

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

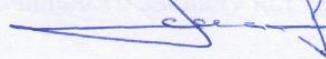
Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:
«ДИСКОВИЙ БУНКЕРНИЙ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ
СТЕРЖНЕВИХ ЗАГОТОВОК»

08-62.БКР.21.000.000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, групи ІГМ-216
спеціальності 133 – галузеве машинобудування
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 ТОКОВИЙ Ярослав
(прізвище та ім'я)

Керівник: д. т. н., проф., проф. каф. ГМ

 СИВАК Роман
(прізвище та ім'я)

«06» червня 2025 р.

Рецензент: д. т. н., проф., професор каф. АТМ

 КАШКАНОВ Андрій
(прізвище та ім'я)

«16» червня 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри 

«16» червня 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра галузевого машинобудування
(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

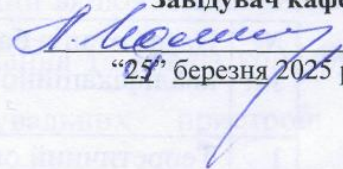
Галузь знань – 13 «Механічна інженерія»
(шифр і назва)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

Освітньо - професійна програма – Галузеве машинобудування
(назва освітньо - професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



“25” березня 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Токовому Ярославу Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дисковий бункерний завантажувальний пристрій для стержневих заготовок»

Керівник роботи Сивак Роман Іванович, д. т. н., професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “20” березня 2025 року
№97

2. Термін подання студентом роботи 10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: діаметр гільзи – 10 мм; висота гільзи – 25 мм; висота циліндричної частини гільзи – 22 мм; діаметр диску – 200 мм; коефіцієнт тертя – 0,45 мм; товщина зубів – 6 мм; кут нахилу диску завантажувального пристрою – 45°; методичні вказівки до виконання дипломних проєктів.

4. Зміст текстової частини: обсяг пояснювальної записки – 73 стор., рисунків – 33, таблиць – 5.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

огляд стану питання (формат А1) – 2 листа; розробка завантажувального пристрою для стержневих заготовок (формат А1) – 2 листа; теоретичні дослідження продуктивності пристрою (формат А1) – 4 листа; методика проєктування пристрою (формат А1) – 1 лист

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічний розділ (основна частина)	д. т. н., проф. Роман СИВАК	25.03.25	10.06.25
Охорона праці, безпека життєдіяльності	к. т. н., доц. Олександр ПОЛЩУК	06.05.24	27.05.25

7. Дата видачі завдання 25.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Теоретичний огляд	8.04.2025 р.	Виконано
2	Розроблення конструкції універсального бункерного завантажувального пристрою у вигляді кільцевого сектора	22.04.2025 р.	Виконано
3	Теоретичне дослідження бункера	6.05.2025 р.	Виконано
4	Проектування вдосконаленого пристрою	20.05.2025 р.	Виконано
5	Охорона праці	27.05.2025 р.	Виконано
6	Оформлення текстової та графічної частини проекту	10.06.2025 р.	Виконано
7	Перевірка на плагіат	11.06.2025 р.	Виконано
8	Нормо контроль БКР	12.06.2025 р.	Виконано
9	Попередній захист БКР	13.06.2025 р.	Виконано
10	Рецензування БКР	16.06.2025 р.	Виконано
11	Захист БКР	за графіком	Виконано

Студент  Я. В. Токовий
(підпис) (ініціали і прізвище)

Керівник роботи  Р. І. Сивак
(підпис) (ініціали і прізвище)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 75 стор. формату А4, на яких є 33 рисунка, 5 таблиць, список використаних джерел містить 25 найменування.

Метою даної роботи є забезпечення надійного завантаження стрижневих заготовок з необхідною продуктивністю за допомогою вдосконаленого універсального механічного дискового бункерного завантажувального пристрою з зубами і регульованим орієнтатором, виконаним у вигляді кільцевого сектора.

В роботі проведено огляд стану питання, який включає аналіз способів автоматичного завантаження заготовок тіл обертання та аналіз конструкцій механічних дискових бункерних завантажувальних пристроїв для стрижневих заготовок.

Представлена розробка універсального механічного дискового бункерного завантажувального пристрою для стержневих заготовок, в яку входить конструкція удосконаленого універсального бункерного завантажувального пристрою у вигляді кільцевого сектора та розробка обмежень на конструктивні параметри захоплюючих та орієнтувальних органів пристрою, яка включає визначення діапазонів конструктивних параметрів і математичне моделювання конструктивних параметрів для різних стрижневих заготовок.

Виконані теоретичні дослідження продуктивності вдосконаленого бункерного завантажувального пристрою для пустотілих заготовок, які включають теоретичне дослідження продуктивності при мінімальному заповненні бункера заготовками, зокрема розробку математичних моделей та математичне моделювання ймовірності захоплення та продуктивності. Також представлена методика проектування та приклад розрахунку та проектування вдосконаленого пристрою.

Ключові слова: стержнева пустотіла заготовка, продуктивність, бункерний завантажувальний пристрій, ймовірність, моделювання.

ABSTRACT

The bachelor's qualification work consists of 75 pages of A4 format, on which there are 33 figures, 5 tables, the list of used sources contains 25 names.

The purpose of this work is to ensure reliable loading of core blanks with the required productivity using an improved universal mechanical disk hopper loading device with teeth and an adjustable orientator, made in the form of an annular sector.

The work provides a review of the state of the art, which includes an analysis of methods for automatically loading workpieces of rotating bodies and an analysis of the designs of mechanical disk hopper loading devices for core blanks.

The development of a universal mechanical disk hopper loading device for core blanks is presented, which includes the design of an improved universal hopper loading device in the form of an annular sector and the development of restrictions on the design parameters of the gripping and orienting bodies of the device, which includes the determination of the ranges of design parameters and mathematical modeling of design parameters for various core blanks.

Theoretical studies of the performance of an improved hopper loading device for hollow billets have been performed, which include a theoretical study of performance at a minimum filling of the hopper with billets, in particular, the development of mathematical models and mathematical modeling of the probability of capture and performance. A design methodology and an example of the calculation and design of an improved device are also presented.

Keywords: hollow rod billet, performance, hopper loading device, probability, modeling.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ.....	9
1.1 Автоматичне завантаження заготовок тіл обертання	9
1.2 Механічні дискові бункерні завантажувальні пристрої для стрижневих заготовок.....	13
2 РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО МЕХАНІЧНОГО ДИСКОВОГО БУНКЕРНОГО ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ СТЕРЖНЕВИХ ЗАГОТОВОК	17
2.1 Удосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій у вигляді кільцевого сектора	17
2.2 Розробка обмежень на конструктивні параметри захоплюючих та орієнтувальних органів пристрою.....	21
2.2.1 Визначення діапазонів конструктивних параметрів.....	21
2.2.2 Математичне моделювання конструктивних параметрів для різних стрижневих заготовок.....	24
3 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВДОСКОНАЛЕНОГО БУНКЕРНОГО ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПУСТОТІЛИХ ЗАГОТОВОК.....	29
3.1 Теоретичне дослідження продуктивності при мінімальному заповненні бункера заготовками	29
3.1.1 Розробка математичних моделей ймовірності захоплення та продуктивності	29
3.1.2 Математичне моделювання ймовірності захоплення та продуктивності.....	32
3.2 Методика проектування вдосконаленого пристрою.....	34
3.3 Приклад розрахунку та проектування удосконаленого пристрою.....	35
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	40
4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	42
4.2.1 Мікроклімат	42
4.2.2 Склад повітря робочої зони	43
4.2.3. Виробниче освітлення	44
4.2.4. Виробничий шум	46
4.2.5. Виробничі вібрації	47
4.2.6 Психофізіологічні фактори	48
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
ДОДАТОК А – ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	56
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	61
ДОДАТОК В – ПРОТОКОЛ ПЕРЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ.....	72

ВСТУП

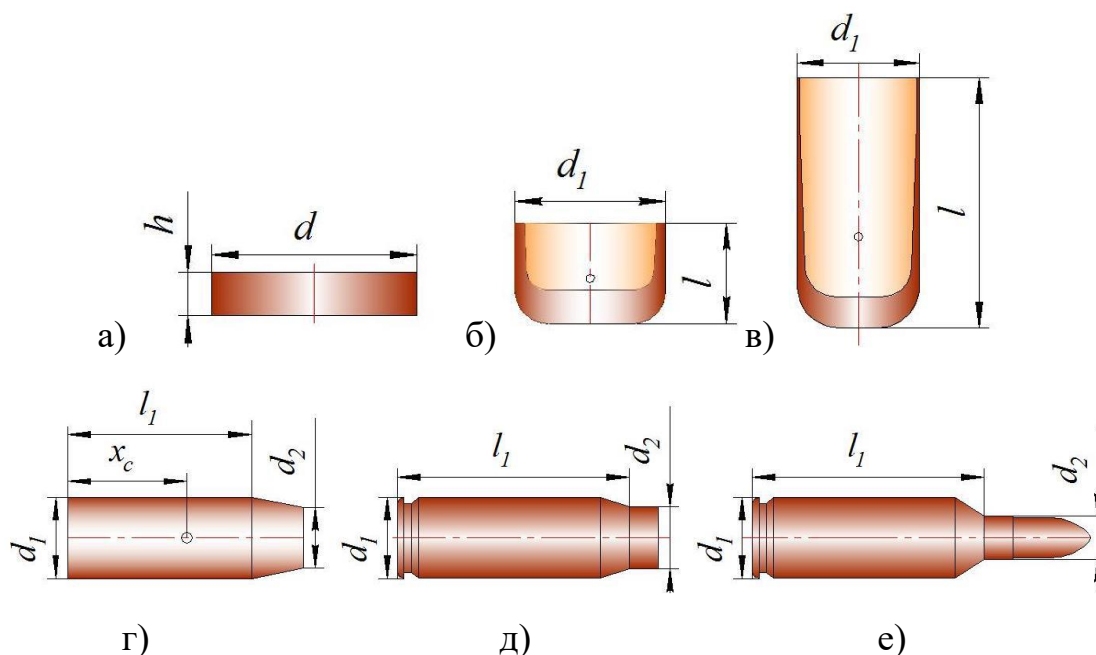
Найважливішим напрямом розвитку різних галузей виробництва є комплексна автоматизація всього циклу виготовлення виробів, що дозволяє ефективно використовувати всі виробничі потужності, мінімізувати чисельність працюючого персоналу і розширити номенклатуру виробів. Це стосується в першу чергу патронного виробництва, де у зв'язку з виходом нових видів патронів потрібна безперервна розробка систем автоматичного завантаження як різних заготовок, так і готових патронів з необхідною продуктивністю та технологічного обладнання автоматизованих ліній, що здійснюють операції витяжки, штампування, обтиску, механічної обробки, складання готових патронів та їх огляд для контролю якості. Найбільшу частку всіх заготовок у патронному виробництві складають заготовки тіл обертання, що мають різну конфігурацію та геометричні параметри, що в сукупності для кожної конкретної заготовки визначає тип механічного дискового бункерного завантажувального пристрою системи автоматичного завантаження для їх орієнтування та його конструктивні параметри. Відомі бункерні завантажувальні пристрої надійно функціонують для конкретних заготовок з певними геометричними розмірами і формою, але при зміні їх довжини або діаметра потрібна розробка як нових за розмірами захоплювальних і орієнтуючих органів, так і самих бункерних завантажувальних пристроїв, що призводить до суттєвих матеріальних і часових витрат. У зв'язку з вищевикладеним розробка універсальної конструкції бункерного завантажувального пристрою, здатного здійснити захоплення, орієнтування та видачу до технологічного обладнання патронного виробництва стрижневих заготовок, та обґрунтування його раціональних параметрів, при яких буде забезпечена його максимальна продуктивність, зумовлює актуальність дослідження.

1 Огляд стану питання

1.1 Автоматичне завантаження заготовок тіл обертання

Найважливішим напрямом розвитку патронного виробництва є комплексна автоматизація всього циклу виготовлення патронів, що дозволяє ефективно використовувати всі виробничі потужності, мінімізувати чисельність працюючого персоналу та розширити номенклатуру виробів, що випускаються.

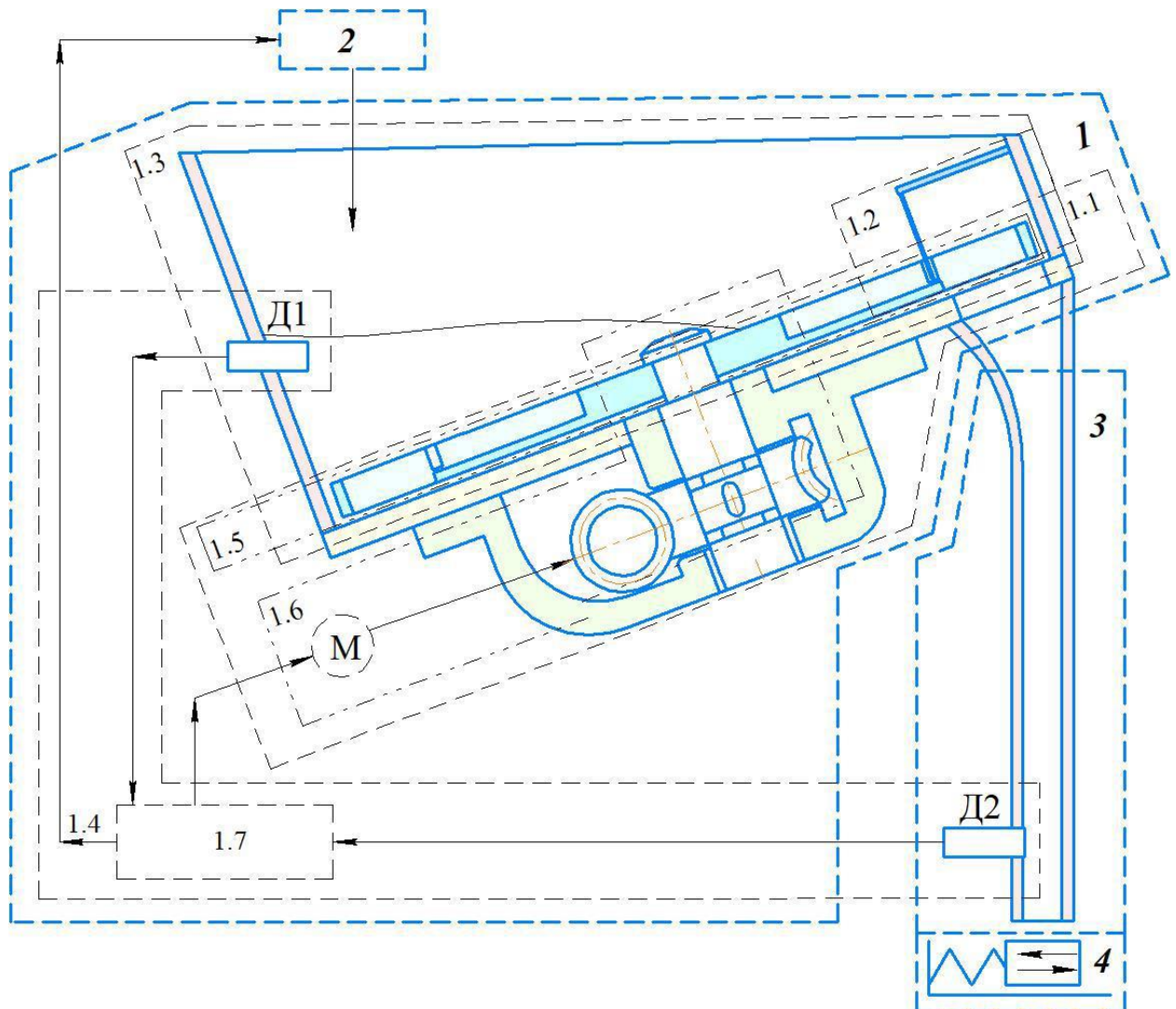
В якості прикладу на рис. 1.1 представлені традиційна технологія виготовлення патрона спортивно-мисливського та різні види заготовок, що зустрічаються в його виробництві.



а – рондоль – плоска заготовка; б – напівфабрикат гільзи після першої витяжки у формі ковпачка – рівнорозмірна та близька до рівнорозмірної заготовки; в – напівфабрикат гільзи після другої та наступних витяжок у формі ковпачка – стрижнева заготовка; г – циліндричний порожнистий напівфабрикат з конічним торцем та неявною асиметрією – стрижнева заготовка; д – гільза – стрижнева заготовка з явною асиметрією; е – готовий виріб – патрон з основними габаритними розмірами

Рисунок 1.1 – Різні види заготовок патрона спортивно-мисливського

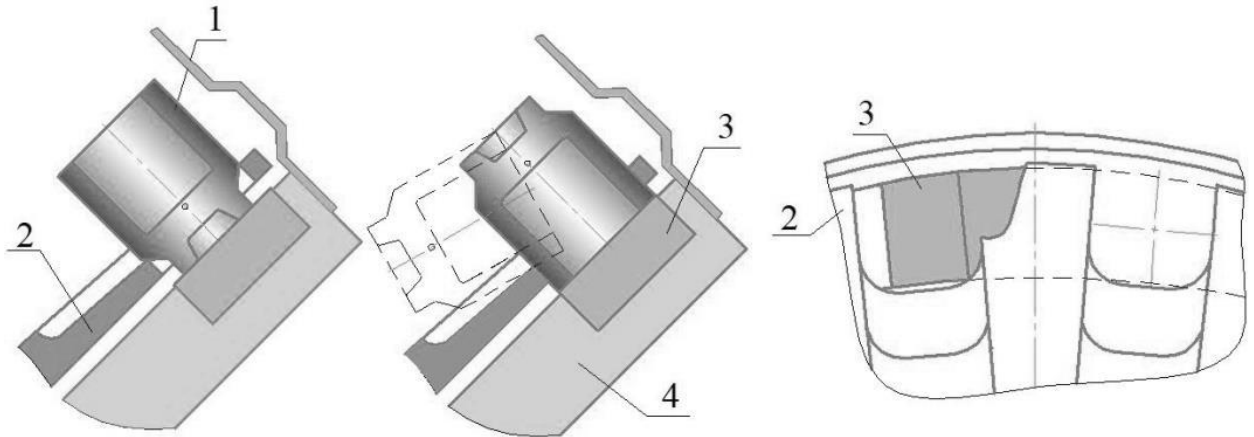
Типова структурна схема системи автоматичного завантаження штучних заготовок у технологічне обладнання показано рис. 1.2.



1 – механічний дисконий бункерний завантажувальний пристрій для орієнтування заготовок та його елементи; 2 – транспортний пристрій для подачі заготовок до системи автоматичного завантаження; 3 – накопичувальний пристрій для забезпечення запасу заготовок через імовірнісний принцип роботи бункерного завантажувального пристрою; 4 – видавальний пристрій для синхронної подачі заготовок до робочих органів технологічного обладнання

Рисунок 1.2 – Типова структурна схема системи автоматичного завантаження заготовок у технологічне обладнання

Для напівфабрикатів двостороннього напівгарячого видавлювання з відношенням $l/d_1=1,1\ldots 1,5$ розроблено вдосконалений бункерний завантажувальний пристрій з криволінійним копіром [1, 2]. На рис. 1.3 представлена схема пасивного орієнтування в ньому напівфабрикатів, у яких присутні зсув координати центру мас щодо центру.

