перерізу чотирьох колон:

$[\sigma] = 250 \text{ Мпа}$

$$S_{\text{колон}} = \frac{1,5 \cdot P_3}{[\sigma]} = \frac{2388 \cdot 10^3 \cdot 1,25}{250 \cdot 10^6} = 0,11 \text{ м}^2 \quad (1.62)$$

Діаметр однієї колони:

$$D_{\text{колон}} = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,11}{3,14}} = 0,185 \text{ м}; \quad (1.63)$$

час замикання півформ:

$$t_3 = t_{ш} + t_3 + t_0 = 1,1 \text{ с}; \quad (1.64)$$

де  $t_{ш}$  – час прискореного переміщення;

$t_3$  – час вводу заслонки;

$t_c$  – час сповільненого переміщення;

$$t_{ш} = \frac{H}{V_{зфy}} = \frac{0,23}{0,15} = 1,53 \text{ с}; \quad (1.65)$$

$$t_c = \frac{H}{V_{зфм}} = \frac{0,07}{0,04} = 1,75 \text{ с}; \quad (1.66)$$

## 1.7 Розрахунок на міцність запропонованої модернізації механізму змикання методом СЕ

Проведено розрахунок на міцність запропонованої модернізації вузла запирання литтєвої машини. Отримано компоненту напруження деформації сухаря вузла машини для лиття під тиском на базі отриманих компонентів скінченних елементів. Розраховано модернізацію розрахункової деталі. Загальний вигляд сухаря, граничні умови приведенні на (Рисунок 1.1, Рисунок 1.2). Геометрія сухаря була виконана за допомогою мови програмування AutoLisp. Текст програми приведено в Додатку.

Сухар являє собою деталь, з сегменто-подібними виїмками що навантажені силою  $Q=12,5$  МПа;

Матеріал гільзи – сталь 38ХМЮА

$\sigma(B)=1100$  МПа – границя міцності;

$\sigma(T)=910$  МПа – границя текучості.

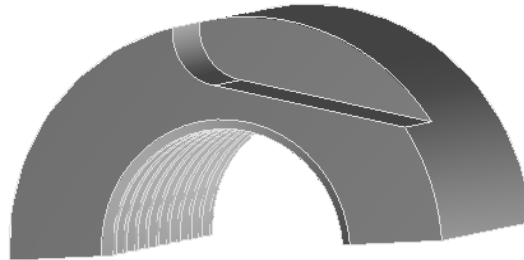


Рисунок 1.1 – Геометрія сухаря

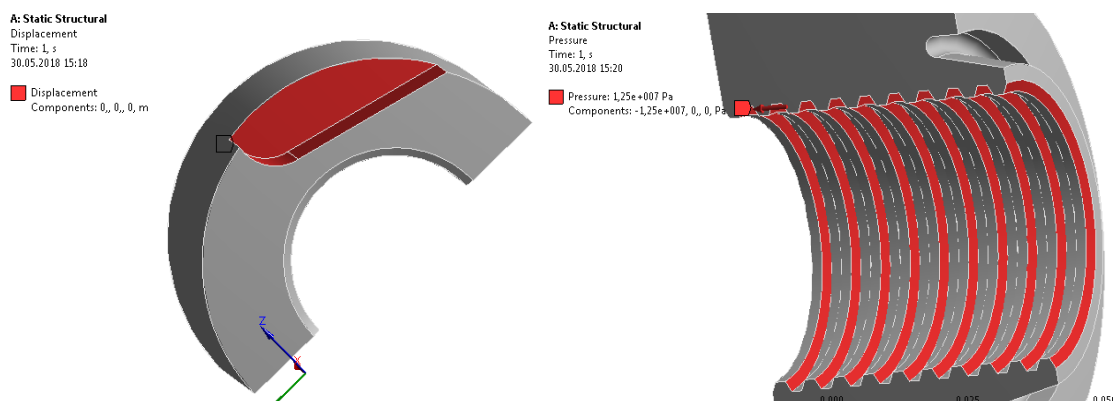


Рисунок 1.2 – Граничні умови

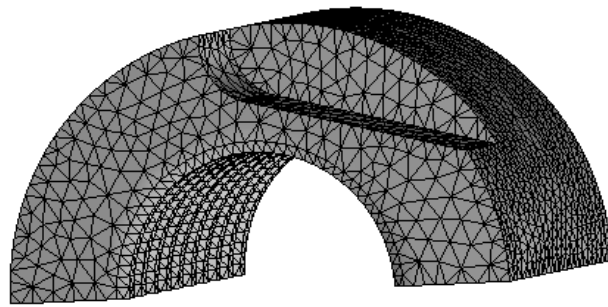


Рисунок 1.3 – Сітка скінченних елементів

В системі Ansys було проведено ряд розрахунків , а саме поступове підвищення навантаження. Під час розрахунків було виявлено максимальне допустиме значення, а саме  $Q = 12.5$  МПа.

Оскільки в конструкції замкового механізму знаходиться вісім однакових сухарів між якими рівномірно розділяється навантаження, що створює інжекцією, можна припустити що загалом конструкція може витримати прикладення навантаження номіналом 100МПа що цілком забезпечує надійність роботи машини. Результати розрахунку при максимальному навантаженні приведені на (Рисунок 1.4, Рисунок 1.5).