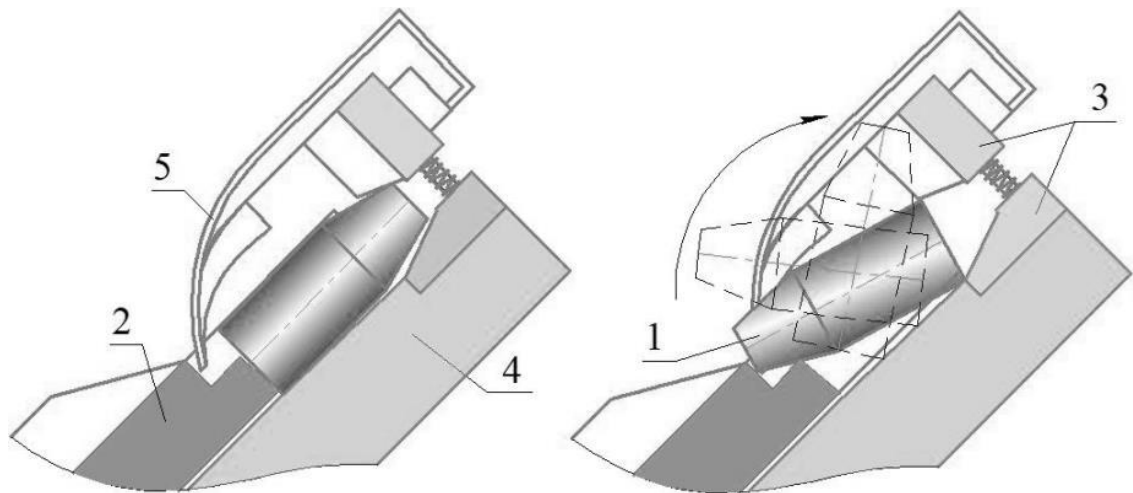


1 – заготовка; 2 – диск із органами захоплення; 3 – криволінійний копір; 4 –
основа

Рисунок 1.3 – Схема орієнтування рівнорозмірних та близьких до них заготовок у бункерний завантажувальний пристрій з криволінійним копіром

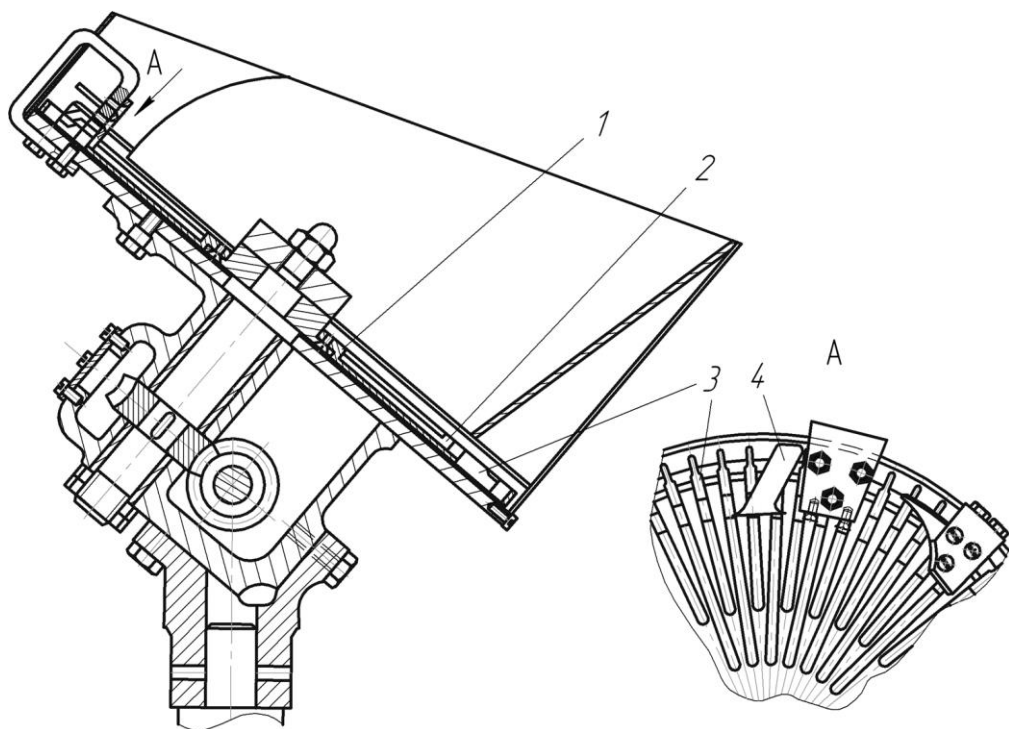
На рис. 1.4 показана реалізація процесів захоплення та орієнтування в удосконаленому бункерному завантажувальному пристрої типу І. Бункерний завантажувальний пристрій з орієнтатором є два відповідного профілю асиметричного торця заготовки кільця, які з'єднані між собою з метою регулювання [3, 4]. Удосконалений бункерний завантажувальний пристрій з регульованим орієнтатором та копіром дозволяє за допомогою переналагодження відрегулювати відстані між кільцями, що дозволить використовувати даний бункерний завантажувальний пристрій для заготовок однакової довжини, але різних діаметрів торців. У верхній частині бункера бункерного завантажувального пристрою розташовується копір, що перевертає (переорієнтує) неправильно запалі в кишені заготовки. Це дозволяє вже їх орієнтувати не пасивним, а активним способом, що призводить до підвищення фактичної продуктивності удосконаленого

бункерного завантажувального пристрою, згідно [5, 6] концепції для її теоретичного опису.



1 – заготовка; 2 – диск із органами захоплення; 3 – кільця орієнтатора; 4 – основа; 5 – копір

Рисунок 1.4 – Схема орієнтування у вдосконаленому бункерному завантажувальному пристрої з регульованим орієнтатором та копіром для переорієнтування заготовок



1 – диск, що обертається; 2 – радіальні пази; 3 – наскрізні кишені; 4 – копір

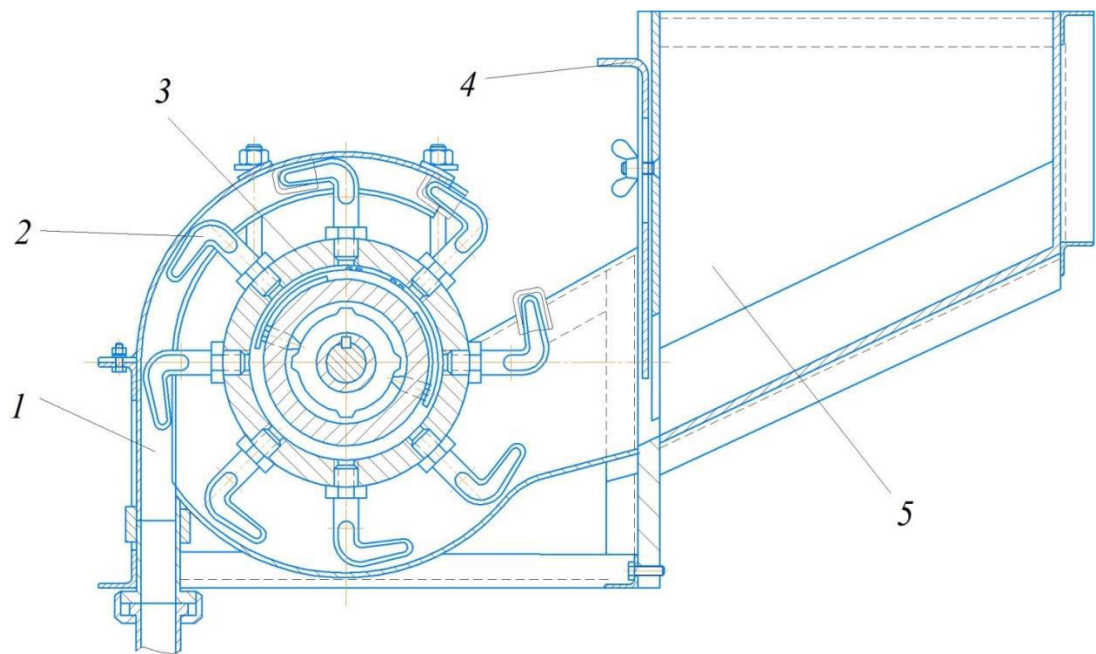
Рисунок 1.5 – Схема механічного дискового бункерного завантажувального пристрою з радіальними профільними кишенями

Для готових патронів спортивно-мисливських з явною асиметрією (див. рис. 1.1, ж) широко застосовують бункерні завантажувальні пристрої з радіально розташованими кишенями (рис. 1.5), що повторюють профіль завантажуваних виробів. У даному бункерному завантажувальному пристрої реалізовано активне орієнтування, при якому всі захоплені вироби приводяться в потрібне положення за допомогою копіра у верхній частині бункера бункерного завантажувального пристрою [7, 8].

1.2 Механічні дискові бункерні завантажувальні пристрої для стрижневих заготовок

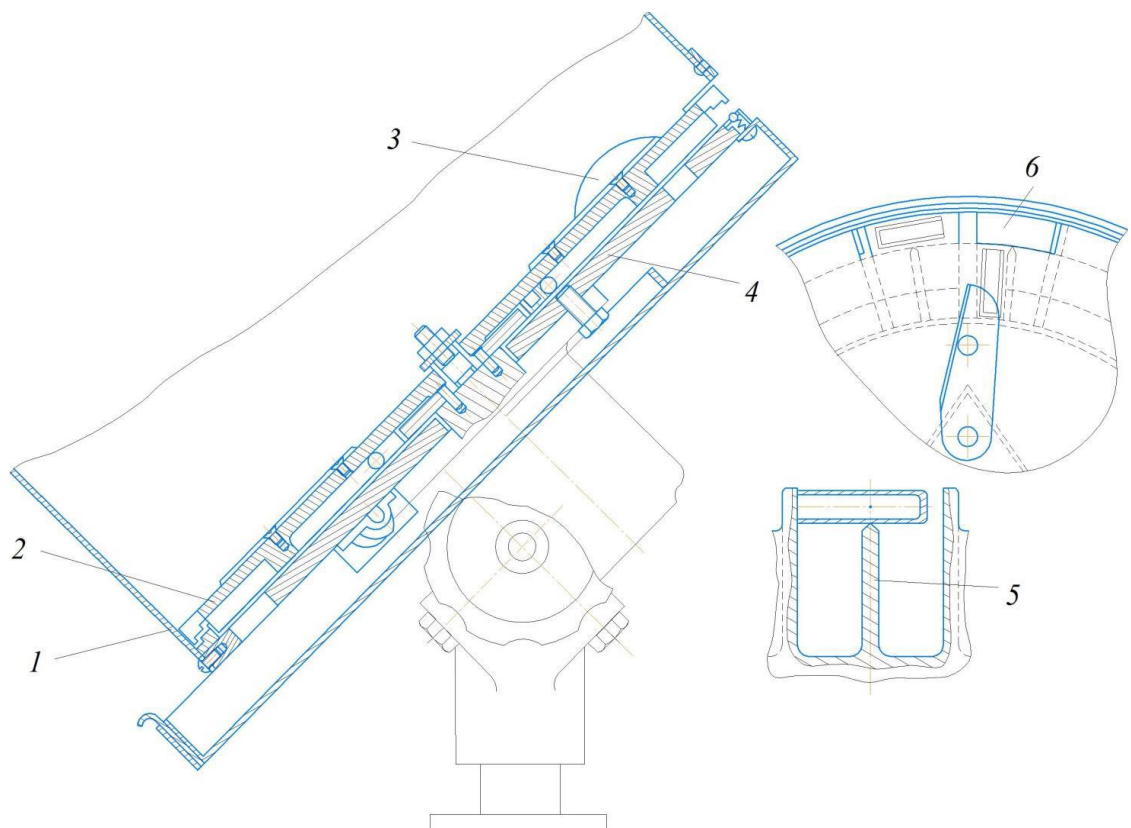
Гачкові бункерні завантажувальні пристрої можуть використовуватися для заготовок, у яких $l/d_1=1,5 \dots 5$. Принцип їх роботи ґрунтується на явній відмінності торців заготовки. Це можуть бути як заготовки у формі ковпачка, так і порожнисті заготовки з різними внутрішніми діаметрами по торцях. У бункерному завантажувальному пристрої встановлено обертовий диск із гачками. Заготовки з бункера, дно якого в області заслінки має паз, спрямований до гачків таким чином, що запавша в паз відкритою частиною заготовка підхоплюється гачком і видається з нього в приймач. Заготовка, яка рухається до гачка закритою частиною, перевертається гачком так, що наступний гачок її захоплює. Рівень заготовок, спрямованих до гачків, регулюється заслінкою (рис. 1.6).

Кишенькові похилі бункерні завантажувальні пристрої з переорієнтуванням на призмах (ножах) призначені для заготовок у формі ковпачка, у яких $l/d_1=3$. Принцип роботи таких бункерних завантажувальних пристроїв ґрунтується на явному зміщенні центру мас заготовки, щодо її середини, тому кишенькові похилі бункерні завантажувальні пристрої широко застосовують для заготовок у формі ковпачка (рис. 1.7).



1 – приймач; 2 – гачок; 3 – диск; 4 – заслінка; 5 – бункер

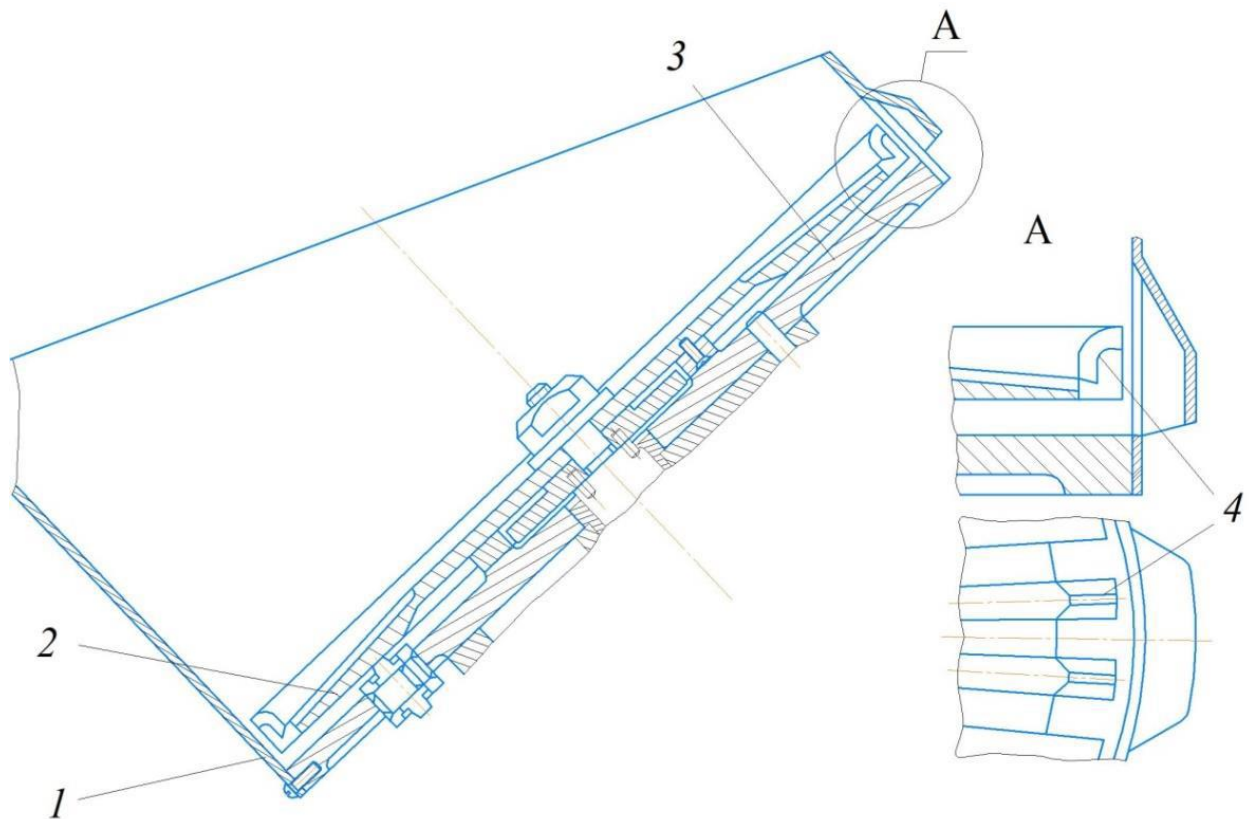
Рисунок 1.6 – Гачковий бункерний завантажувальний пристрій



1 – бункер; 2 – обертальний диск; 3 – лопаті; 4 – основа; 5 – призми (ножі); 6 – кишень, розташовані тангенціально

Рисунок 1.7 – Кишеньковий похилий бункерний завантажувальний пристрій з переорієнтуванням на призмах

Механічний дисковий бункерний завантажувальний пристрій із зубами (зубчастий бункерний завантажувальний пристрій) традиційно застосовували для заготовок у формі ковпачка з явним зміщенням центру мас, у яких $1,5 \leq l/d_1 \leq 3,5$. Захоплення та орієнтація заготовок здійснюється похило розташованим обертовим зубчастим диском (рис. 1.8).

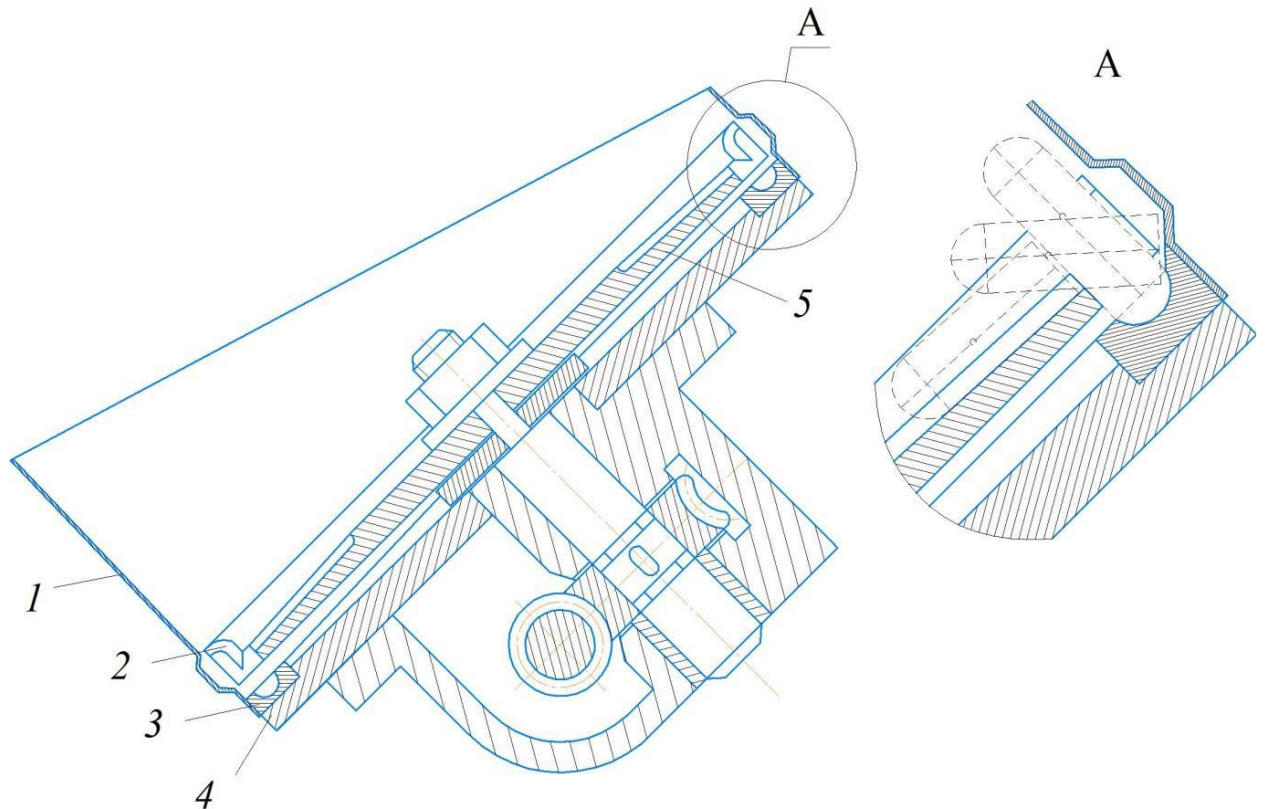


1 – бункер; 2 – обертальний зубчастий диск; 3 – основа; 4 – зуби диска

Рисунок 1.8 – Зубчастий бункерний завантажувальний пристрій
(традиційний) для заготовок з явним зміщенням центру мас

Для заготовок у формі ковпачка зі сферичним торцем, що характеризуються відсутністю зміщення центру мас, були запропоновані вдосконалені бункерні завантажувальні пристрої із зубами та кільцевим орієнтатором [9, 10]. Запропоновані вдосконалені бункерні завантажувальні пристрої також можна використовувати і для порожнистих або суцільних заготовок з торцем у формі зрізаного конуса, а також ступінчастих заготовок. Принцип роботи таких бункерних завантажувальних пристроїв аналогічний

принципу роботи традиційного зубчастого бункерного завантажувального пристрою (рис. 1.9).



1 – бункер; 2 – зубці диска; 3 – кільцевий орієнтатор із пазом; 4 – основа; 5 –
обертальний зубчастий диск

Рисунок 1.9 – Зубчастий бункерний завантажувальний пристрій
(удосконалений) для заготовок з відсутністю зміщення центру мас

2 Розробка універсального механічного дискового бункерного завантажувального пристрою для стержневих заготовок

2.1 Удосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій у вигляді кільцевого сектора

На основі всього вищевикладеного для орієнтування стрижневих циліндричних заготовок у формі ковпачка з метою їх подальшої подачі в технологічне обладнання було запропоновано універсальний бункерний завантажувальний пристрій із зубами та регульованим орієнтатором – копіром, виконаним у вигляді кільцевого сектора та розташованим у пазу нерухомої основи. Бункерний завантажувальний пристрій працює на основі зміщення і в залежності від розташування центру мас заготовки щодо її середини. На основі бункерного завантажувального пристрою у верхній частині розташоване кільце з кільцевою проточкою, де встановлюється і регулюється за допомогою підпружинених болтів орієнтатор, висота якого спочатку плавно збільшується від нуля до максимальної величини, а потім залишається постійною до кінця кільцевої проточки. Заготовки, що неправильно запали в кишені, на відміну від правильно запавших заготовок, у верхній частині випадають назад в нижню частину під дією сили тяжіння (рис. 2.1).

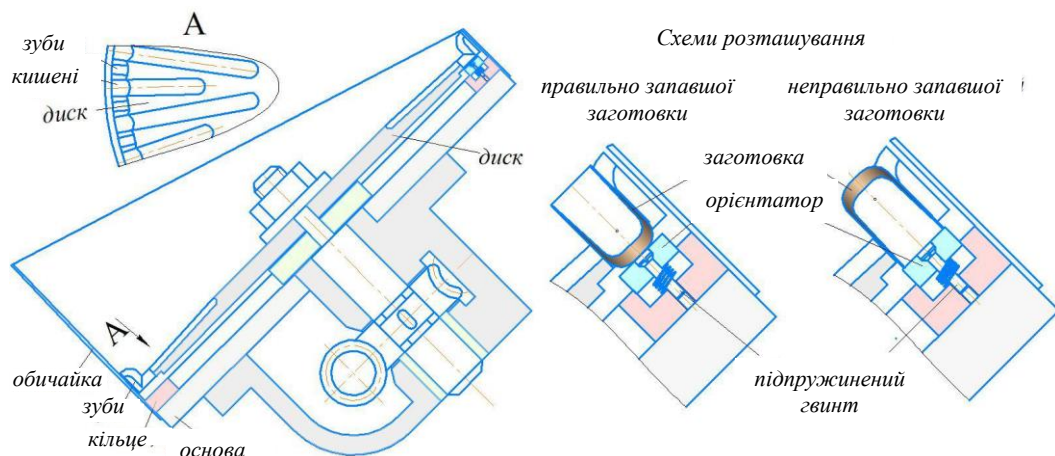


Рисунок 2.1 – Універсальний бункерний завантажувальний пристрій із зубами та регульованим орієнтатором та схеми його функціонування

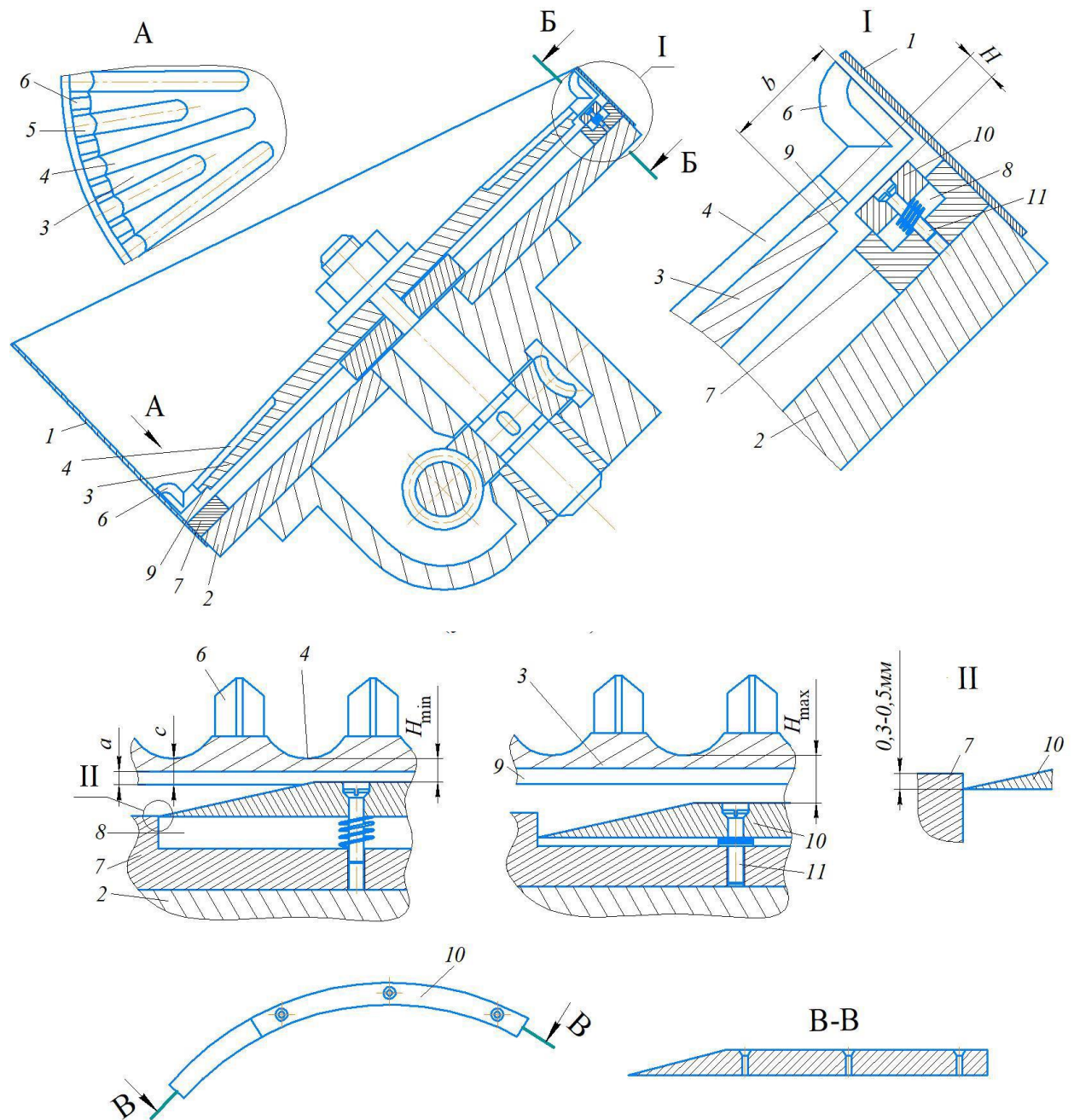
Аналогом і прототипом пропонованої конструкції є традиційний зубчастий бункерний завантажувальний пристрій, недоліками якого є низька надійність при завантаженні заготовок у формі ковпачка довжиною більш ніж в 1,5 рази перевищує їх зовнішній діаметр і відсутність можливості використання для завантаження заготовок у формі ковпачка кишенями і криволінійним копіром для об'ємних заготовок з асиметрією по торцях [11, 12], недоліками якого є можливість регулювання криволінійного копіра по висоті; неможливість його використання для заготовок, довжина яких більш ніж в 1,5 рази перевищує їх зовнішній діаметр; низька надійність роботи через заклинювання заготовок при їх переході з кільцевого паза основи на криволінійний копір. Удосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій дозволяє завантажувати стрижневі заготовки у формі ковпачка різної довжини, що перевищує діаметр в 1,3-4 рази, шляхом регулювання орієнтатора по висоті, а при заході заготовок на орієнтатор усунуті їх заклинювання і тим самим підвищується надійність роботи (рис. 2.2).

На рис. 2.3, а і б відповідно зображені положення в наскрізній кишені заготовки, що запала закритою і відкритою основою вниз, у якої довжина перевищує діаметр в 1,7 разів, а на рис. 2.3 в, г - аналогічні положення заготовки, у якої довжина перевищує діаметр в 2,8 разів.

Загальний вигляд 3D-макету конструкторського рішення універсального бункерного завантажувального пристрою представлений рис. 2.4. Універсальний бункерний завантажувальний пристрій може бути використаний для автоматичного завантаження заготовок різних форм у межах певних значень їх діаметрів, обмежених шириною кишені, та довжин, обмежених можливостями регулювання орієнтатора висотою.

На рис. 2.5 показано схему регулювання орієнтатора універсального бункерного завантажувального пристрою і його перебування в крайньому

нижньому (а) і крайньому верхньому (б) положеннях, що визначаються довжиною завантажуваних заготовок і координат розташування центру мас.



1 – обичайка; 2 – основа; 3 - диск, що обертається; 4 – радіальні пази; 5 – наскрізні кишені; 6 – зуби; 7 – кільце; 8 – кільцевий паз; 9 – проточка; 10 – орієнтатор; 11 - пружні гвинти; 12 – заготовка

Рисунок 2.2 – Удосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій із зубами та регульованим орієнтатором, виконаним у вигляді кільцевого сектора, для стержневих заготовок у формі ковпачка та його основні функціональні елементи

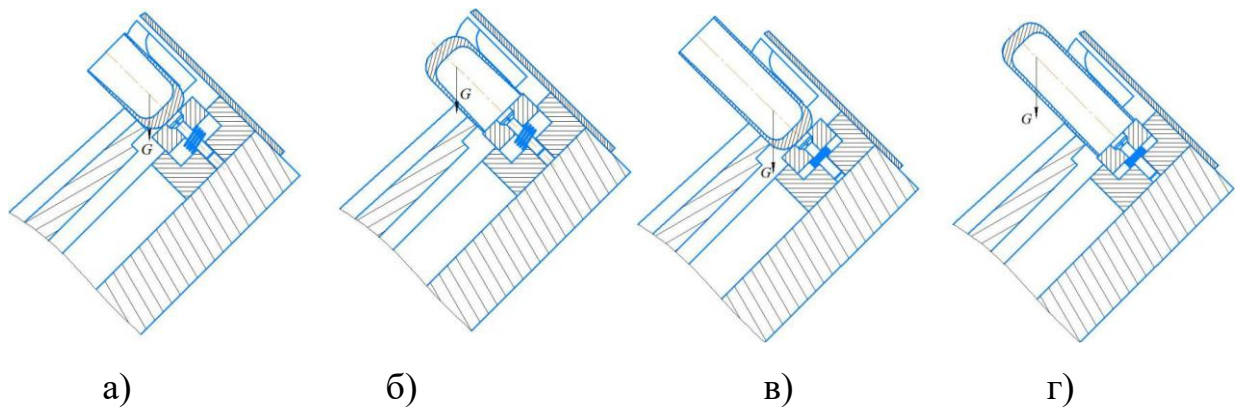
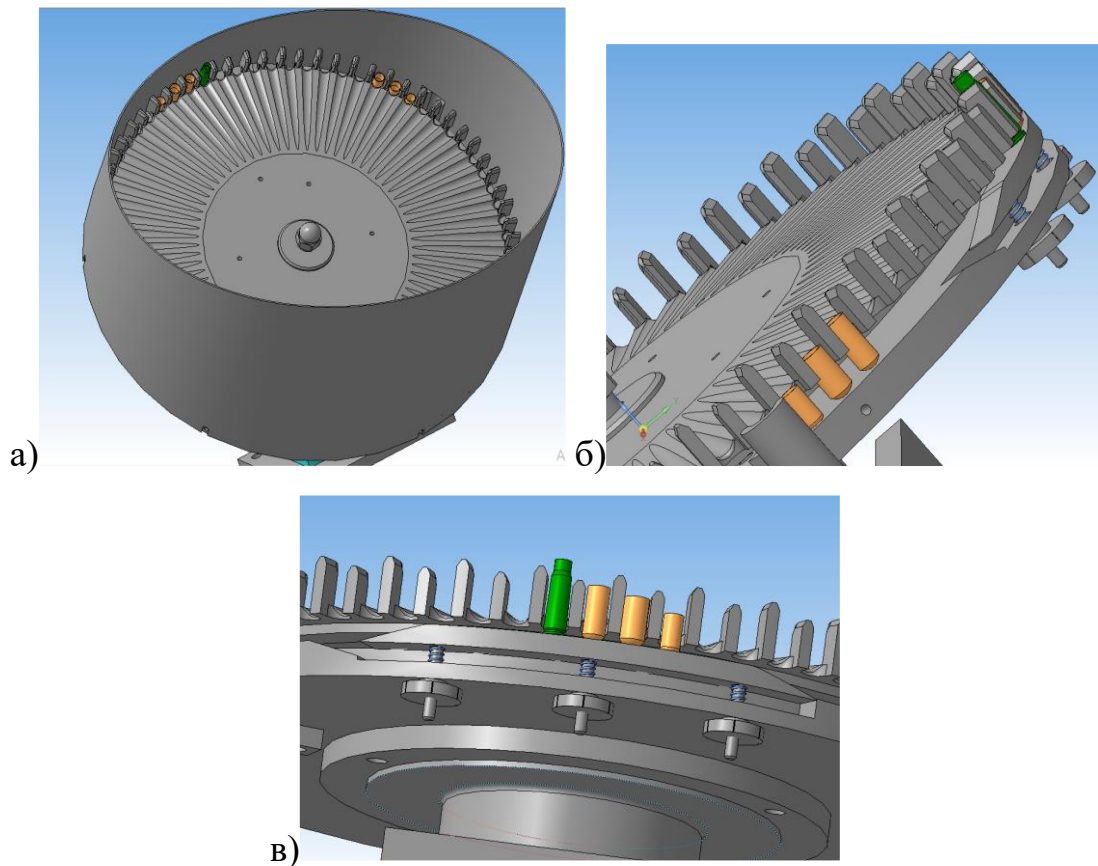


Рисунок 2.3 – Положення в наскрізній кишені заготовки, у якої довжина перевищує діаметр в 1,7 разів, запалою закритою (а) і відкритою (б) основою вниз, і заготовки, у якої довжина перевищує діаметр у 2,8 разів, запалою закритою (в) та відкритою (г) основою вниз



а – загальний вигляд; б - фрагмент обертального диска із зубами і кишенями;
в – регульований за допомогою трьох пружних гвинтів орієнтатор

Рисунок 2.4 – Універсальний бункерний завантажувальний пристрій із зубами та регульованим з нижньої частини основи орієнтатором, виконаним у вигляді кільцевого сектора

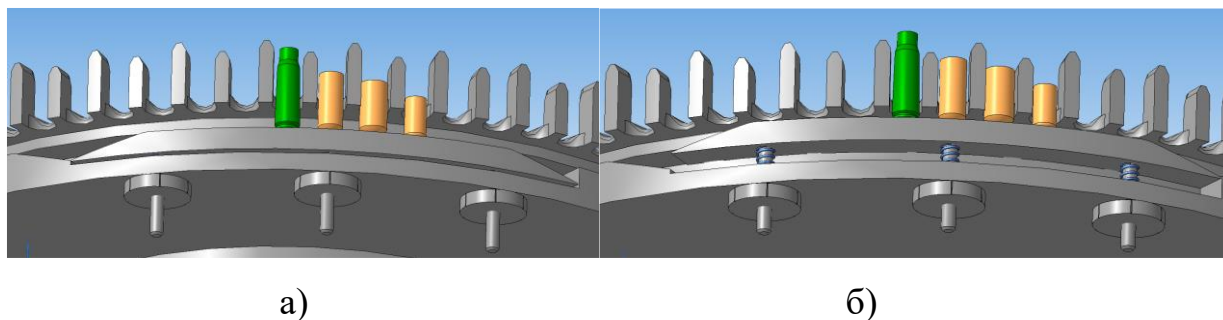


Рисунок 2.5 – Схема регулювання орієнтатора та його перебування у крайньому нижньому (а) та крайньому верхньому (б) положеннях для різних заготовок у формі ковпачка

2.2 Розробка обмежень на конструктивні параметри захоплюючих та орієнтувальних органів пристрою

2.2.1 Визначення діапазонів конструктивних параметрів

На рис. 2.6 представлені розрахункові схеми, за допомогою яких будуть розроблені діапазони значень конструктивних параметрів кишень та регульованого орієнтатора універсального бункерного завантажувального пристрою.

Висота H кишені, утворена верхньою стороною регульованого орієнтатора і крайньої точкою обертового диска, регулюється в діапазоні

$$H_{\text{захв}} \leq H \leq H_{\text{орієнт}}$$

або, описавши умови захоплення та орієнтування заготовок за допомогою розрахункової схеми, представленої рис. 2.7, отримаємо умову

$$l - x_c - 0,5d_1 \text{ctg} \alpha_6 \geq H \geq x_c - 0,5d_1 \text{ctg} \alpha_6, \quad (2.3)$$

де α_6 – кут нахилу диска бункерного завантажувального пристрою, що обертається.

У зв'язку з вищевикладеним верхня ділянка кільцевого орієнтатора повинна починатися не пізніше кута ψ , при якому почнеться пасивне орієнтування заготовок, що неправильно запади в кишеню (рис. 2.8).