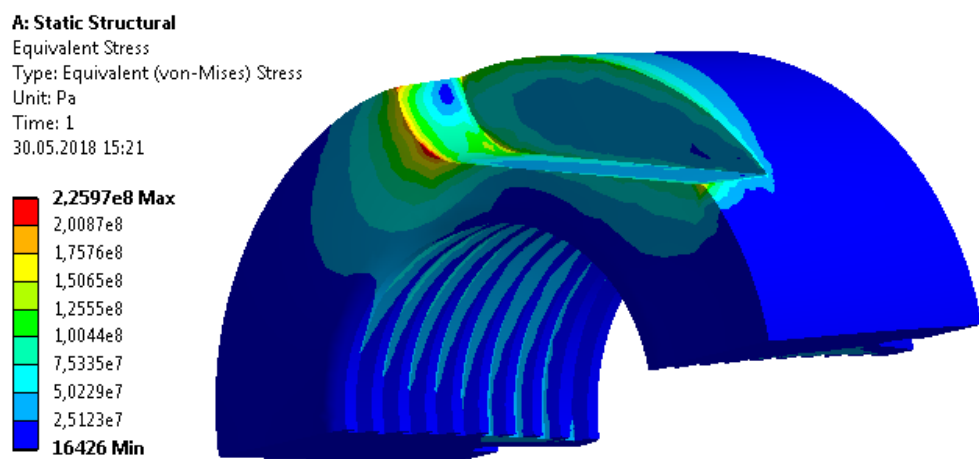


Рисунок 1.4 – Еквівалентні напруження при максимально допустимому навантаженні.

**A: Static Structural**  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
30.05.2018 15:25

**15 Max**  
10  
5  
**1.1063 Min**  
0

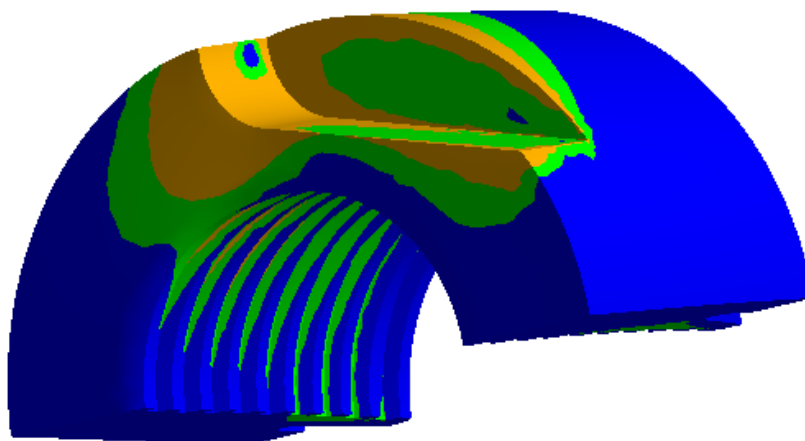


Рисунок 1.5 – Запас міцності при максимально допустимому навантаженні.

## 2 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Рівняння теплового розрахунку має вигляд:

$$G_m C_m t_m + Q_k + G_e C_e t_{e1} = G_m C_m t_m + G_e C_e t_e + Q_{nom} + Q_3; \quad (2.1)$$

де  $G_m$  - вагова продуктивність машини,  $G_m = 13 \text{ кг} / \text{год}$ ,

Потужність електродвигуна  $N = 18,25 \text{ кВт}$ ,

Початкова температура води  $t_{e1} = 20^\circ\text{C}$ ;

Кінцева температура води  $t_{e2} = 30^\circ\text{C}$ ;

Початкова температура матеріалу  $t_m = 20^\circ\text{C}$ ;

$Q_m$  - кількість тепла, що виділяється від дисипації,

$$Q_m = (0,2 - 0,7)N_e = 0,3 \cdot 15,5 = 4,65 \text{ кВт}, \quad (2.2)$$

$C_m$  - теплоємність полімеру,  $C_m = 1,88 \cdot 10^3 \text{ Дж} / \text{кг}$ ;

$Q_n$  - тепло що підводиться від нагрівачів,

$t_k$  - кінцева температура матеріалу,  $t_k = 160^\circ\text{C}$ ;

$Q_{nom}$  - витрати тепла в навколишнє середовище,

$$Q_{nom} = F \cdot \alpha \cdot (t_{кн} - t_0), \quad (2.3)$$

де  $t_{кн}$  - температура корпусу, зовнішня,  $t_{кн} = 160^\circ\text{C}$ ;

$t_0$  - температура навколишнього середовища,  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ;

$$F = \pi \cdot D \cdot L = 3,14 \cdot 0,16 \cdot 1,1 = 0,55 \text{ м}^2; \quad (2.4)$$

де  $D$  – зовнішній діаметр корпусу,  $D = 0,16\text{ м}$ ,

$L$  – довжина зовнішньої поверхні,  $L = 1,1\text{ м}$ ,

$\alpha_0$  – інтенсивність тепловіддачі зведеної конвекції від корпусу до повітря.

З вільного критеріального рівняння конвективного вільного теплообміну в необмеженому просторі і критеріального рівняння Нусельта знаходимо:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{екв}} = \frac{23,9 \cdot 2,75 \cdot 10^{-2}}{160 \cdot 10^{-3}} 4,1 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad (2.5)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності навколишнього середовища,

$$\lambda = 2,75 \cdot 10^{-2} \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К};$$

$d_{екв}$  – еквівалентний діаметр,  $d_{екв} = 160\text{ мм}$ .

Визначальна температура :

$$t_0 = \frac{t_{кн} + t_0}{2} = \frac{06 + 20}{2} = 40^\circ \text{ C}; \quad (2.6)$$

Критерій Грасгофа знайдемо з однойменного критеріального рівняння :

$$\begin{aligned} Gr &= \frac{g \cdot i^3}{\nu^2} \beta \cdot \Delta t = \\ &= \frac{9,8 \cdot (160 \cdot 10^{-3})^3}{(16,96 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0,0031 \cdot 40 = 0,57 \cdot 10^7; \end{aligned} \quad (2.7)$$

Де  $L = d = 0,16\text{ м}$  – визначальний розмір,

$\nu$  – кінематична в'язкість повітря,  $\nu = 16,96 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ ;

$$\beta = \frac{1}{273 + t_0} = \frac{1}{273 + 40} = 0,0031 \text{ К}^{-1}; \quad (2.8)$$

Тоді:

$$Gr \ Pr = 0,57 \cdot 10^7 \cdot 0,699 = 3,9 \cdot 10^6 \quad (2.9)$$

тоді критерій Нусельта визначається з наступного критеріального рівняння :

$$Nu = 0,54 \cdot (Nu \cdot Pr)^{0,25} = 0,54 \cdot (3,9 \cdot 10^6)^{0,25} = 23,9; \quad (2.10)$$

тоді:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d^* e} = \frac{23,9 \cdot 2,75 \cdot 10^{-2}}{160 \cdot 10^{-3}} = 4,1 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad (2.11)$$

$$Q_{ном} = F \alpha (t_{кн} - t_0) = 0,235 \cdot 6,57 (60 - 20) = 61,7 \text{ Вт}; \quad (2.12)$$

$Q_3$  – тепло , що відводиться в зоні завантаження ,

$$\begin{aligned} Q_3 &= G_{\epsilon_3} \cdot C_{\epsilon} (t_{\epsilon_k} - t_{\epsilon_1}) = \\ &= 0,188 \cdot 4,3 \cdot 10^3 \cdot (30 - 20) = 8107 \text{ Дж}; \end{aligned} \quad (2.13)$$

де  $G_{\epsilon_3}$  – витрата води на охолодження,

$$G_{\epsilon_3} = F_3 \cdot v_3 \cdot \rho = 1,257 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15 \cdot 1000 = 0,188 \text{ кг} / \text{с}; \quad (2.14)$$

де  $F_3$  – площа перетину каналу охолодження в зоні завантаження ,

$$F_3 = 1,257 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$V_3$  – швидкість води в зоні завантаження,  $V_3 = 0,15 \text{ м} / \text{с}$ ,

$\rho$  – щільність води,  $\rho = 1000 \text{ кг} / \text{м}^3$ ,

$t_{\epsilon_k}, t_{\epsilon_1}$  – кінцева і початкова температури води,  $t_{\epsilon_1} = 20^\circ \text{C}$ ,  $t_{\epsilon_k} = 30^\circ \text{C}$ ,

$$\begin{aligned} Q_k &= G_m C_m (t_k - t_H) + Q_3 - Q_N = \\ &= 14,6 \cdot 1.88 \cdot (160 - 20) + 8107 - 4650 = 7,3 \text{ Квт}; \end{aligned} \quad (2.15)$$

Тепло ,що підводиться до пластикатора  $Q_k=7,3\text{КВт}$  .

Висновок . Тепло що потрібно підвести до пластикатора 7,3 Квт



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Басов Н.І. Розрахунки і конструювання обладнання для виробництва і переробки полімерних матеріалів. Посібник для вузлів. / Басов Н.І., Казанков Ю.В., Любертович В.А./М.:Химия, 1986.-488с., ил.
2. Гурович С.Г., Ильяшенко Г.А., Мочман Ш.Е. «Розрахунки і конструювання машин для переробки пластичних матеріалів», «М., Машинобудування», 1970, 296с.
3. Загородній В.К. «Литтєві машини для термопластів і реактопластів», довідковий посібник – М: «машинобудування» , 1968 – 376 стор.
4. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування “Теплові розрахунки машин для переробки полімерів”. К., КПІ, 1992.
5. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. «Червячні машини для переробки пластичних мас і гумових сумішей», М.Машинобудування, 1965 – 345 с.

## ДОДАТОК

Проектування параметризації сухаря замкового механізму з допомогою мови AutoLisp.