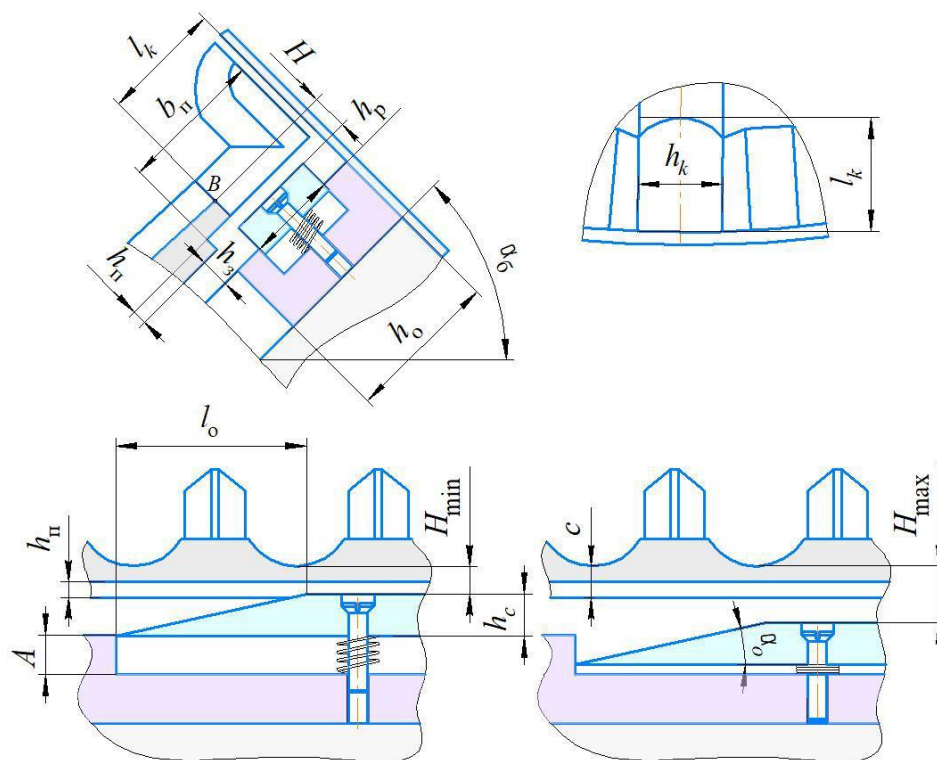


Рисунок 2.6 – Розрахункові схеми розробки обмежень на конструктивні параметри захоплюючих та орієнтувальних органів універсального бункерного завантажувального пристрою

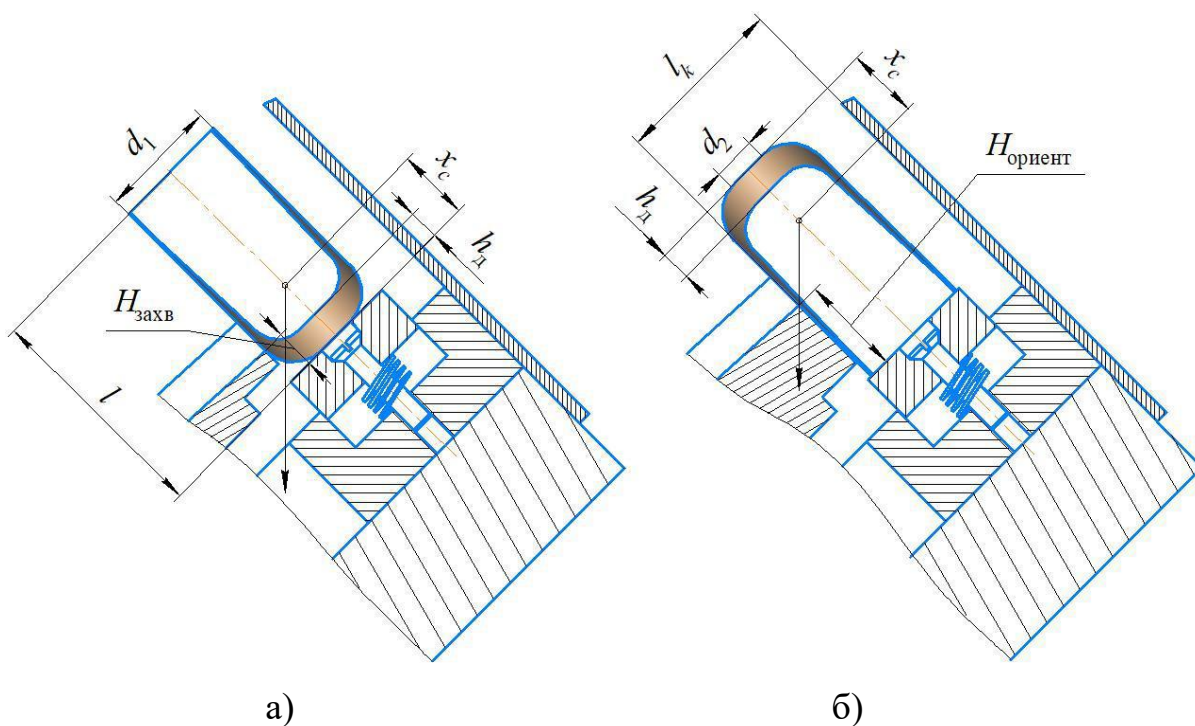


Рисунок 2.7 – Схеми розташування заготовки у кишені вдосконаленого універсального бункерного завантажувального пристрою для визначення параметрів органів захоплення (а) та орієнтування (б)

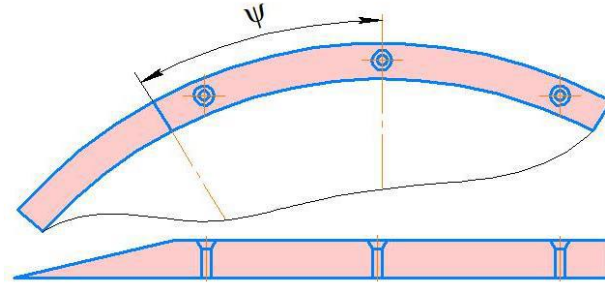


Рисунок 2.8 – Схема розташування найвищої частини регульованого орієнтатора під кутом ψ до вертикальної осі обертального диска

Заготовка у формі ковпачка у початковий момент випадання (пасивного орієнтування) з кишені, утвореної регульованим орієнтатором, боковою поверхнею обертального диска і обичайкою універсального бункерного завантажувального пристрою, показана рис. 2.9.

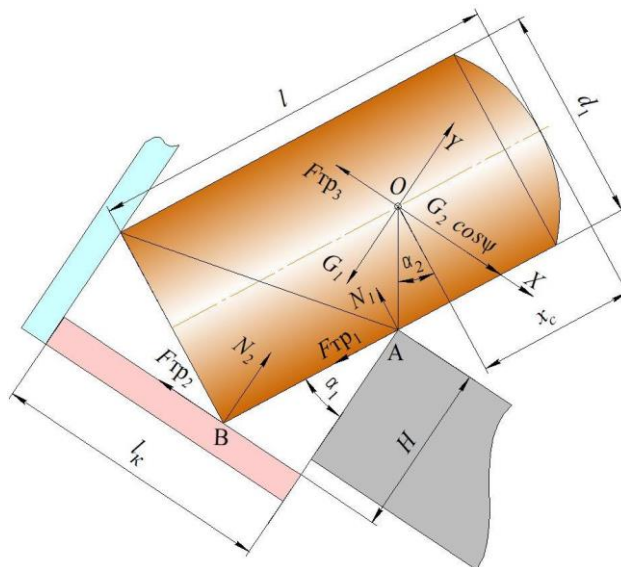


Рисунок 2.9 – Розрахункова схема визначення кута ψ , при якому має завершитися ділянка нахилу орієнтатора

Початковий кут ψ

$$\psi = \arcsin \frac{-\mu A + \sqrt{\mu^2 + 1 - A^2}}{\mu^2 + 1}. \quad (2.8)$$

$$A = \frac{\cos \alpha_6}{\sin \alpha_6} \cdot \frac{1 - \frac{l_{G_1}^A}{l_{N_2}^A + \mu \cdot H} - \frac{l_{G_1}^B \cdot (\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1)}{l_{N_1}^B}}{\frac{l_{G_2}^B \cdot (\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1)}{l_{N_1}^B} - \frac{l_{G_2}^A}{l_{N_2}^A + \mu \cdot H}}$$

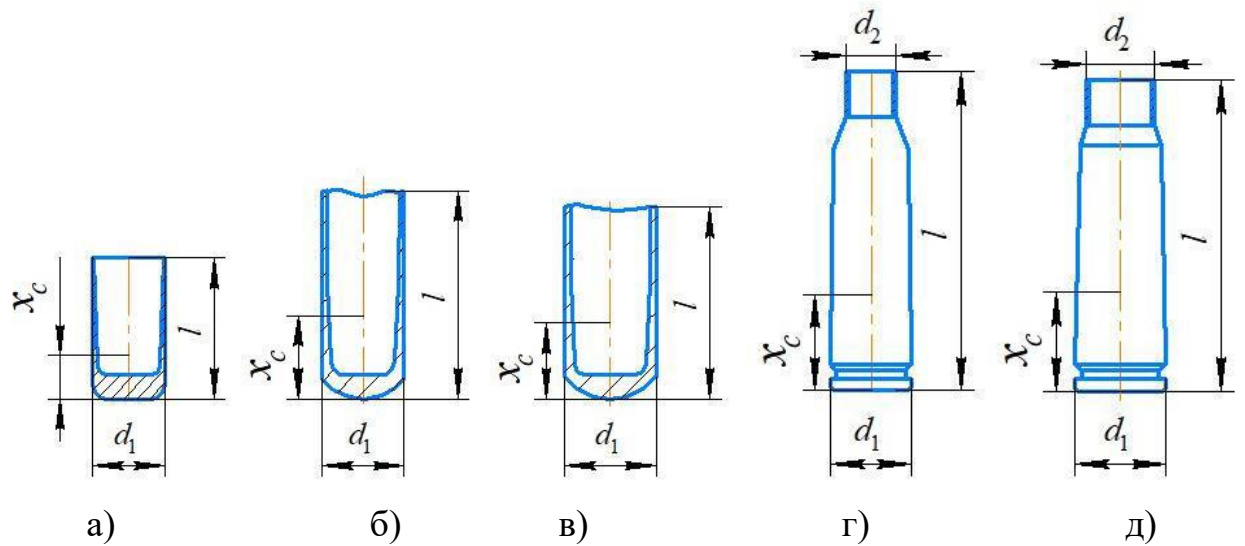
де $A = \cos \psi - \mu \sin \psi$ - параметр, що враховує вплив початкового кута ψ ($A = \cos \psi - \mu \sin \psi$)

2.2.2 Математичне моделювання конструктивних параметрів для різних стрижневих заготовок

Проаналізуємо оптимальні розміри кишень універсального бункерного завантажувального пристрою, при яких він буде надійно функціонувати, для різних форм і розмірів заготовок у формі ковпачка (рис. 2.10). У підписі до рисунків вказані назви заготовок, для яких патронів вони призначені та їх основні геометричні розміри (діаметри торців, довжина та координата центру мас).

На рис. 2.11 представлені результати математичного моделювання висоти кишені при різних співвідношеннях $f = \frac{x_c}{l}$ і довжини кишені в залежності від його висоти для заготовок гільз патрона спортивно-мисливського 9x19, 5,45x39 та 7,62x39, а на рис. 2.12 аналогічні графіки для гільз патрона спортивно-мисливського 5,45x39 та 7,62x39.

На рис. 2.13 наведено результати комплексного математичного моделювання висоти H і довжини l_k кишені при куті $\alpha_6 = 45^\circ$, які дозволять за допомогою графіків визначити допустимі розміри кишені. При цьому висота H визначається залежно від співвідношення координати центра мас заготовки до її довжини, при яких удосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій буде надійно функціонувати, забезпечивши і захоплення, і орієнтування; довжина l_k кишені визначається його висотою H .



а – заготовка гільзи після 4-ї витяжки та обрізки ($d_1=9,88$ мм, $l=19,1$ мм, $x_c=5,91$ мм); б – заготовка гільзи після 2-ї витяжки ($5,45 \times 39$, $d_1=11,16$ мм, $l=27,5$ мм, $x_c=9,57$ мм); в – заготовка гільзи після 2-ї витяжки ($7,62 \times 39$, $d_1=12,46$ мм, $l=24,5$ мм, $x_c=10,48$ мм); г – гільза ($5,45 \times 39$, $d_1=9,97$ мм, $d_2=6,16$ мм, $l=39,48$ мм, $x_c=12,125$ мм); д – гільза ($7,62 \times 39$, $d_1=11,3$ мм, $d_2=8,46$ мм, $l=38,7$ мм, $x_c=12,348$ мм)

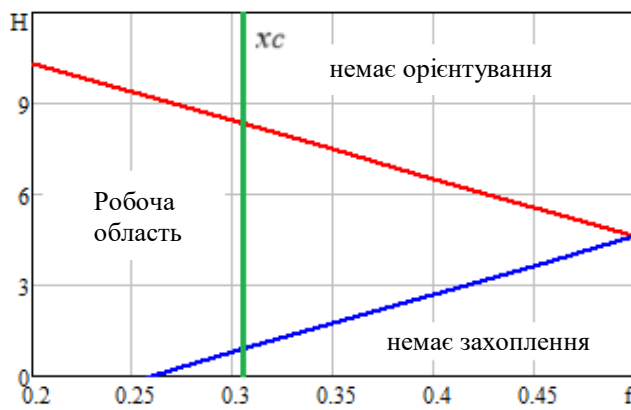
Рисунок 2.10 – Деякі види стрижневих заготовок у формі ковпачка для патрона спортивно-мисливського

За допомогою системи комп'ютерної алгебри визначимо для кожної з трьох розглянутих вище заготовок гільз (див. рис. 2.10, а, б, в) кут ψ , на якому повинен закінчуватися початковий підйом регульованого орієнтатора при різних коефіцієнтах тертя μ та трьох значеннях кутах α_6 нахилу бункера 40° , 45° , 50° . Результати математичного моделювання кута ψ для трьох видів заготовок гільз наведено рис. 2.14. При моделюванні для кожної заготовки гільзи були застосовані ті значення висоти H і довжини l_k кишені, які визначені за допомогою виразів

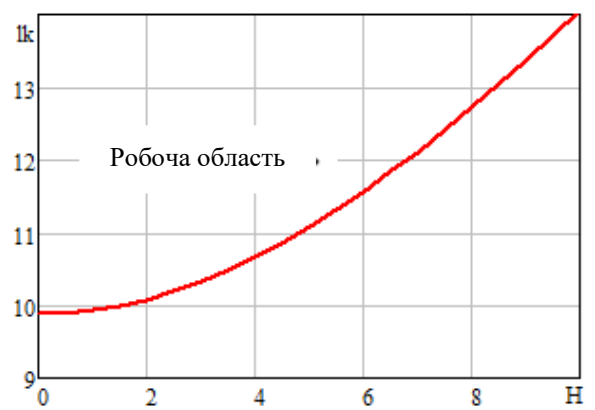
$$l_k > \sqrt{d_1^2 + H^2} \quad (2.2)$$

$$l - x_c - 0,5d_1 \operatorname{ctg} \alpha_6 \geq H \geq x_c - 0,5d_1 \operatorname{ctg} \alpha_6 \quad (2.3)$$

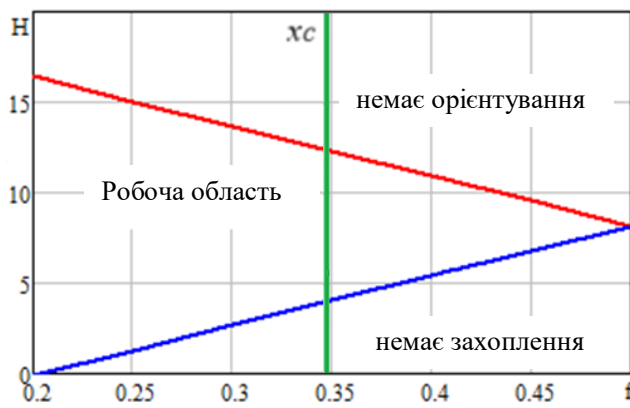
наведені на графіках (див. рис. 2.11).



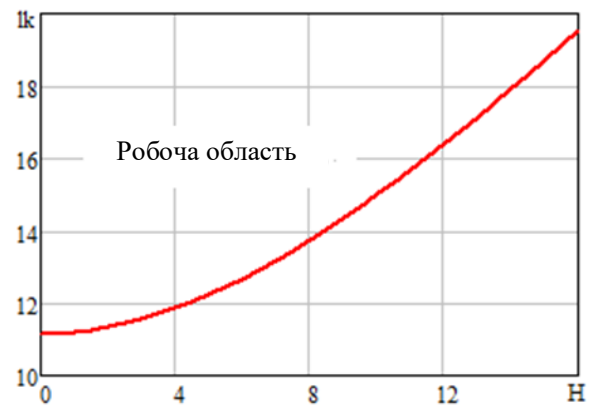
а)



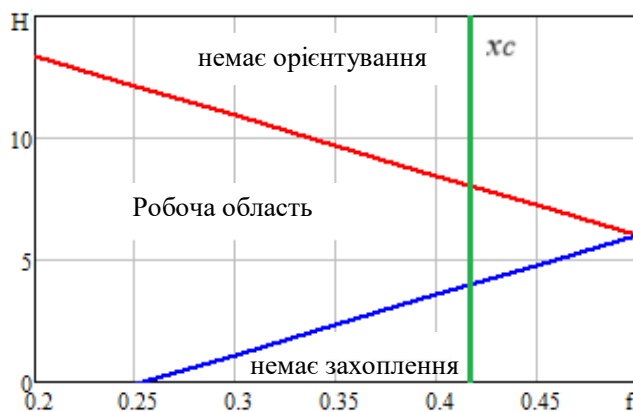
б)



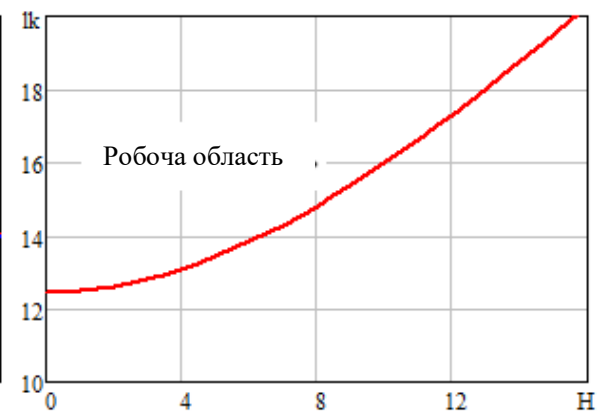
в)



г)



д)



е)

Рисунок 2.11 – Результати математичного моделювання для заготовок гільз патрона спортивно-мисливського 9x19 (а, б), 5,45x39 (в, г) та 7,62x39 (д, е) висоти H кишені (а, в, д) (мм) при різних співвідношеннях f і довжини l_k кишені (б, г, е) (мм) залежно від його висоти H (мм)

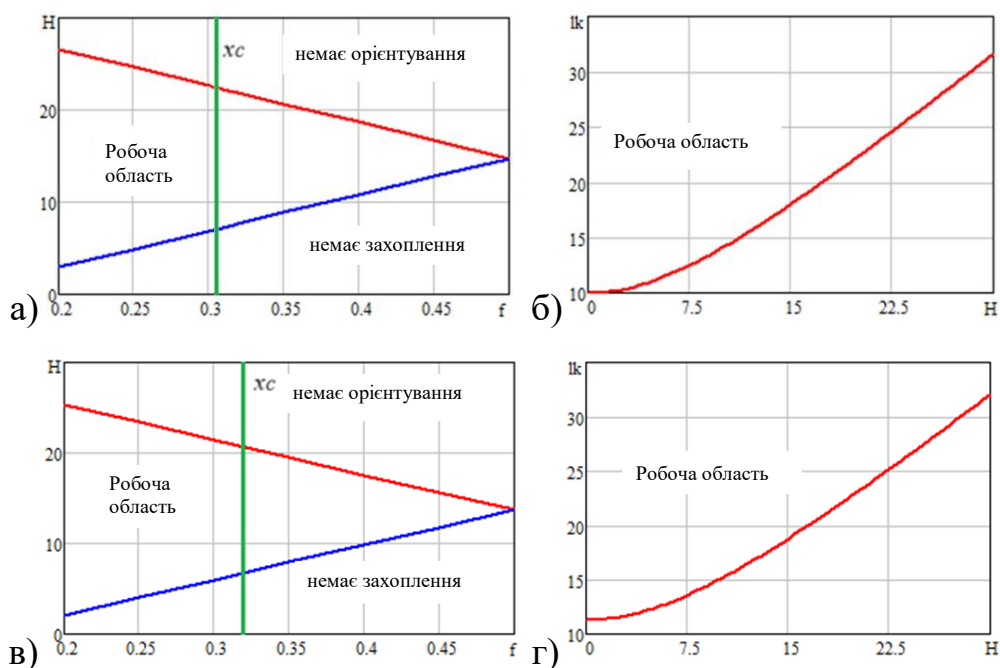


Рисунок 2.12 – Результати математичного моделювання для гільз патрона спортивно-мисливського 5,45 x39 (а, б), 7,62 x39 (в, г) висоти H кишені (а, в) (мм) при різних співвідношеннях f і довжини l_k кишені (б, г) (мм) залежно від його висоти H (мм)

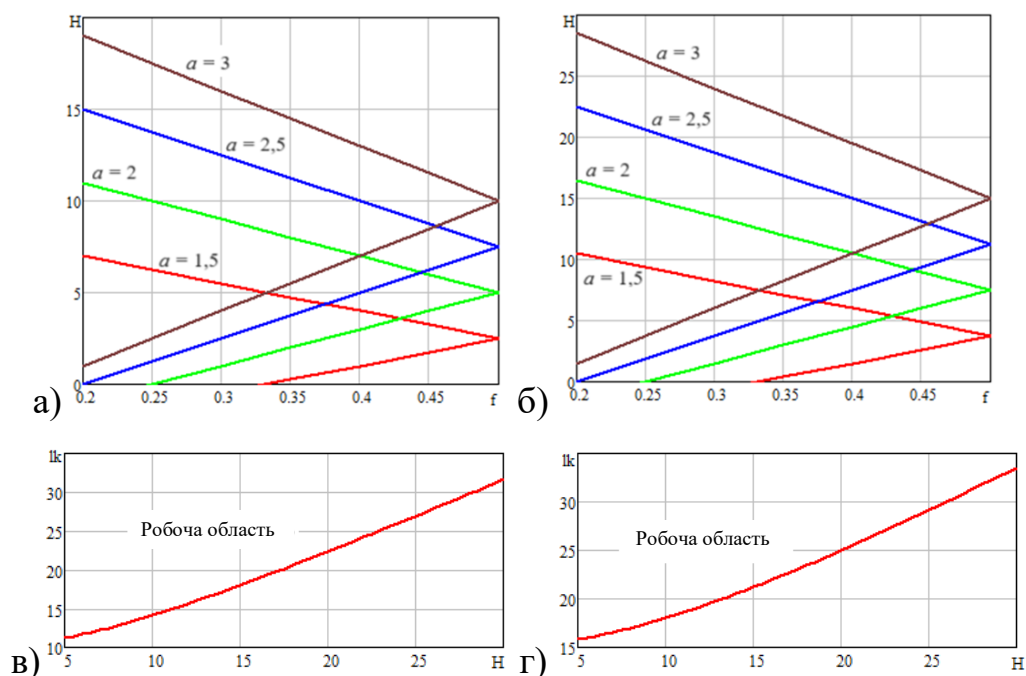


Рисунок 2.13 – Результати комплексного математичного моделювання при діаметрах заготовки $d_1=10$ мм (а, в) і $d_1=15$ мм (б, г) висоти H кишені (в мм) при різних співвідношеннях a та f (а, б) та довжини l_k кишені (в мм) (в, г) універсального бункерного завантажувального пристрою

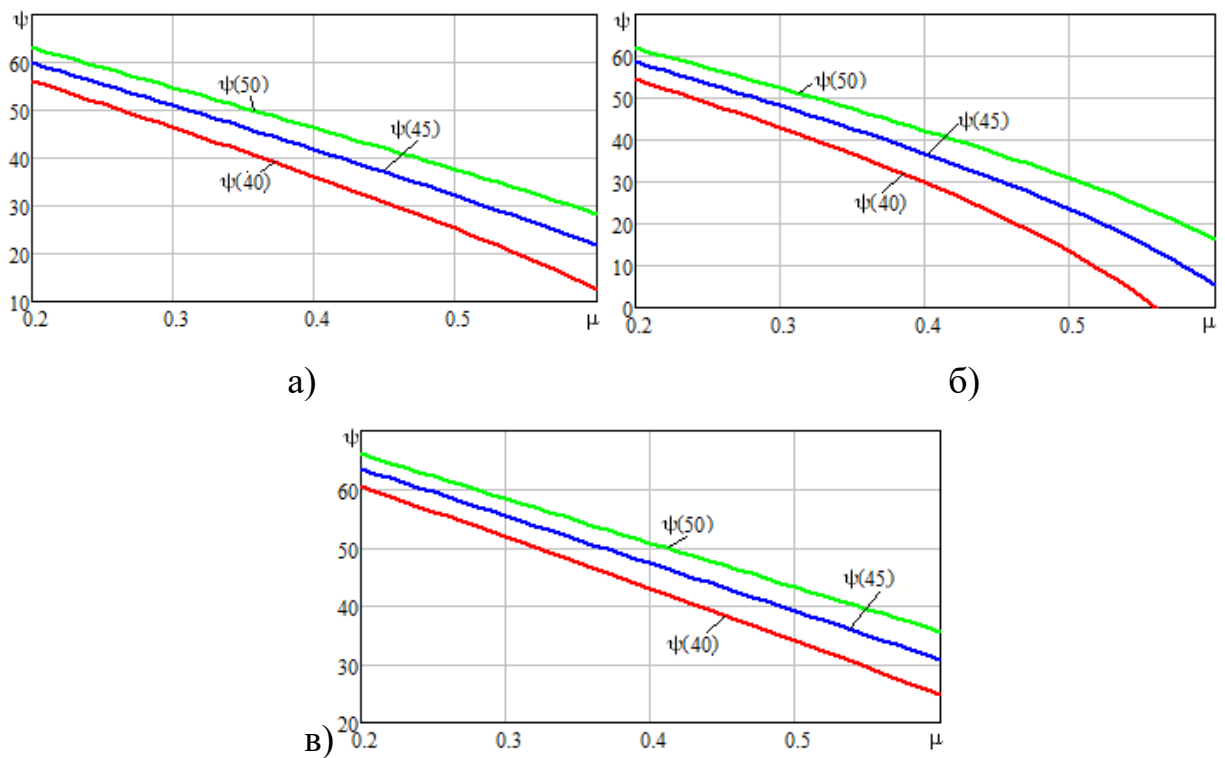


Рисунок 2.14 – Результати математичного моделювання кута ψ (в град), на якому має закінчуватися початковий підйом регульованого орієнтатора, при різних коефіцієнтах тертя та кутах нахилу бункера для заготовок гільз патрона спортивно-мисливського 9x19(а), 5,45x39(б), 7,62x39(в)

3 Теоретичні дослідження продуктивності вдосконаленого бункерного завантажувального пристрою для пустотілих заготовок

3.1 Теоретичне дослідження продуктивності при мінімальному заповненні бункера заготовками

3.1.1 Розробка математичних моделей ймовірності захоплення та продуктивності

На рис. 3.1 представлені розрахункові схеми для визначення ймовірності знаходження на поверхні диска, що обертається, засипаних у бункерний завантажувальний пристрій різних заготовок у формі ковпачка на кожній з їх основних поверхонь – I (найбільший по діаметру торець – ймовірність p_I), II (найменший по діаметру торець – ймовірність p_{II}), III (бічна циліндрична поверхня – ймовірність p_{III}). Відповідно до методики [13-15] визначимо за допомогою рис. 3.1 ймовірності p_I , p_{II} та p_{III} . Отримаємо для представлених на рис. 3.1 заготовок у формі ковпачка такі вирази:

$$p_I = \frac{1}{2} - \frac{l - x_c}{2\sqrt{(l - x_c)^2 + 0,25d_1^4}} \quad \text{- для заготовки (рис. 3.1, а, б, в)} \quad (3.1)$$

$$p_I = \frac{1}{2} - \frac{l - x_c}{2\sqrt{(l - x_c)^2 + 0,25d_2^4}} \quad \text{- для заготовки (рис. 3.1, г)} \quad (3.2)$$

$$p_{II} = \frac{1}{2} - \frac{x_c - l + l_1}{2\sqrt{(x_c - l + l_1)^2 + 0,25d_1^4}} \quad \text{- для заготовки (рис. 3.1, а)} \quad (3.3)$$

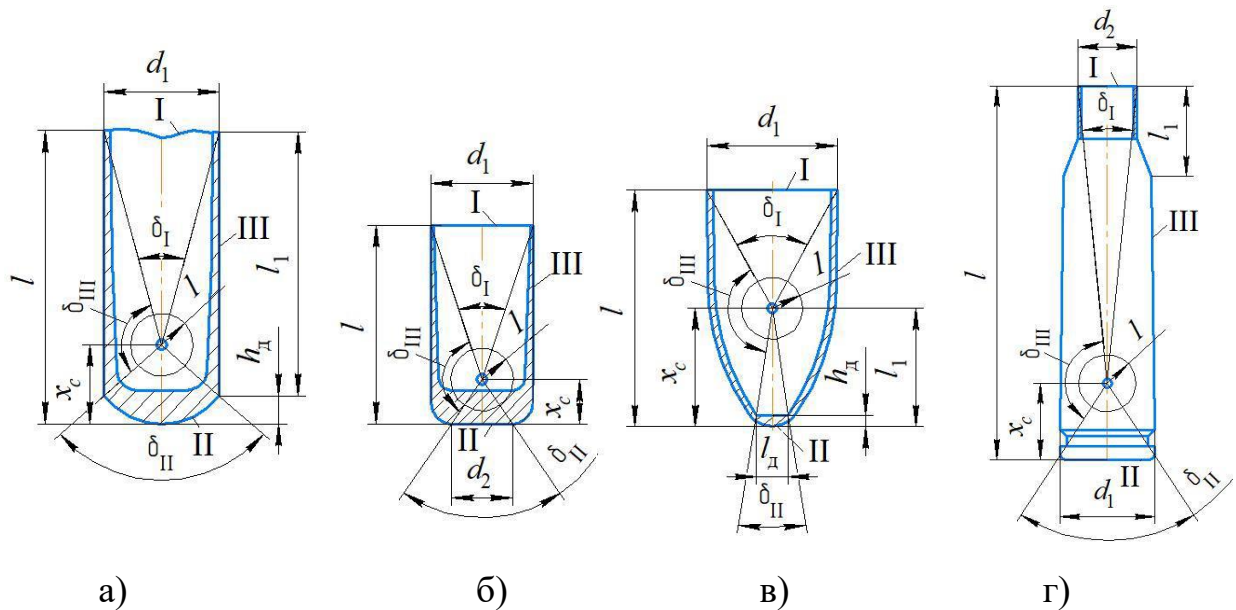
$$p_{II} = \frac{1}{2} - \frac{x_c}{2\sqrt{x_c^2 + 0,25d_2^4}} \quad \text{- для заготовки (рис. 3.1, б)} \quad (3.4)$$

$$p_{II} = \frac{1}{2} - \frac{x_c - h_d}{2\sqrt{(x_c - h_d)^2 + 0,25l_d^4}} \quad \text{- для заготовки (рис. 3.1, в)} \quad (3.5)$$

$$p_{\Pi} = \frac{1}{2} - \frac{x_c}{2\sqrt{x_c^2 + 0,25d_1^4}} \quad - \text{ для заготовки (рис. 3.1, г)} \quad (3.6)$$

$$p_{\text{III}} = 1 - (p_{\text{I}} + p_{\text{II}}) \quad - \text{ для всіх заготовок (рис. 3.1),} \quad (3.7)$$

де $h_{\text{д}}$ та $l_{\text{д}}$ – геометричні розміри дна заготовки (див. рис. 3.1, в); l_1 – геометричні розміри певної ділянки бічної поверхні заготовки (рис. 3.1, а, в, г).



а – напівфабрикат гільзи до обрізки; б – напівфабрикат гільзи після обрізки; в – оболонка кулі; г – гільза

Рисунок 3.1 – Розрахункові схеми до знаходження ймовірностей p_{I} , p_{II} та p_{III} для різних заготовок у формі ковпачка

Ймовірність p_{imin} для всіх представлених на рис. 3.1 заготовок буде визначатися за формулою

$$p_{i_{\min}} = p_{\Pi} + \frac{p_{\text{III}}}{2\pi} \phi, \quad (3.8)$$

де $\phi = \gamma - \beta$ – кут відхилення заготовок від напрямної поверхні радіального паза, що переходить у кишеню, обумовлений його шириною, що сприяє захопленню, а кути γ і β визначаються з розрахункових схем, представлених рис. 3.2.

За допомогою розрахункових схем отримаємо:

- для заготовок рис. 3.2, а, б

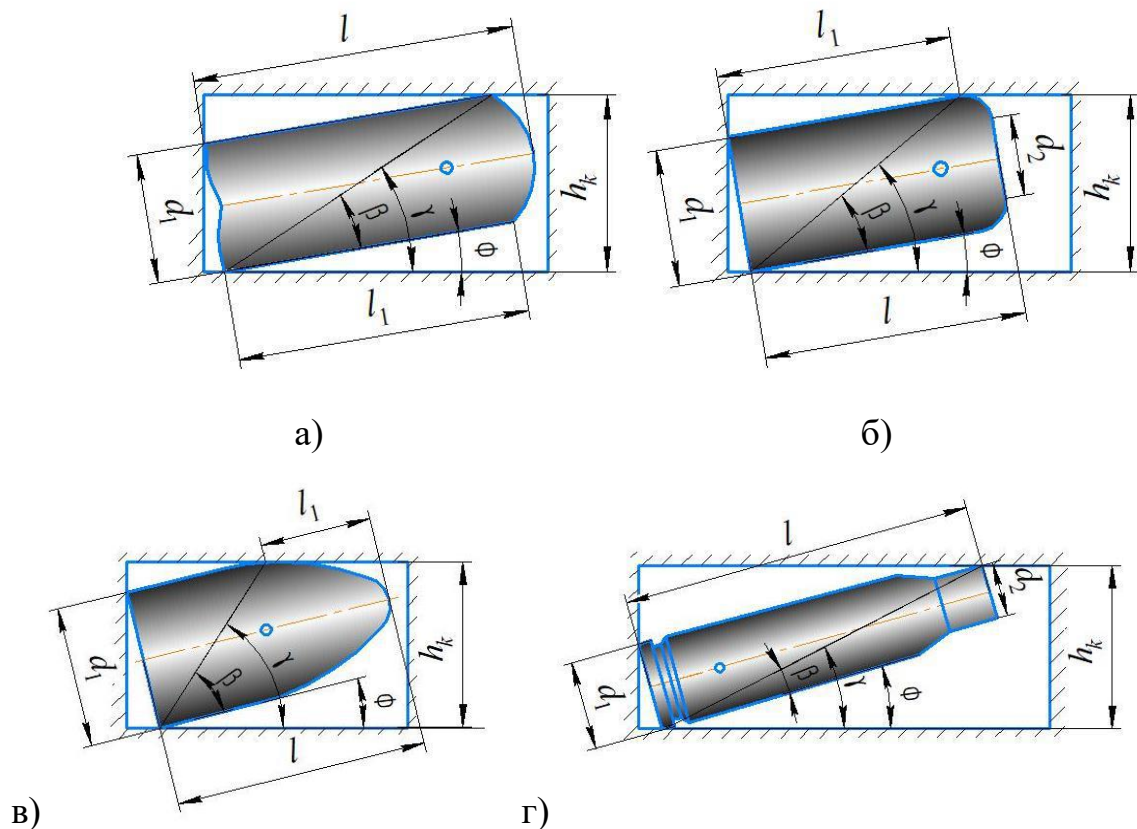
$$p_{i_{\min}} = \frac{p_{\text{III}}}{2\pi} \left(\arcsin \frac{h_k}{\sqrt{d_1^2 + l_1^2}} - \arcsin \frac{d_1}{\sqrt{d_1^2 + l_1^2}} \right); \quad (3.9)$$

- для заготовок рис. 3.2, в

$$p_{i_{\min}} = \frac{p_{\text{III}}}{2\pi} \left(\arcsin \frac{h_k}{\sqrt{d_1^2 + (l - l_1)^2}} - \arcsin \frac{d_1}{\sqrt{d_1^2 + (l - l_1)^2}} \right); \quad (3.10)$$

- для заготовки рис. 3.2, г

$$p_{i_{\min}} = \frac{p_{\text{III}}}{2\pi} \left(\arcsin \frac{h_k}{\sqrt{d_1^2 + l^2}} - \arcsin \frac{d_1}{\sqrt{d_1^2 + l^2}} \right). \quad (3.11)$$



а – напівфабрикат гільзи до обрізки; б – напівфабрикат гільзи після обрізки; в – оболонка кулі; г – гільза

Рисунок 3.2 – Розрахункові схеми визначення кутів γ і β для заготовок у формі ковпачка

На рис. 3.3 представлені всі можливі поєднання поверхонь певних видів заготовок у формі ковпачка один з одним.