**3d – модель:**

```
(defun c:s3d()

(load "ramka.lsp")

(command "_erase" "_all" "")

(command "_ucs" "_g" "_t" "")

(setq BP '(0 0))

(setq D1 94.)

(setq D2 70.)

(setq D3 60.)

(setq D4 50.)

(setq d5 4.)

(setq R6 13.)

(setq L1 58.)

(setq L2 15.)

(setq L3 35.)

(setq L4 47.)

(setq L5 2.)

(setq L6 1.)

(setq L7 5.)

(setq pi2 (/ pi 2))

(setq 1.5pi (* 3 (/ pi 2)))

(setq r1 (/ D1 2))

(setq r2 (/ D2 2))
```

```

(setq r3 (/ D3 2))
(setq r4 (/ D4 2))
(setq r5 (/ D5 2))
(setq x (/ (* r6 r6) (* 2 r1)))
(setq z (sqrt (- (* r6 r6) (/ (* r6 (* r6 (* r6 r6))) (* 4 (* r1 r1))))))
(setq P1 BP
  P2 (polar BP pi2 (+ r4 l5))
  P3 (polar BP pi2 r1)
  P4 (polar P3 0 (+ l2 l3))
  P5 (polar P4 1.5pi (- r1 (+ r2 r5)))
  P6 (polar P5 pi l7)
  P7 (list (- (car P6) r5)
    (- (cadr P6) r5))
  P8 (polar P6 1.5pi D5)
  P9 (polar P5 1.5pi (+ D5 (/ L7 (/ (sin (* (- 180 (+ 90 13)) 0.0174533))
    (cos (* (- 180 (+ 90 13)) 0.0174533))))))
  P10 (list (+ (car P5) (- l1 (+ l2 l3)))
    (- (cadr P7) (- r2 r3)))
  P11 (polar P2 0 l1)
  P12 (list (- (car P11) l6)
    (- (cadr P11) l5))
  P13 (polar P12 pi l5)
  P14 (polar P11 pi (+ l5 (* 2 l6)))
  P15 (polar P14 pi l5)
  P16 (polar P13 pi (+ l5 (* 2 l6)))
  P17 (polar P16 pi l5)
  P18 (polar P15 pi (+ l5 (* 2 l6)))
  P19 (polar P18 pi l5)
  P20 (polar P17 pi (+ l5 (* 2 l6)))

```

P21 (polar P20 pi l5)  
P22 (polar P19 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P23 (polar P22 pi l5)  
P24 (polar P21 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P25 (polar P24 pi l5)  
P26 (polar P23 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P27 (polar P26 pi l5)  
P28 (polar P25 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P29 (polar P28 pi l5)  
P30 (polar P27 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P31 (polar P30 pi l5)  
P32 (polar P29 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P33 (polar P32 pi l5)  
P34 (polar P31 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P35 (polar P34 pi l5)  
P36 (polar P33 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P37 (polar P36 pi l5)  
P38 (polar P35 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P39 (polar P38 pi l5)  
P40 (polar P37 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P41 (polar P40 pi l5)  
P42 (polar P39 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P43 (polar P42 pi l5)  
P44 (polar P41 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P45 (polar P44 pi l5)  
P46 (polar P43 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P47 (polar P46 pi l5)  
P48 (polar P45 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P49 (polar P48 pi l5)

```

    P50 (polar P11 1.5pi (+ r4 l5))
  )
(setvar "LTSCALE" 0.2)

(command "_pline" P2 P3 P4 P5 P6 "_a" "_a" 90 P7 P8 "_l" P9 P10 P11 P12 P13 P14
    P15 P16 P17 P18 P19 P20 P21 P22 P23 P24 P25 P26 P27 P28 P29 P30 P31 P32
    P33 P34 P35 P36 P37 P38 P39 P40 P41 P42 P43 P44 P45 P46 P47 P48 P49 "_c")

(setq pl1 (entlast))

(command "_revolve" pl1 "" BP P50 180 "")

(setq tilo (entlast))

(command "_ucs" "_N" "_y" -90)

(setq P56 (polar BP 0 (- l4 r6))

    P55 (polar P56 0 r6)

    P62 (list (- (car P55) x)

        (+ (cadr P55) z))

    P63 (polar BP (/ (* 7 pi) 4) r1)

    P64 (polar P55 0 R6)

    P65 (polar P64 1.5pi D4)

  )

(command "_pline" P56 "_a" "_a" -90 P62 P64 "_l" P65 P63 "_C")

(setq nt (entlast))

(command "_extrude" nt "" "-15" "")

(setq nt2 (entlast))

  (command "_subtract" tilo "" nt2 "")

)

2d:

(defun c:syhar()

  (load "ramka.lsp")

```

```
(command "_erase" "_all" "")  
(ramka 594 841)  
(command "_ucs" "_g" "_t" "")  
(setq BP '(200 550))  
(setq mash (getint "\ vvedite masshtab "))  
(setq mash 1.)  
(setq _D1 94.)  
(setq _D2 70.)  
(setq _D3 60.)  
(setq _D4 50.)  
(setq _d5 4.)  
(setq _R6 13.)  
(setq _L1 58.)  
(setq _L2 15.)  
(setq _L3 35.)  
(setq _L4 47.)  
(setq _L5 2.)  
(setq _L6 1.)  
(setq _L7 5.)  
;;; (setq _m 0.6)  
(setq D1 (* mash _D1))  
(setq D2 (* mash _D2))  
(setq D3 (* mash _D3))  
(setq D4 (* mash _D4))  
(setq d5 (* mash _d5))  
(setq R6 (* mash _R6))  
(setq L1 (* mash _L1))  
(setq L2 (* mash _L2))  
(setq L3 (* mash _L3))
```

```

(setq L4 (* mash _L4))
(setq L5 (* mash _L5))
(setq L6 (* mash _L6))
(setq L7 (* mash _L7))
;;;(setq m (* mash _m))
(setq pi2 (/ pi 2))
(setq 1.5pi (* 3 (/ pi 2)))
(setq r1 (/ D1 2))
(setq r2 (/ D2 2))
(setq r3 (/ D3 2))
(setq r4 (/ D4 2))
(setq r5 (/ D5 2))
; golovnui vugliad
(setq P1 BP
      P2 (polar BP pi2 (+ r4 l5))
      P3 (polar BP pi2 r1)
      P4 (polar P3 0 (+ l2 l3))
      P5 (polar P4 1.5pi (- r1 (+ r2 r5)))
      P6 (polar P5 pi L7)
      P7 (list (- (car P6) r5)
              (- (cadr P6) r5))
      P8 (polar P6 1.5pi D5)
      P9 (polar P5 1.5pi (+ D5 (/ L7 (/ (sin (* (- 180 (+ 90 13)) 0.0174533))
                                          (cos (* (- 180 (+ 90 13)) 0.0174533))))))
      P10 (list (+ (car P5) (- l1 (+ l2 l3)))
                (- (cadr P7) (- r2 r3)))
      P11 (polar P2 0 L1)
      P12 (list (- (car P11) l6)
                (- (cadr P11) l5))

```

P13 (polar P12 pi l5)  
P14 (polar P11 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P15 (polar P14 pi l5)  
P16 (polar P13 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P17 (polar P16 pi l5)  
P18 (polar P15 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P19 (polar P18 pi l5)  
P20 (polar P17 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P21 (polar P20 pi l5)  
P22 (polar P19 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P23 (polar P22 pi l5)  
P24 (polar P21 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P25 (polar P24 pi l5)  
P26 (polar P23 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P27 (polar P26 pi l5)  
P28 (polar P25 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P29 (polar P28 pi l5)  
P30 (polar P27 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P31 (polar P30 pi l5)  
P32 (polar P29 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P33 (polar P32 pi l5)  
P34 (polar P31 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P35 (polar P34 pi l5)  
P36 (polar P33 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P37 (polar P36 pi l5)  
P38 (polar P35 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P39 (polar P38 pi l5)  
P40 (polar P37 pi (+ l5 (\* 2 l6)))  
P41 (polar P40 pi l5)



```

P42 (polar P39 pi (+ l5 (* 2 l6)))
P43 (polar P42 pi l5)
P44 (polar P41 pi (+ l5 (* 2 l6)))
P45 (polar P44 pi l5)
P46 (polar P43 pi (+ l5 (* 2 l6)))
P47 (polar P46 pi l5)
P48 (polar P45 pi (+ l5 (* 2 l6)))
P49 (polar P48 pi l5)
P50 (polar P11 1.5pi (+ r4 l5))
)

```

```
(setvar "LTSCALE" 0.2)
```

```
(command "_layer" "_m" "osn" "_c" "white" "osn" "_lw" "0.5" "osn" "")
```

```
(command "_pline" P2 P3 P4 P5 P6 "_a" "_a" 90 P7 P8 "_l" P9 P10 P11 P12 P13 P14
```

```
P15 P16 P17 P18 P19 P20 P21 P22 P23 P24 P25 P26 P27 P28 P29 P30 P31 P32
```

```
P33 P34 P35 P36 P37 P38 P39 P40 P41 P42 P43 P44 P45 P46 P47 P48 P49 "_c")
```

```
(setq pl1 (entlast))
```

```
(command "_mirror" pl1 "" BP P50 "")
```

```
(command "_pline" P11 (sp P11) "")
```

```
(command "_pline" P12 (sp P12) "")
```

```
(command "_pline" P13 (sp P13) "")
```

```
(command "_pline" P14 (sp P14) "")
```

```
(command "_pline" P15 (sp P15) "")
```

```
(command "_pline" P16 (sp P16) "")
```

```
(command "_pline" P17 (sp P17) "")
```

```
(command "_pline" P18 (sp P18) "")
```

```
(command "_pline" P19 (sp P19) "")
```

```
(command "_pline" P20 (sp P20) "")
```

```
(command "_pline" P21 (sp P21) "")
```

```
(command "_pline" P22 (sp P22) "")
```