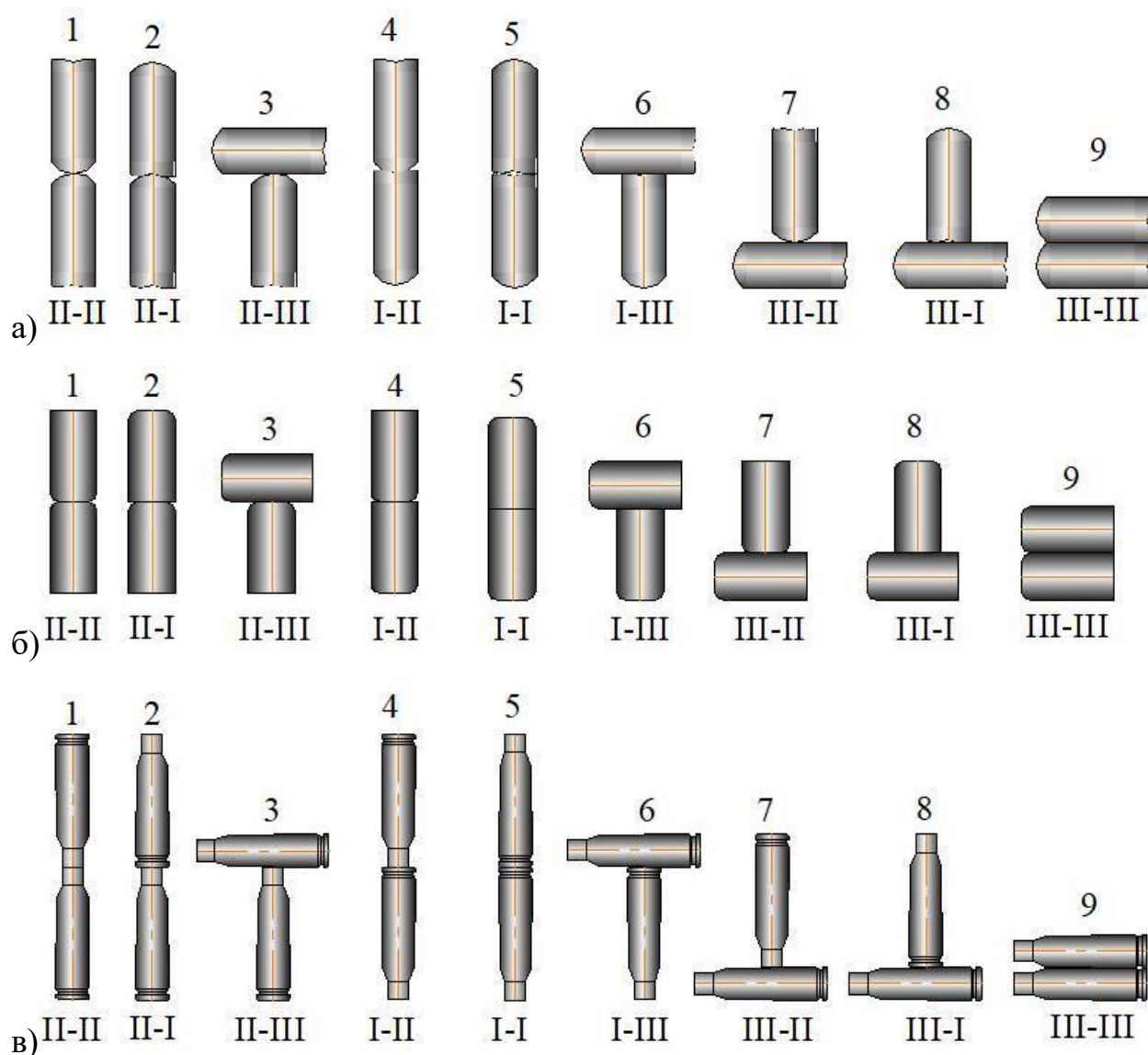


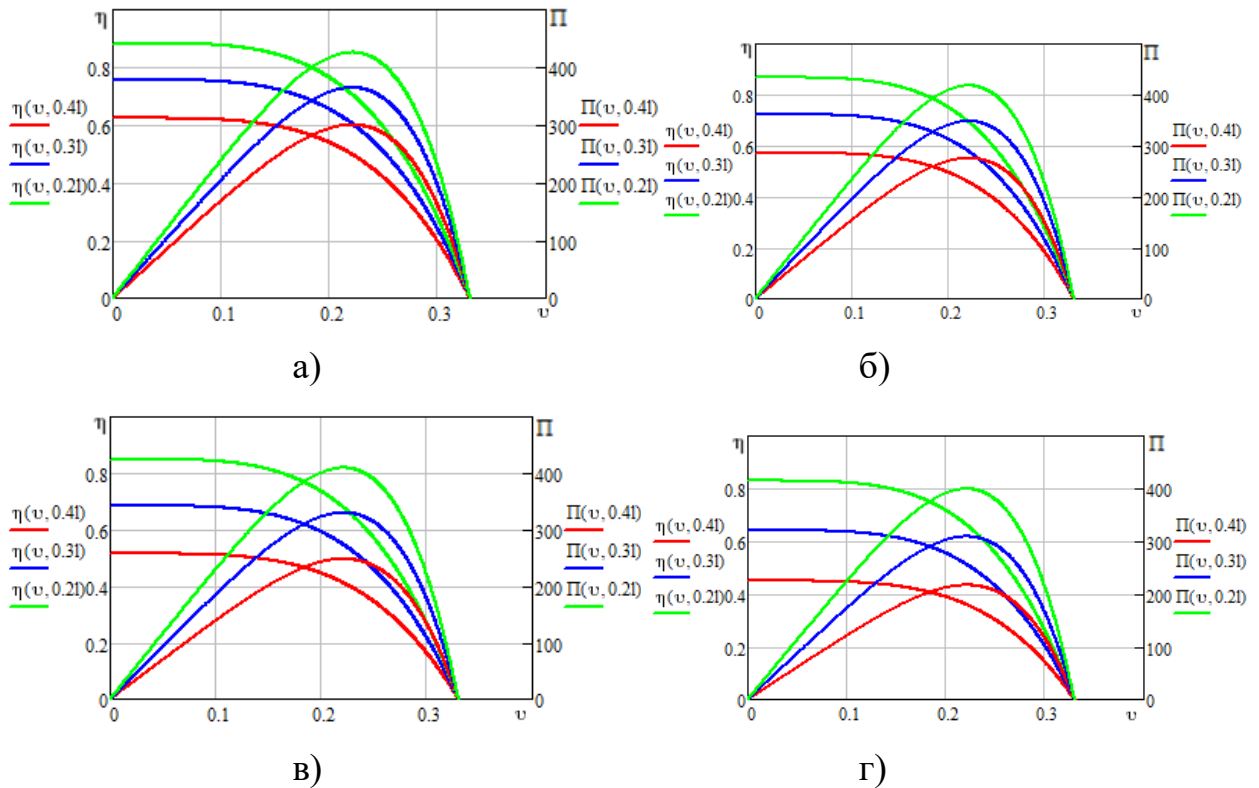
Рисунок 3.3 – Можливі поєднання поверхонь трьох видів заготовок: напівфабрикати гільзи до обрізки (а) та після обрізки (б), гільза (в)

3.1.2 Математичне моделювання ймовірності захоплення та продуктивності

На рис. 3.4 представлені залежності ймовірності захоплення та продуктивності універсального бункерного завантажувального пристрою при

різних співвідношеннях координати центру мас до довжини заготовки

$\frac{x_c}{l} = 0.4; 0.3; 0.2$ та значення коефіцієнта тертя $\mu = 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$.



а – 0,2; б - 0,3; в – 0,4; г – 0,5

Рисунок 3.4 – Графіки залежності ймовірності захоплення та продуктивності (шт/хв) універсального бункерного завантажувального пристрою від окружної швидкості захоплюючих органів (м/с) при різних співвідношеннях координати центру мас до довжини заготовки $\frac{x_c}{l} = 0.4; 0.3; 0.2$ і значення

коефіцієнта тертя

На ймовірність захоплення заготовок в універсальному бункерному завантажувальному пристрої та його продуктивність найбільший вплив мають коефіцієнт тертя і координати положення центру мас. Розроблені математичні моделі дозволяють визначити чисельні значення ймовірності захоплення та продуктивності бункерного завантажувального пристрою та оцінити, що на них впливає найбільше, щоб скоригувати ці значення – підвищити або знизити ці значення відповідно до виробничої необхідності.

3.2 Методика проектування вдосконаленого пристрою

Методика проектування універсального бункерного завантажувального пристрою з зубами і регульованим орієнтатором представлена на рис. 3.5.

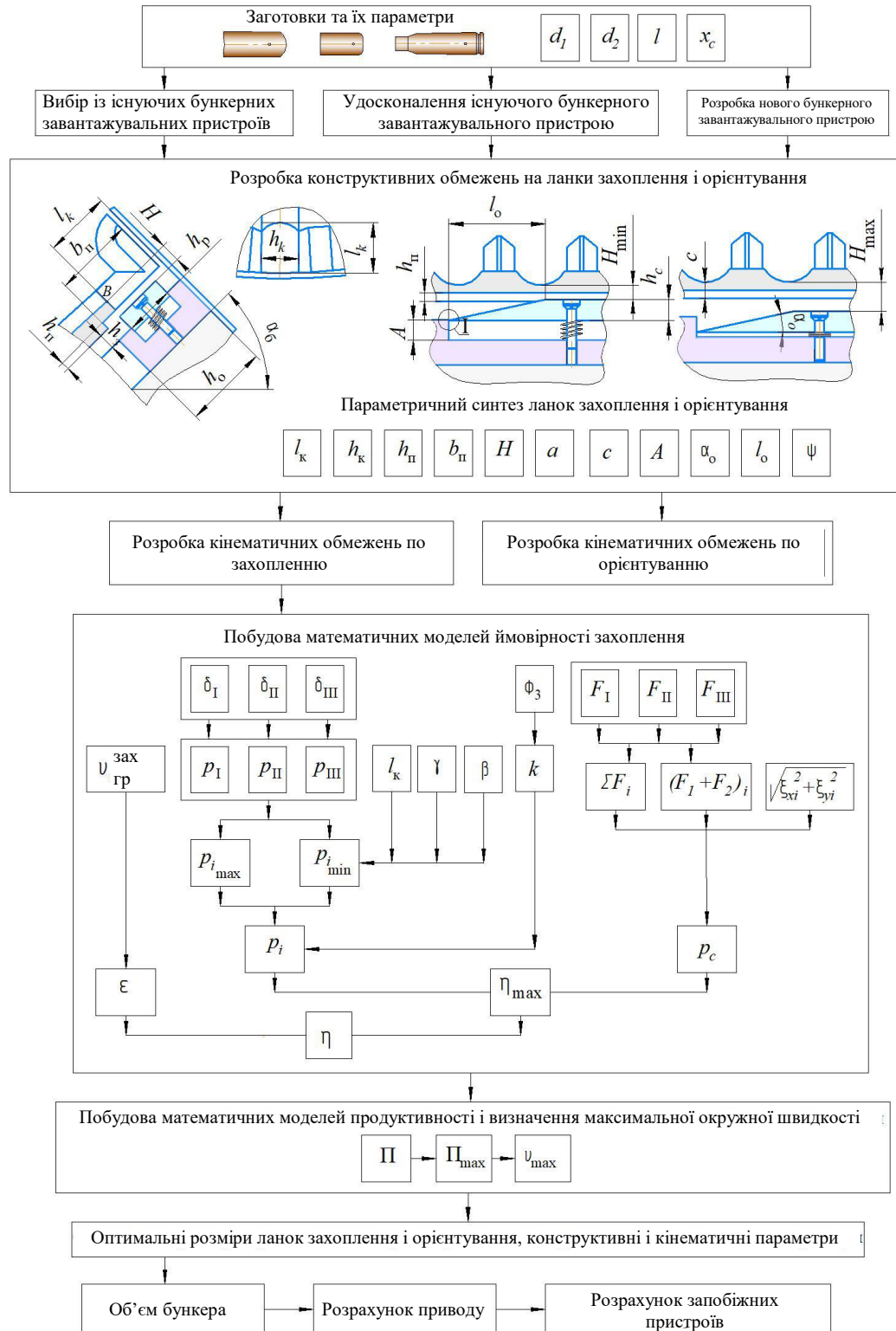


Рисунок 3.5 – Методика проектування універсального бункерного завантажувального пристрою із зубами та регульованим орієнтатором

Все це дозволяє отримати математичну модель ймовірності захоплення стрижневих заготовок у формі ковпачка в універсальному бункерному завантажувальному пристрої:

$$\eta = [1 - (1 - p_{i_{\max}})^3 (1 - p_{i_{\min}})^k] \times \\ \times \left[1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot n \cdot \sum F_i} \sum_{i=1}^{n^2} \left[\sqrt{\xi_{xi}^2 + \xi_{yi}^2} \times (F_1 + F_2)_i \right] \right] \left(1 - \frac{v^4}{v_{\text{гр}}^4} \right).$$

Математична модель фактичної продуктивності бункерного завантажувального пристрою:

$$\Pi = \eta \cdot \frac{60v}{t}.$$

3.3 Приклад розрахунку та проектування удосконаленого пристрою

Результати математичного моделювання ймовірності захоплення заготовки гільзи після другої витяжки та продуктивності універсального бункерного завантажувального пристрою продемонстровані на рис. 3.6.

Конфігурація заготовок наведені на рис. 3.7.

На рис. 3.8 і 3.9 наведено результати обробки експериментальних даних для заготовок видів І та ІІ, а також результати порівняння експериментально отриманих графіків ймовірності захоплення та продуктивності універсального бункерного завантажувального пристрою з теоретичними, отриманими в результаті побудови математичних моделей за розробленими вище моделями залежно від виду заготовки. Крапками на графіках (рис. 3.8, б і 3.9, б) показані розраховані за експериментами значення ймовірності захоплення.

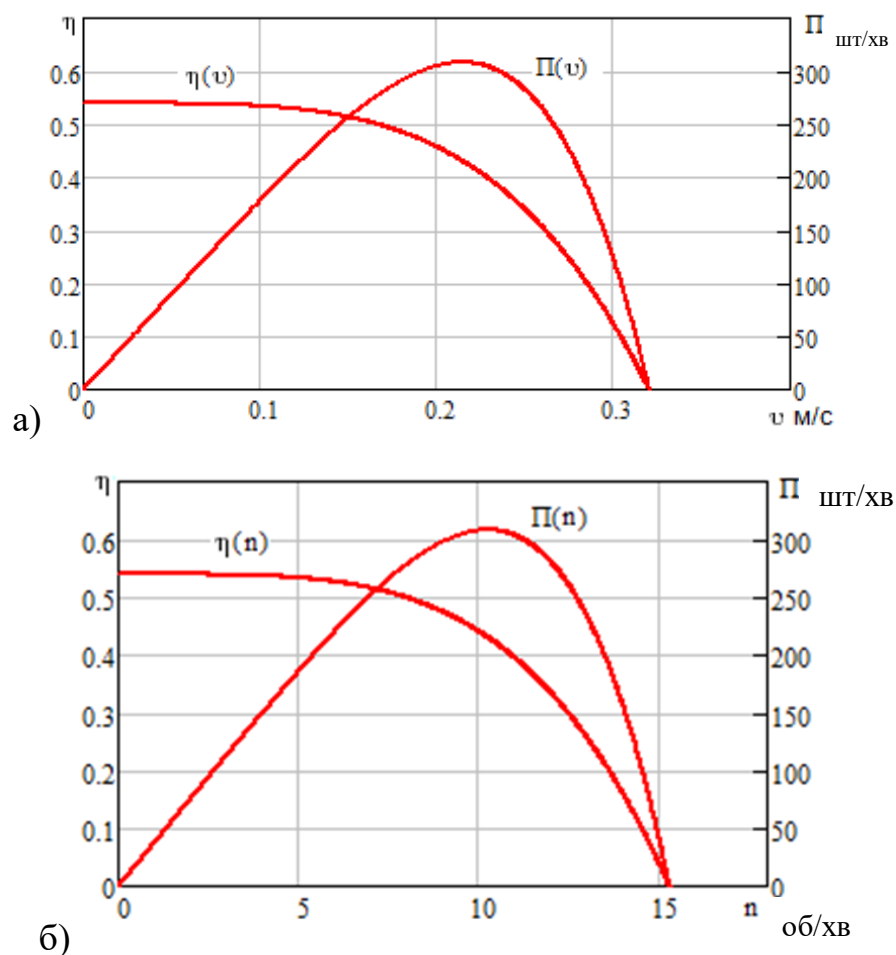


Рисунок 3.6 – Візуалізація отриманих теоретично математичних моделей ймовірності захоплення та продуктивності універсального бункерного завантажувального пристрою від окружної швидкості захоплюючих органів (а) або частоти обертання диска (б)

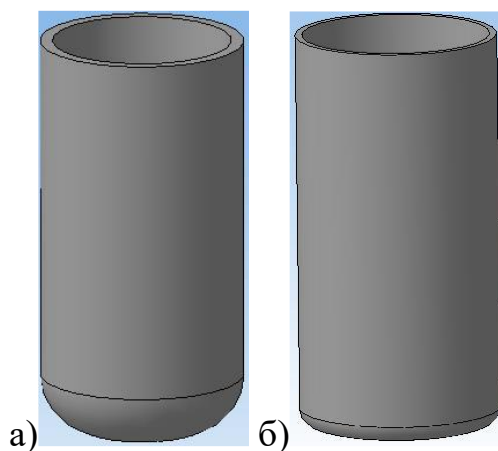


Рисунок 3.7 – Заготовки для проведення експериментальних досліджень та їх 3D-моделі: а – вид І; б - вид ІІ

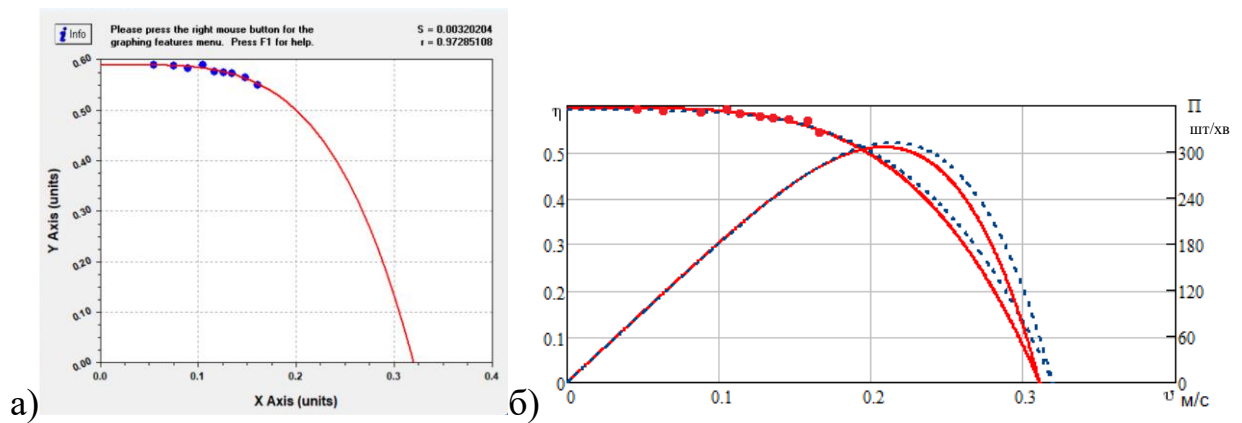


Рисунок 3.8 – Результати обробки експериментальних даних для заготовок виду I (а) та порівняння теоретичних (---) та експериментальних (-----) моделей (б)

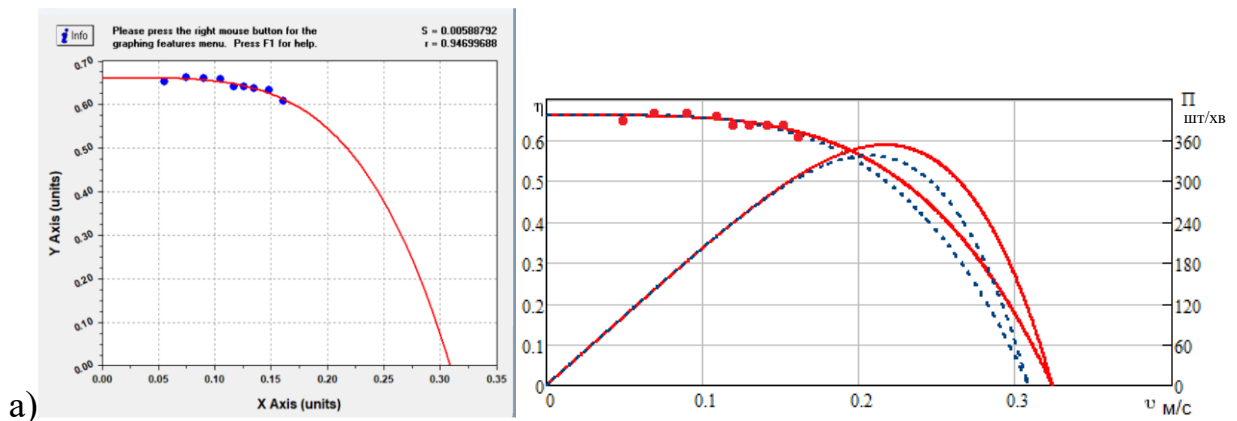


Рисунок 3.9 – Результати обробки експериментальних даних для заготовок виду II (а) та порівняння теоретичних (---) та експериментальних (-----) моделей (б)

На рис. 3.10 представлені результати проведеного експерименту – експериментальні значення ймовірності захоплення та продуктивності універсального бункерного завантажувального пристрою при різних значеннях окружної швидкості захоплюючих органів та рівнях заповнення бункера заготовками у формі ковпачка виду I.

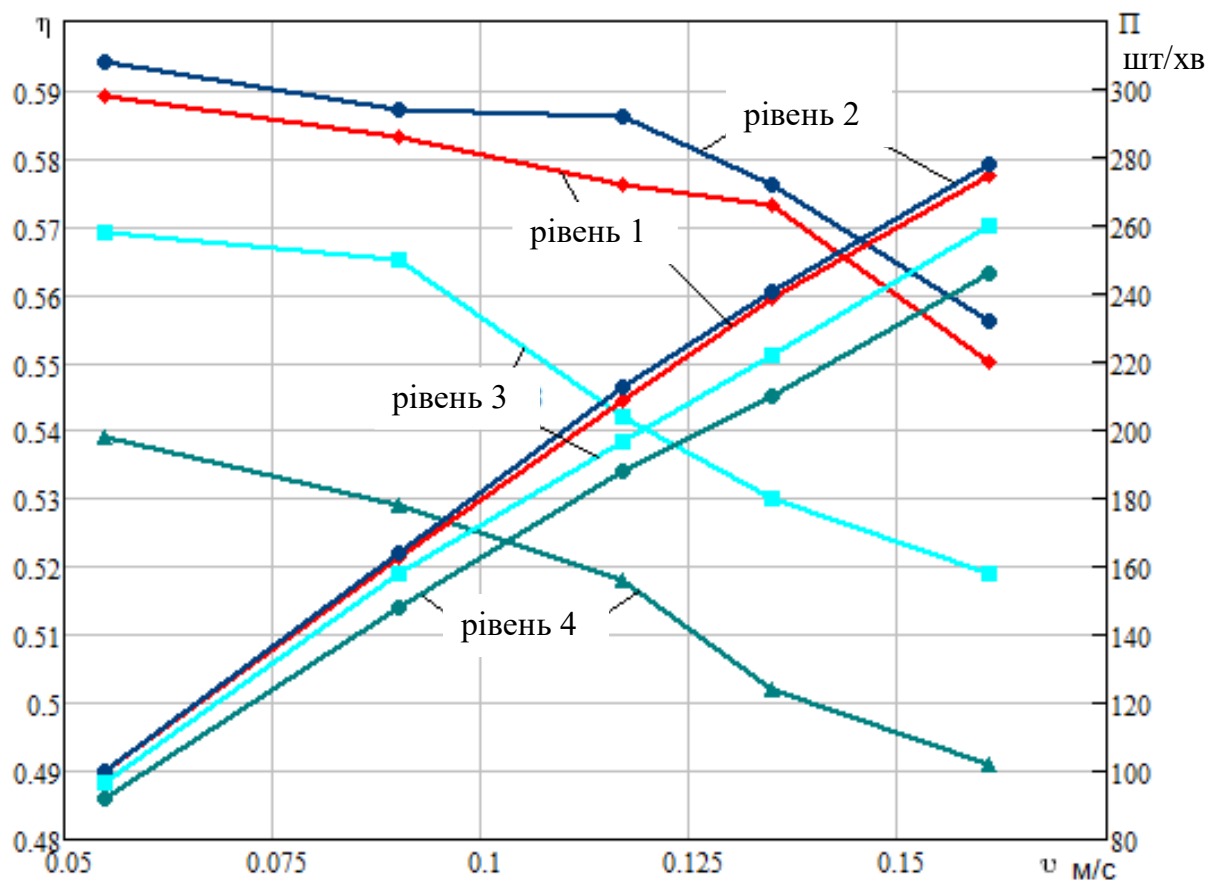


Рисунок 3.10 – Експериментальні значення ймовірності захоплення та продуктивності універсального бункерного завантажувального пристрою при різних значеннях окружної швидкості захоплюючих органів та рівнях заповнення бункера заготовками

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Будь-яка діяльність у сучасних умовах може мати потенційні ризики. Тому важливо, щоб роботодавці розуміли необхідність забезпечення безпеки праці та розробки відповідного методичного інструментарію. Цей процес повинен включати практичні заходи для захисту учасників трудового колективу від будь-яких можливих небезпек і загроз. Необхідно підкреслити, що безпека праці є ключовим пріоритетом для будь-якого підприємства, оскільки вона не лише захищає працівників, але й забезпечує стабільність та продуктивність виробництва. Ефективність системи управління безпекою праці може значно покращити якість продукції та конкурентоспроможність підприємства в цілому. Інвестування в безпеку праці є не лише етичним обов'язком, але й стратегічним рішенням, спрямованим на забезпечення сталого розвитку бізнесу.

На проектувальника в процесі розробки та виготовлення конструкції дискового бункерного завантажувального пристрою для стержневих заготовок., можуть мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; пряма і відбита блискість; підвищена яскравість; понижена контрастність; недостатня освітленість робочої зони; машини, що рухаються, автотранспорт і механізми; падаючі вироби техніки, інструмент і матеріали під час роботи.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичні та динамічні перевантаження.

3. Хімічні: шкідливі речовини в повітрі робочої зони.

Відповідно до зазначеного формуємо технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

На місцях механічної обробки деталей та проведення складальних робіт, небезпечні ситуації можуть виникати у разі небезпечних зон або швидкого формування умов, що становлять загрозу. Ці умови можуть виникнути через ризиковані дії або несприятливі обставини, які можуть вплинути на працівника під час виконання виробничих операцій. Це може призвести до реальних загроз для здоров'я, викликаних небезпечними факторами аварійної ситуації. Виробничі процеси в цехах машинобудівного підприємства потенційно містять безліч небезпечних сценаріїв через присутність небезпечних чинників. Ці ситуації вимагають посиленої уваги до безпеки праці та вжиття відповідних заходів запобігання. Необхідно постійно оновлювати та вдосконалювати системи безпеки, враховуючи можливі ризики та потенційні аварії. Ефективне навчання персоналу та встановлення чітких процедур у разі виникнення небезпечних ситуацій є важливими складовими забезпечення безпеки на робочому місці.

Небезпечні ситуації, які постійно існують чи виникають під час робіт у цехах можна згрупувати на ті, які:

- демонструють стан або потенційну небезпеку виробничого обладнання, верстатів або робочого місця через такі фактори, як наявність гострих ріжучих елементів, відсутність або несправність огородження, передачі обертального моменту, відсутність спеціальних блокувальних пристроїв, а також за допомогою звукової чи світлової сигналізації та інших параметрів, що вказують на потенційну небезпеку;

- змушують працівника до недоцільних дій або помилок під час виконання операцій через ряд чинників, таких як недосконалий технологічний процес, дефекти у конструкції та роботі агрегатів, що проявляються у функціонуванні верстатів чи іншого обладнання. Також, ці

фактори можуть бути викликані низькою кваліфікацією працівника та відсутністю адекватного контролю щодо безпеки праці;

- призводять до виникнення інших потенційно небезпечних ситуацій, таких як конструктивні недоліки пристроїв, агрегатів чи обладнання, неправильне закріплення заготовок, раптовий вихід із ладу обертової частини верстату, несправність контрольного обладнання тощо;

- призводять до виникнення ситуацій, які створюють ризик отримання травм (відсутність або несправність засобів індивідуального та колективного захисту, блокувальних і запобіжних пристроїв, неправильна організація робочого простору, серйозні недоліки у допоміжних пристроях чи спорядженні, неправильні або аварійні режими роботи обладнання, непридатний інструмент тощо).

Під час виконання механічних операцій у цеху, таких як точіння, свердлення, обрізання, фрезерування, пресування та інші, працівник може опинитися в небезпечній зоні, де присутні різноманітні небезпечні чинники, що можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій. Залежно від умов та обставин може виникнути одна або кілька таких ситуацій, які можуть мати наслідком аварію, травму чи безпечну ситуацію. Небезпечні зони у підрозділах машинобудівних підприємств можуть бути або змінними (переміщаються у просторі), або постійними (зафіксовані стаціонарно). На кожній стадії виробничого процесу існують можливість виникнення аварійних ситуацій, які загрожують якості роботи, так і безпеці працівників. Для запобігання формування небезпечних ситуацій у цехах машинобудівного підприємства доцільно впроваджувати такі профілактичні заходи: періодичні інструктажі з безпеки праці, пропаганда безпеки праці, контроль безпечності техніки, проектів заходів з удосконалення технічних засобів безпеки та ін.

Для безаварійної роботи у галузі машинобудування необхідно, щоб були вжиті всі необхідні заходи з технічного обслуговування та профілактики обладнання. Вимоги безпеки відображені в нормативних документах, наприклад НПАОП 29.2-1.01-58, НПАОП 0.00-1.42-83, НПАОП 28.52-1.31-13

та інших. Також важливо навчати персонал щодо правил безпеки й експлуатації обладнання. Необхідно постійно вдосконалювати системи контролю та моніторингу стану обладнання для вчасного виявлення можливих проблем. На час робіт підвищеної небезпеки (ремонт машин і обладнання, піднімання вантажів, розбирання техніки, випробувальні роботи з високим тиском та ін.) повинен бути контроль посадових осіб за дотриманням працівниками вимог безпеки.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

У підрозділі розглянуті технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії під час розробки та проектування дискового бункерного завантажувального пристрою для стержневих заготовок., яке здійснювалося на виробничому підприємстві.

4.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничого приміщення важливий, зважаючи на необхідність забезпечення комфортних умов праці та ефективності виробничих процесів. Він містить такі параметри, як температура, вологість, швидкість руху повітря, а також рівень теплового випромінювання. Особливості мікроклімату в механічному цеху залежать від типу обладнання, наявних технологічних процесів, та організації приміщення. У такому цеху часто спостерігається підвищена температура через нагрівання обладнання. За енерговитратами робота проектувальника згідно Гігієнічної класифікація праці відноситься до категорії I б. Нормовані значення параметрів мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.4.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99)

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	Температура $t, ^\circ\text{C}$	Вологість $W, \%$	Швидкість руху повітря $V, \text{м/с}$
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,2

Для забезпечення нормального мікроклімату в механічному цеху необхідно проводити наступні заходи:

1. Впровадження ефективної системи вентиляції. Це передбачає належне обслуговування та очищення вентиляційних систем, регулювання об'єму повітря, що надходить, та провітрювання приміщення.

2. Для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

У робочій зоні механічного цеху повітря може містити різні складові, залежно від характеру виробничих процесів та використовуваних матеріалів. Основні небезпечні речовини, які можуть бути: металева та неметалева стружка (з'являється під час обробки металу), вуглекислий газ (з'являється під час певних виробничих процесів, наприклад зварювання), пил та інші аерозольні частки (внаслідок від шліфування, точіння та інших операцій) тощо. Забруднене повітря викликає інфекції дихальних шляхів, його також вважають однією з причин раку легень та хронічного обструктивного захворювання легень. Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ (CO ₂)	3	1	4
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється видалення шкідливих речовин, що потрапляють у повітря робочої зони, за рахунок механічної вентиляції. Кількість пилу, що наявна в приміщенні, зменшується за допомогою систематичного вологого прибирання.

4.2.3. Виробниче освітлення

Недостатня освітленість виробничих приміщень може спричиняти втомлюваність та знижену увагу, що в свою чергу призведе до появи помилок та збоїв у роботі. Вибір яскравості та рівня освітлення важливий для забезпечення загального самопочуття, здорового сну, підвищення імунітету та нормальної функціонування нервової системи.

Освітлення в механічному цеху має свої особливості через специфіку виробничих процесів і вимоги безпеки. Тут використовуються світлодіодні та люмінесцентні лампи, які забезпечують потужне та рівномірне освітлення. Важливо правильно розташовувати джерела світла, щоб уникнути тіней та освітленість була достатньою на всіх робочих місцях. Додатково можуть використовуватися рухомі ліхтарі або підсвічування для роботи з деталями.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 для умов виконання поставленого завдання зазначені у таблиці 4.3:

Таблиця 4.3. Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	Від 0,3 до 0,5	III	Г	великий	світлий	800	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення систематично здійснюється чищення віконного скла та очищення ламп від пилу, а також систематична заміна світильників, що перегоріли.

Для забезпечення достатнього освітлення у виробничому приміщенні необхідно

- провести аналіз робочих зон і визначити оптимальні рівні освітлення для кожного робочого місця, оскільки рівень освітленості залежить від виду робіт та потреб працівників:

- вибрати світлодіодні або люмінесцентні лампи, які забезпечують потужне та ефективне освітлення. Також необхідно врахувати можливість регулювання яскравості світла для адаптації до різних умов роботи;

- в зонах з особливими вимогами до освітлення слід встановити додаткові джерела світла;

- регулярно перевіряти роботу світильників, підтримувати їх в чистоті та вчасно замінювати перегорівши лампи.

4.2.4. Виробничий шум

У виробничих цехах джерелами шуму можуть бути різноманітні обладнання та механізми, такі як верстати для обробки металу, фрезерні верстати, преси, різальні і зварювальні апарати, конвеєри, а також рухомі деталі та механізми. Також джерелами шуму можуть бути робочі операції, які супроводжуються великими вібраціями, ударними звуками або тріском. Наприклад, різання, шліфування, свердління, вибивання, кування та інші процеси механічної обробки металу. Такий шум може мати негативний вплив на здоров'я працівників. Він може викликати стрес, порушення концентрації та уваги, зниження продуктивності роботи, а також спричинити низку захворювань, зокрема серцево-судинних та нервових. Довготривалий вплив шуму може призвести до постійного пошкодження слуху, а у деяких випадках навіть до часткової або повної втрати слуху. Тому контроль рівня шуму та заходи з його зменшення є важливими для забезпечення безпеки та здоров'я працівників.

Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку L_A в досліджуваному приміщенні наведені у таблиці 4.4. (згідно ДСН 3.3.6.037-99).

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньо-геометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для зменшення шуму в виробничому приміщенні та забезпечення безпеки працівників необхідно здійснювати такі заходи:

1. Встановлення звукоізоляційних матеріалів для поглинання звукових хвиль та запобігання їх поширенню, де це технологічно обґрунтовано.
2. Використання звукоізолюючих конструкцій, які дозволяють відокремити джерела шуму від робочих зон.
3. Застосування технологічних засобів для зменшення шуму у джерелі, таких як шумопоглинальні кожухи обшивки для машин та верстатів.
4. Регулярне технічне обслуговування та налагодження обладнання для запобігання виникненню джерел шуму через несправність чи зношеність деталей.
5. Використання засобів індивідуального захисту за потреби.
6. Проведення регулярних аудитів безпеки для виявлення нових джерел шуму та впровадження відповідних заходів з їх зменшення.

4.2.5. Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У виробничому приміщенні наявна вібрація типу – За (технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання). Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в таблиці 4.5.

Для зменшення дії вібрацій на працівників передбачено:

- динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;

– застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружно-демпфувальним низом.

Таблиця 4.5. Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$
Локальна вібрація										

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

4.2.6 Психофізіологічні фактори

Оцінка впливу психофізіологічних факторів під час виконання завдання здійснювалася відповідно до Гігієнічної класифікації праці, з урахуванням рівня шкідливості та небезпечності факторів у виробничому середовищі, а також важкості та напруженості трудового процесу. Ця оцінка спрямована на забезпечення оптимальних умов праці, які мінімізують негативний вплив на здоров'я працівників та включає аналіз різноманітних факторів.

Загальні енергозатрати організму: до 174 Вт.

Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну): до 40 000.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну: до 50 раз.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

- зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму;

- сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів;

- розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Сенсорні навантаження:

- зосередження (%за зміну) – до 5-75%;

- щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

- навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

- спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.

- навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 16 до 20.

Емоційне навантаження:

- ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи;

- ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Режим праці:

- тривалість робочого дня – більше 8 год;

- змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

ВИСНОВКИ

1 Представлено вдосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій із зубами та регульованим орієнтатором, виконаним у вигляді кільцевого сектора для стрижневих заготовок різної довжини, що перевищує діаметр в 1,3–4 рази. Удосконалений бункерний завантажувальний пристрій може бути використаний для заготовок різних форм в межах певних значень їх діаметрів, обмежених шириною кишені, і довжин, обмежених можливостями регулювання орієнтатора по висоті.

2 Розроблені з урахуванням умов захоплення та орієнтування заготовок обмеження на конструктивні параметри захоплюючих та орієнтуючих органів удосконаленого бункерного завантажувального пристрою, що включають описані математичними залежностями робочі діапазони значень ширини, довжини і висоти кишень, геометричні параметри регульованого орієнтатора, при яких представлені результати математичного моделювання конструктивних параметрів захоплюючих і орієнтуючих органів як для конкретних видів стрижневих заготовок у формі ковпачка, так і для його комплексного використання для різних за довжиною і формами заготовок та оцінено вплив на зазначені параметри розмірів заготовок, коефіцієнта тертя між заготовками.

3 Розроблено математичні моделі ймовірності захоплення та продуктивності удосконаленого бункерного завантажувального пристрою, що дозволяють при описі його продуктивності врахувати вплив його конструктивних і кінематичних параметрів, параметрів стрижневих заготовок у формі ковпачка різних конфігурацій за мінімального заповнення бункера заготовками. Виявлено, що на ймовірність захоплення заготовок у бункерному завантажувальному пристрої та його продуктивність найбільший вплив надають коефіцієнт тертя та положення координат центру мас заготовки. Максимальна продуктивність удосконаленого бункерного завантажувального пристрою складає від 220 до 300 шт/хв при

співвідношенні координати центру мас до довжині заготовки $x_c/l=0,2$ і від 400 до 430 шт/хв при $x_c/l=0,4$. Імовірність захоплення заготовок до 0,87 при $x_c/l=0,2$ і до 0,62 при $x_c/l=0,4$.

6 Представлена заснована на результатах досліджень розроблена інженерна методика проектування удосконаленого бункерного завантажувального пристрою для стрижневих заготовок широкої номенклатури та її основні етапи, що включають розробку комплексу конструктивних обмежень на параметри захоплюючих та орієнтуючих органів, математичних моделей ймовірності захоплення та продуктивності. Розрахунок та проектування удосконаленого бункерного завантажувального пристрою дозволили отримати оптимальні параметри захоплюючих та орієнтуючих органів, при яких буде забезпечено надійне функціонування, максимальну ймовірність захоплення заготовок, що забезпечує продуктивність до 308 шт/хв при окружній швидкості кишень 0,2143 м/с або при частоті обертання диска 10,234 об/хв.

Список використаних джерел

1. Abd Elmegeed Abd Elhameed, Eslam Ali, Ragab Mahmoud, Ahmed Eisa, Mohamed H. El-Feky, Peter Sabol & Dušan Katunský (2024) Strengthening of hollow core precast prestressed reinforced concrete slabs using different techniques, *Cogent Engineering*, 11:1, 2307170, DOI: 10.1080/23311916.2024.2307170.
2. Fujikura, S., Nguyen, M. H., Baba, S., Fujiwara, H., Tategami, H., & Murai, H. (2021). Development of narrow loop joint for precast concrete slabs with fiber-reinforced mortar: Experimental investigation of material properties and flexural behavior of joint. *Applied Sciences*, 11(17), 8235. DOI: 10.3390/app11178235.
3. Pinheiro, G., Moreno Junior, A., Schultz, A., Silva, I., Arroyo, F. N., Aquino, V., Ferreira, M., Carvalho, R., Santos, H., Christoforo, A. L., & Almeida Filho, F. (2023). Shear behavior of prestressed hollow core one-way slabs with openings: Experimental, numerical, and standard formulation verification. *Buildings*, 13(7), 1857. DOI: 10.3390/buildings13071857.
4. Zajac, J., Drobiec, Ł., Jasinski, R., Wieczorek, M., Mazur, W., Grzyb, K., & Kisiołek, A. (2021). The behaviour of halfslabs and hollow-core slab in four-edge supported conditions. *Applied Sciences*, 11(21), 10354. DOI: 10.3390/app112110354.
5. Chen, J., Wang, Y., & Zhu, Q. (2023). Study on load transfer mechanism of local curved prestressed hollow-core slab bridge. *Materials*, 16(13), 4708. <https://doi.org/10.3390/ma16134708>.
6. El-Feky, M. H., Eraky, A., Elsis, A. A., Purcz, P., Demjan, I., Katunský, D., & Sharabash, A. M. (2023). Optimal hysteresis of shape memory alloys for eliminating seismic pounding and unseating of movement joint systems. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02219. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02219>.