(command "\_pline" P23 (sp P23) "")  
(command "\_pline" P24 (sp P24) "")  
(command "\_pline" P25 (sp P25) "")  
(command "\_pline" P26 (sp P26) "")  
(command "\_pline" P27 (sp P27) "")  
(command "\_pline" P28 (sp P28) "")  
(command "\_pline" P29 (sp P29) "")  
(command "\_pline" P30 (sp P30) "")  
(command "\_pline" P31 (sp P31) "")  
(command "\_pline" P32 (sp P32) "")  
(command "\_pline" P33 (sp P33) "")  
(command "\_pline" P34 (sp P34) "")  
(command "\_pline" P35 (sp P35) "")  
(command "\_pline" P36 (sp P36) "")  
(command "\_pline" P37 (sp P37) "")  
(command "\_pline" P38 (sp P38) "")  
(command "\_pline" P39 (sp P39) "")  
(command "\_pline" P40 (sp P40) "")  
(command "\_pline" P41 (sp P41) "")  
(command "\_pline" P42 (sp P42) "")  
(command "\_pline" P43 (sp P43) "")  
(command "\_pline" P44 (sp P44) "")  
(command "\_pline" P45 (sp P45) "")  
(command "\_pline" P46 (sp P46) "")  
(command "\_pline" P47 (sp P47) "")  
(command "\_pline" P48 (sp P48) "")  
(command "\_pline" P49 (sp P49) "")  
(command "\_pline" P2 (sp P2) "")

; vugliad zboky

```

(setq x (/ (* r6 r6) (* 2 r1)))

(setq z (sqrt (- (* r6 r6) (/ (* r6 (* r6 (* r6 r6))) (* 4 (* r1 r1))))))

(setq P51 (polar P50 0 (+ l4 l1))

      P52 (polar P51 pi2 r4)

      P53 (polar P52 pi2 l5)

      P54 (polar P51 pi2 r1)

      P55 (polar P51 pi l4)

      P56 (polar P51 pi (- l4 r6))

      P57 (polar P51 pi (+ r4 l5))

      P58 (polar P51 pi r4)

      P59 (polar P51 1.5pi r4)

      P60 (polar P51 1.5pi (+ r4 l5))

      P61 (polar P51 1.5pi r1)

      P62 (list (+ (car P55) x)

            (- (cadr P55) z)

            )

      P63 (polar P51 (/ (* 2 pi) 3) r1)

      )

(command "_pline" P52 P54 "_a" "_ce" P51 P63 "_ce" P51 P55 "_ce" P51 P62 "_ce" P51 P61 "_l" P59 "_a"
"_a" -90 P58 P52 "_cl")

(setq pl2 (entlast))

(command "_pline" P53 "_a" "_a" 90 P57 P60 "")

(command "_pline" P62 "_a" "_a" 90 P56 "");43

(setq pl3 (entlast))

(command "_pline" P56 P63 "")

; vugliad zverhy

(setq P64 (polar (sp P4) 1.5pi l1)

      P65 (polar P64 1.5pi (- r1 r3 (/ L7 (/ (sin (* (- 180 (+ 90 13)) 0.0174533))

```

```

(cos (* (- 180 (+ 90 13)) 0.0174533))))))

P68 (polar P64 1.5pi r1)

P67 (polar P68 0 (- l1 l3 l2))

P66 (polar P67 pi2 r3)

P69 (polar P67 pi l1)

P73 (polar P64 pi l3)

P72 (polar P73 1.5pi x)

P71 (polar P72 pi l2)

P74 (polar P73 1.5pi (- (car P63) (car P55)))

P70 (polar P74 pi l2)

P75 (polar P55 pi2 (- (cadr P63) (cadr P55)))

P76 (polar P55 (/ (* 7 pi) 4) R6)

)

(command "_pline" P64 P65 P68 P69 P70 P71 P72 P73 "_c")

(command "_pline" P70 P74 P72 "")

(command "_pline" P65 P66 P67 P68 "")

(command "_layer" "_m" "osi" "_lt" "center" "osi" "_c" "_red" "osi" "")

(command "_pline" (polar P1 pi (/ l2 3)) "_w" 0 0 (polar P50 0 (/ l2 3)) "")

(command "_pline" (polar P55 pi (/ l2 3)) "_w" 0 0 (polar P51 0 (/ l2 3)) "")

(command "_layer" "_m" "tonk" "_c" "white" "tonk" "_lw" "0.25" "tonk" "")

(command "_pline" P55 "_w" 0 0 P75 "")

(command "_layer" "_m" "razm" "_c" "_blue" "razm" "_lw" "0.25" "razm" "")

(setvar "DIMTXT" 5)

(setvar "DIMASZ" 4)

(setvar "DIMTAD" 1)

(setvar "DIMTIH" 0)

(setvar "DIMGAP" 1)

(setvar "DIMEXO" 0)

(command "_dim")

```

```
(command "_hor" P55 P61 (polar P61 (* 1.5 pi) (/ D4 5)) (rtos _L4 2 0)) ;L4
(command "_hor" P71 P73 (polar P73 (/ pi 2) (/ D4 5)) (rtos _L2 2 0)) ;L2
(command "_hor" P73 P64 (polar P73 (/ pi 2) (/ D4 5)) (rtos _L3 2 0)) ;L3
(command "_hor" P69 P67 (polar P67 (* 1.5 pi) (/ D4 5)) (rtos _L1 2 1)) ;L1
(command "_hor" P55 P56 (polar P62 (* 1.5 pi) (/ D4 5)) (rtos _r6 2 1)) ;r6
(command "_hor" P6 P5 (polar P5 pi2 (/ D4 4)) (rtos _l7 2 1));l7
(command "_hor" (sp P2) (sp P49) (polar (sp P49) pi2 (/ D4 7)) (strcat (rtos _L6 2 1) "x45%d\n"));l6
(command "_hor" (sp P49) (sp P48) (polar (sp P49) 1.5pi (/ D4 6)) (rtos _l5 2 1));l5
```

```
(command "_ver" P52 P59 (polar P59 0 (/ D4 5)) (strcat "%c" (rtos _D4 2 0)))
(command "_ver" P3 (sp P3) (polar P1 pi (* 2 (/ D4 5))) (strcat "%c" (rtos _D1 2 0)))
(command "_ver" P10 (sp P10) (polar P50 0 (/ D4 5)) (strcat "%c" (rtos _D3 2 0)))
(command "_ver" P7 (sp P7) (polar P50 0 (* 2 (/ D4 5))) (strcat "%c"(rtos _D2 2 0)))
(command "_ver" P6 P8 (polar P7 pi (/ D4 6)) (strcat "%c"(rtos _d5 2 0)));d5
(command "_angular" P75 P63 (polar P75 0 r6) "" "" )
(command "_exit")
)
```

Текст програми мовою DCL: dial\_pr:dialog{label="Сухарь";

```
:image{color=0;width=50;height=20;key="slide";}
```

```
:boxed_column{label="Параметры";
```

```
  :boxed_column{label="Диаметры";
```

```
    :row{
```

```
      :edit_box{label="D1=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_D1";}

```

```
      :edit_box{label="D2=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_D2";}

```

```
      :edit_box{label="D3=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_D3";}

```

```
      :edit_box{label="D4=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_D4";}

```

```
      :edit_box{label="d5=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_D5";}

```

```
    }}

```

```

:boxed_column{label="Длины";
  :row{
    :edit_box{label="L4=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L4";}
    :edit_box{label="L5=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L5";}
    :edit_box{label="L6=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L6";}
    :edit_box{label="L7=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L7";}
  }}
:boxed_column{
  :row{
    :popup_list {edit_width=10;key="MS";}
    :button{label="Сброс";key="reset";}
    :button{label="Проверка";key="test";}}
  :row{
    :button{label="3D";key="3D";}
    :button{label="2D";key="2D";}
    :button{label="Отмена";key="cancel";is_default=true;}}
  }
}
}

```

Текст програми мовою AutoLISP: (defun c:KP()

```
(setq dir "c:\\Users\\Mikel\\Desktop\\KP_Ansys\\lisp\\dial\\")
```

```
(data)
```

```
(dial)
```

```
(if (= st_dl 2)
```

```
(progn
```

```
(load (strcat dir "2d.LSP"))
```

```
(c:syhar)
```

```

))
(if (= st_dl 3)
  (progn
    (load (strcat dir "3d.LSP"))
    (c:s3d)) )
(princ)
)
(defun data()
  (setq nab_isx '("_D1" "_D2" "_D3" "_D4" "_d5" "_R6" "_L1" "_L2" "_L3" "_L4" "_L5" "_L6" "_L7"))
  (setq nab_dan '(94. 70. 60. 50. 4. 13. 58. 15. 35. 47. 2. 1. 5.))
  (setq nab_rab '("D1" "D2" "D3" "D4" "d5" "R6" "L1" "L2" "L3" "L4" "L5" "L6" "L7"))
  (setq masch 1)
  (mapcar '(lambda (isx dan)
            (set (read isx) dan)
            )
    nab_isx
    nab_dan
    )
)
(defun dial()
  (setq rf (load_dialog (strcat dir "dial.DCL")))
  (new_dialog "dial_pr" rf)
  ;Чтение из файла
  (if (findfile (strcat dir "DanM.txt")) (load (strcat dir "DanM.txt")))
  ;Вызов слайда
  (setq xmax (dimx_tile "slide") ymax (dimy_tile "slide"))
  (start_image "slide")

```

```

(slide_image 0 0 xmax ymax (strcat dir "slide.sld"))

(end_image)

;Установка значений

(foreach n nab_isx (set_tile n (rtos (eval (read n)) 2 2)))

;Блокировка клавиш

(gas_ok 1)

;Ввод масштабов

(setq nab_mas '("M1:5" "M1:4" "M1:2,5" "M1:2" "M1:1"))

(setq nab_masch '(0.2 0.25 0.4 0.5 1.0))

(start_list "MS") (mapcar 'add_list nab_mas) (end_list)

(setq masch (nth 3 nab_masch)) (set_tile "MS" "3")

;Выполнение при входе в поле

(foreach n nab_isx (action_tile n (strcat "(progn (setq " n " (atof $value))(gas_ok 1)")))

;Присвоение значени кнопкам

(action_tile "MS" "(setq masch (nth (atoi $value) nab_masch)) ")

(action_tile "reset" "(progn (data)(foreach n nab_isx (set_tile n (rtos (eval (read n)) 2 2))))")

(action_tile "test" "(prov_vv)")

(action_tile "3D" "(done_dialog 3)")

(action_tile "2D" "(done_dialog 2)")

(action_tile "cancel" "(done_dialog 0)")

(setq st_dl (start_dialog))

(if (> st_dl 0)

  (progn

;Запись в файл

  (setq f (open (strcat dir "Dan.txt") "w"))

  (princ "(setq \n" f)

  (foreach n nab_isx (princ (strcat " " n " " (rtos (eval (read n))) "\n" ) f))

```



```

(princ ") \n" f)

(close f)

;Определение файлов с учетом масштаба

(if (= st_dl 3) (setq masch 1.0))

(maschtab masch)

)))

(defun gas_ok($k)

(mode_tile "3D" $k) (mode_tile "2D" $k)

)

(defun prov_vv()

;проверка ввода

(setq prov 0)

(if (and (>= _D1 300) (< prov 1))

(progn (alert (strcat "Значение D1=" (rtos _D1) " должно быть меньше 300"))

(setq prov (+ 1 prov)))

)

(if (and (> _D2 (- _D1 _D5 )) (< prov 1))

(progn (alert (strcat "Значение D2=" (rtos _D2) " должно быть меньше ровно" (rtos (- _D1 _D5

))))

(setq prov (+ 1 prov)))

)

(if (and (<= _D2 (+ _D3 _D5 )) (< prov 1))

(progn (alert (strcat "Значение D2=" (rtos _D2) " должно быть больше" (rtos (+ _D3 _D5 ))))

(setq prov (+ 1 prov)))

)

(if (and (>= _D3 (- _D2 _D5 )) (< prov 1))

(progn (alert (strcat "Значение D3=" (rtos _D3) " должно быть меньше" (rtos (- _D2 _D5))))

(setq prov (+ 1 prov)))

)

```

```

)
(if (and (< _D3 (+ _D4 (* 2 _I5))) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение D3=" (rtos _D3) " должно быть больше равно " (rtos (+ _D4 (*
2 _I5) ))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
)
(if (and (> _D4 (- _D3 (* 2 _I5))) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение D4=" (rtos _D4) " должно быть меньше равно" (rtos (- _D3 (* 2
_I5))))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
)
(if (and (<= _D4 (* 2 _r6)) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение D4=" (rtos _D4) " должно быть больше" (rtos (* 2 _r6))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
)
(if (and (>= _D5 (/ (- _D1 _D2) 2)) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение D5=" (rtos _D5) " должно быть меньше" (rtos (/ (- _D1 _D2)
2))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
)
(if (and (<= _D5 0) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение D5=" (rtos _D5) " должно быть больше" (rtos 0)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
)
(if (and (>= _R6 (- _I4 (+ (/ _D4 2) _I5))) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение R6=" (rtos _R6) " должно быть меньше" (rtos (- _I4 (+ (/ _D4 2)
_I5))))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
)

```

```
(if (and (<= _R6 _d5) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение R6=" (rtos _R6) " должно быть больше" (rtos _d5)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )

(if (and (>= _L1 (* 2 _D1)) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L1=" (rtos _L1) " должно быть меньше" (rtos (* 2 _D1))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )

(if (and (<= _L1 (+ _L2 _L3)) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L1=" (rtos _L1) " должно быть больше" (+ _L2 _L3)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )

(if (and (>= _L2 _L3) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L2=" (rtos _L2) " должно быть меньше" (rtos _L3)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )

(if (and (<= _L2 _r6) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L2=" (rtos _L2) " должно быть больше" (rtos _r6)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )

(if (and (>= _L3 (- _L1 _L2)) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L3=" (rtos _L3) " должно быть меньше " (rtos (- _L1 _L2))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )

(if (and (<= _L3 _L2) (< prov 1))
```

```

(progn (alert (strcat "Значение L3=" (rtos _L3) " должно быть больше" (rtos _L2)))
  (setq prov (+ 1 prov)))
)
(if (and (>= _L4 _L1) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L4=" (rtos _L4) " должно быть меньше" (rtos _L1)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (<= _L4 (/ _D2 2)) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L4=" (rtos _L4) " должно быть больше" (rtos (/ _D2 2))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (> _L7 (/ _D4 2)) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L7=" (rtos _L7) " должно быть меньше или равно" (rtos (/ _D4
2))))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (< _L7 _D5) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L7=" (rtos _L7) " должно быть больше или равно" (rtos _D5)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (<= _L6 0) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L6=" (rtos _L6) " должно быть больше" (rtos 0)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (> _L6 _L5) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L6=" (rtos _L6) " должно быть меньше или равно" (rtos _L5)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
)

```

```

(if (and (< _L5 _L6) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L5=" (rtos _L5) " должно быть больше или равно" (rtos _L6)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (>= _L5 _D5) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L5=" (rtos _L5) " должно быть меньше" (rtos _D5)))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (= prov 0)
  (progn
    (alert "В исходных данных ошибок не обнаружено")
    (gas_ok 0)
  )))
(defun mashtab ($ms)
  (mapcar '(lambda (rab isx)
    (set (read rab) (* (eval (read isx)) $ms))
  )
  nab_rab
  nab_isx
  )
  (setq R1 (/ Dt1 2.0) R2 (/ Dt2 2.0) R3 (/ Dt3 2.0) R4 (/ Dt4 2.0) R5 (/ Dt5 2.0) R6 (/ Dt6 2.0) R7 (/
Dt7 2.0) R8 (/ Dt8 2.0) R9 (/ Dt9 2.0) R10 (/ Dt10 2.0) R11 (/ Dt11 2.0))
  )

```