7. Fayed, S., Mansour, W., Tawfik, T. A., Sabol, P., & Katunský, D. (2023). Techniques used for bond strengthening of sub-standard splices in concrete: A review study. *Processes*, 11(4), 1119. <https://doi.org/10.3390/pr11041119>.
8. Ferreira, F. P. V., Tsavdaridis, K. D., Martins, C. H., & De Nardin, S. (2021). Steel-concrete composite beams with precast hollow-core slabs: A sustainable solution. *Sustainability*, 13(8), 4230. <https://doi.org/10.3390/su13084230>.
9. Nasery, M. M., Hüsem, M., Okur, F. Y., & Altunişik, A. C. (2020a). Numerical and experimental investigation on dynamic characteristic changes of encased steel profile before and after cyclic loading tests. *International Journal of Civil Engineering*, 18(12), 1411–1431. <https://doi.org/10.1007/s40999-020-00545-0>.
10. Nasery, M. M., Hüsem, M., Okur, F. Y., & Altunişik, A. C. (2020b). Damage effect on experimental modal parameters of haunch strengthened concrete-encased composite column–beam connections. *International Journal of Damage Mechanics*, 29(2), 297–334. <https://doi.org/10.1177/1056789519843330>.
11. Nasery, M. M., Hüsem, M., Okur, F. Y., Altunişik, A. C., & Nasery, M. E. (2020). Model updating-based automated damage detection of concrete-encased composite column-beam connections. *Structural Control and Health Monitoring*, 27(10), e2600. <https://doi.org/10.1002/stc.2600>
12. Pinheiro, G., Moreno Júnior, A., Schultz, A., Silva, I., Arroyo, F. N., Aquino, V., Ferreira, M., Carvalho, R., Santos, H., Christoforo, A. L., & Almeida Filho, F. (2023). Shear behavior of prestressed hollow core one-way slabs with openings: Experimental, numerical, and standard formulation verification. *Buildings*, 13(7), 1857. <https://doi.org/10.3390/buildings13071857>.
13. Shehab, H., Eisa, A., Wahba, A. M., Sabol, P., & Katunský, D. (2023). Strengthening of reinforced concrete columns using ultra-high performance fiber-reinforced concrete jacket. *Buildings*, 13(8), 2036. <https://doi.org/10.3390/buildings13082036>.

14. Zavalis, M., Daugevičius, M., Jokūbaitis, A., Zavalis, R., & Valivonis, J. (2022). Deflection estimation model for prestressed concrete slabs with plastic inserts forming voids. *Materials*, 15(9), 3013. <https://doi.org/10.3390/ma15093013>.
15. Wang Dou, Zejian Xu, Yang Han, Fenglei Huang. A ductile fracture model incorporating stress state effect. *International Journal of Mechanical Sciences*, Volume 241, 2023, 107965. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.107965>.
16. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html
17. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
18. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
19. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
20. НПАОП 29.2-1.01-58 Загальні правила техніки безпеки та виробничої санітарії для підприємств і організацій машинобудування.
21. НПАОП 0.00-1.42-83. Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів.
22. НПАОП 28.52-1.31-13 Правила охорони праці під час зварювання металів

23. Наказ МВС України № 1417 від 30.12.2014 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>

24. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека Загальні положення. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2020. 87 с.

25. Наказ МОЗ України № 285 від 13.02.2023 «Про затвердження Граничних та робочих рівнів виробничої вібрації та Порядку проведення оцінки рівня небезпеки впливу вібрації на працівника» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0535-23#Text>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

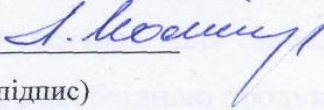
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ДИСКОВИЙ БУНКЕРНИЙ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ
СТЕРЖНЕВИХ ЗАГОТОВОК

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д. т. н., професор Леонід ПОЛЩУК,



(підпис)

«27» 03 2025

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Дисковий бункерний завантажувальний пристрій для стержневих заготовок

Розробив студент

Спеціальності 133 «Галузеве

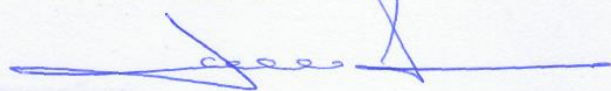
машинобудування»

Ярослав ТОКОВИЙ 

«06» червня 2025

Керівник: д. т. н., професор

Роман СИВАК



1 Найменування і область застосування

Найменування – універсальний механічний дисковий бункерний завантажувальний пристрій із зубами і регульованим орієнтатором, виконаним у вигляді кільцевого сектора для забезпечення надійного завантаження стрижневих заготовок з необхідною продуктивністю.

2 Підстава для виконання роботи

Підставою для розробки даного дипломного проекту є індивідуальне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

3 Мета і призначення дослідження

Мета: забезпечення надійного завантаження стрижневих заготовок з необхідною продуктивністю.

Призначення розробки – завантаження стрижневих пустотілих заготовок за допомогою вдосконаленого універсального механічного дискового бункерного завантажувального пристрою із зубами і регульованим орієнтатором, виконаним у вигляді кільцевого сектора.

4 Джерела розробки

Список використаних джерел розробки:

- 4.1 Abd Elmegeed Abd Elhameed, Eslam Ali, Ragab Mahmoud, Ahmed Eisa, Mohamed H. El-Feky, Peter Sabol & Dušan Katunský (2024) Strengthening of hollow core precast prestressed reinforced concrete slabs using different techniques, Cogent Engineering, 11:1, 2307170, DOI: 10.1080/23311916.2024.2307170.
- 4.2 Fujikura, S., Nguyen, M. H., Baba, S., Fujiwara, H., Tategami, H., & Murai, H. (2021). Development of narrow loop joint for precast concrete slabs with fiber-reinforced mortar: Experimental investigation of material properties and flexural behavior of joint. Applied Sciences, 11(17), 8235. DOI: 10.3390/app11178235.

- 4.3 Pinheiro, G., Moreno Junior, A., Schultz, A., Silva, I., Arroyo, F. N., Aquino, V., Ferreira, M., Carvalho, R., Santos, H., Christoforo, A. L., & Almeida Filho, F. (2023). Shear behavior of prestressed hollow core one-way slabs with openings: Experimental, numerical, and standard formulation verification. *Buildings*, 13(7), 1857. DOI: 10.3390/buildings13071857.
- 4.4 Zajac, J., Drobiec, Ł., Jasinski, R., Wieczorek, M., Mazur, W., Grzyb, K., & Kisiołek, A. (2021). The behaviour of halfslabs and hollow-core slab in four-edge supported conditions. *Applied Sciences*, 11(21), 10354. DOI: 10.3390/app112110354.
- 4.5 Chen, J., Wang, Y., & Zhu, Q. (2023). Study on load transfer mechanism of local curved prestressed hollow-core slab bridge. *Materials*, 16(13), 4708. <https://doi.org/10.3390/ma16134708>.

5 Вихідні дані для розробки:

1	Діаметр гільзи, мм	10
2	Висота гільзи, мм	25
3	Висота циліндричної частини гільзи, мм	22
4	Діаметр диску пристрою, мм	200
5	Коефіцієнт тертя, мм	0,45
6	Товщина зубів, мм	6
7	Кут нахилу диску пристрою, град	45

5.1 Технічні вимоги

- частотний перетворювач – 0 до 400 Гц
- частота обертання валу електродвигуна – 1310 об/хв
- потужність електродвигуна – 0,18 кВт
- діаметри шківів – 195 мм і 69 мм
- передаточне число клинопасової передачі – 2.826

5.2 Вимоги до надійності: довговічність – не менше 10 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 1 тис. год; збереженість –

повинна забезпечуватися працездатність деталі в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – деталь повинна відповідати вимогам експлуатації.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації – повинна гарантувати надійну і безпечну роботу обладнання, витримувати інтенсивні динамічні навантаження.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації – по можливості під час розробки конструкції бункерного завантажувального пристрою використовувати уніфіковані деталі, стандартні вироби та загальнодоступні матеріали і речовини.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу і ремонту. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі випаровування робочої рідини у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонту пристрою.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей слід вибирати відповідно до рекомендацій.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту:

- умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньоширотних кліматичних умовах;

- час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 10 год;

- вид обслуговування - періодичний;

–періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 2 дні (один раз в три місяці);

5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню

- можливість транспортування на будь-якому виді транспортних засобів
- захист від ударів під час завантаження і розвантаження
- зберігання на складі готової продукції
- зберігання у законсервованому вигляді
- складування на стелажах.

6 Економічні показники:

- орієнтований термін окупності витрат на розробку – 1,3 роки,
- освоєння виробництва продукції – 1 місяць,
- економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками – прогнозований прибуток 1 048 363,79 грн. за три роки.

7 Виконавці НДР: студент спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» Ярослав ТОКОВИЙ

8 Етапи НДР і терміни їх виконання:

- теоретичне дослідження проблематики теми БКР;
- патентно-інформаційний огляд по темі БКР
- розробка конструкції бункерного завантажувального пристрою;
- охорона праці;
- висновки.
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту БКР.

9 Порядок контролю і прийомки

- попередній захист проекту
- захист проекту перед БКР

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ДИСКОВИЙ БУНКЕРНИЙ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ
СТЕРЖНЕВИХ ЗАГОТОВОК

Автоматичне завантаження заготовок тіл обертання

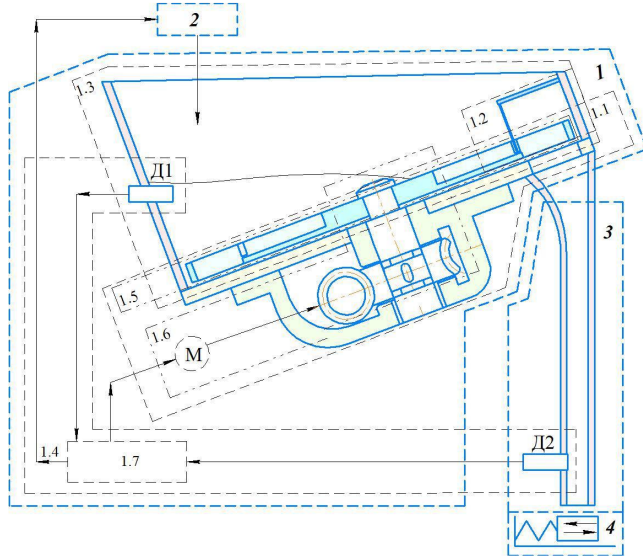


Рисунок 1 – Типова структурна схема системи автоматичного завантаження заготовок у технологічне обладнання

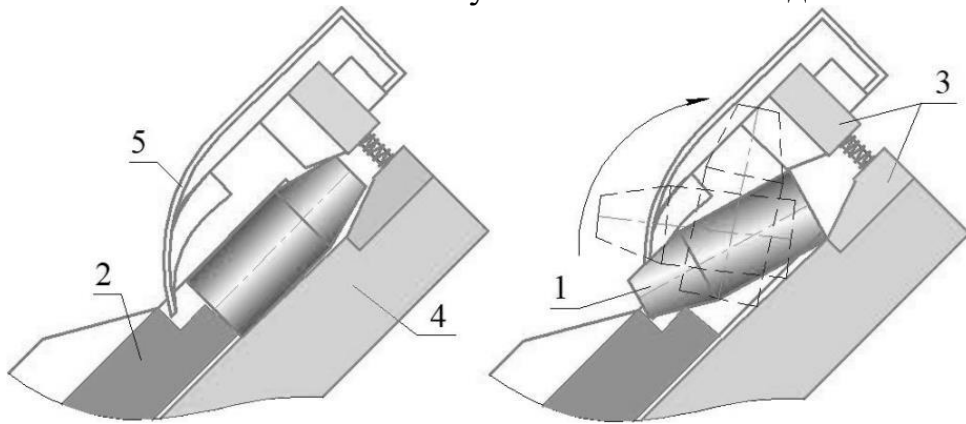
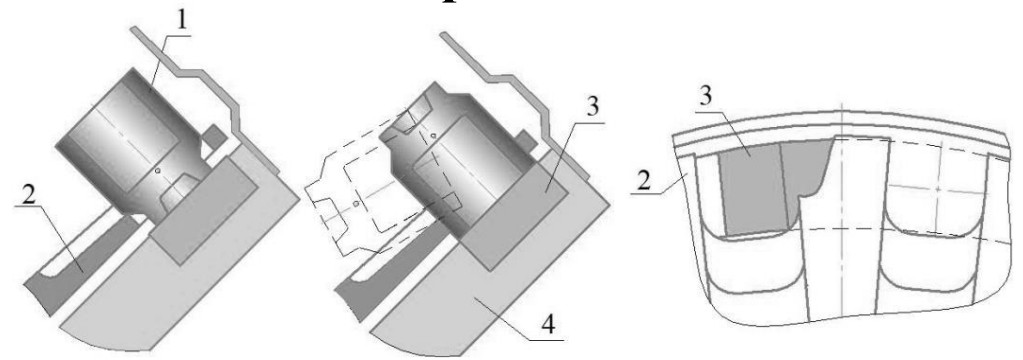


Рисунок 3 – Схема орієнтування у вдосконаленому бункерному завантажувальному пристрої з регульованим орієнтатором та копіром для переорієнтування заготовок



1 – заготовка; 2 – диск із органами захоплення; 3 – криволінійний копір; 4 – основа
Рисунок 2 – Схема орієнтування рівнорозмірних та близьких до них заготовок у бункерний завантажувальний пристрій з криволінійним копіром

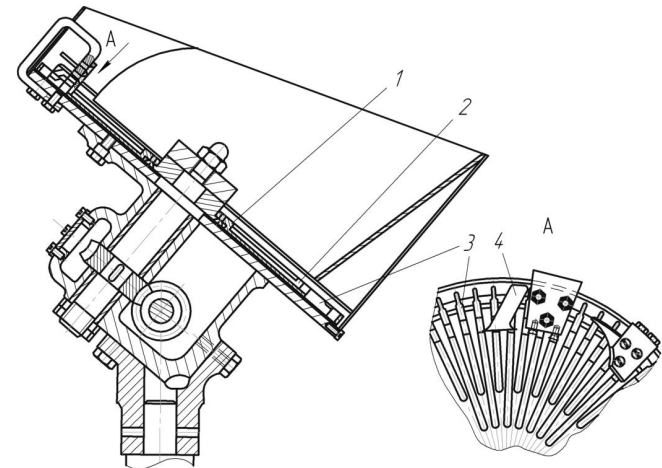


Рисунок 4 – Схема механічного дискового бункерного завантажувального пристрою з радіальними профільними кишнями

Механічні дискові бункерні завантажувальні пристрої для стрижневих заготовок

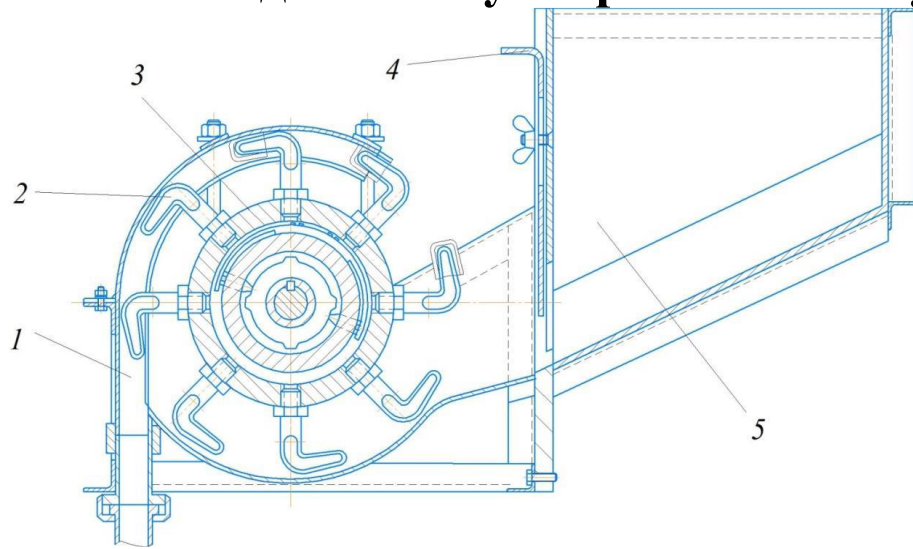


Рисунок 5 – Гачковий бункерний завантажувальний пристрій

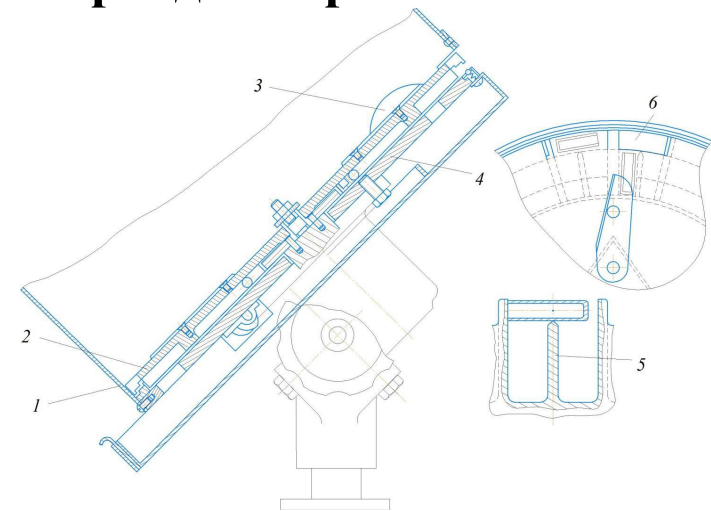


Рисунок 6 – Кишеньковий похилий бункерний завантажувальний пристрій з переорієнтуванням на призмах

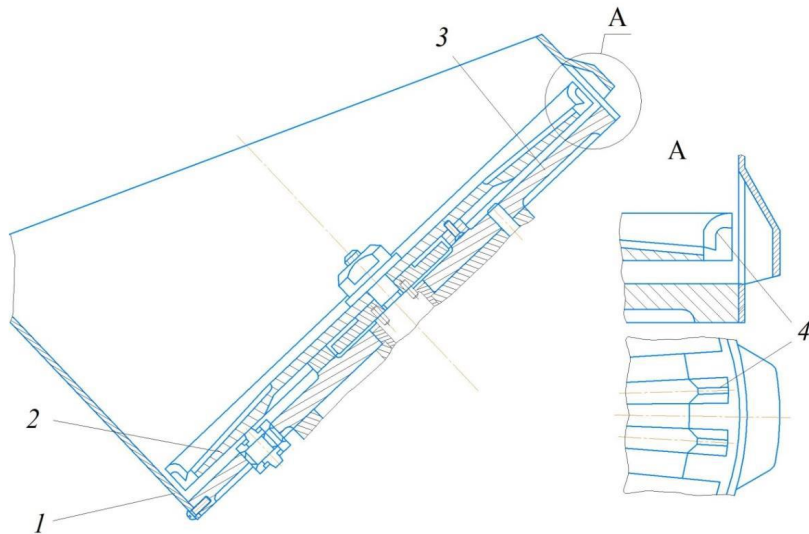


Рисунок 7 – Зубчастий бункерний завантажувальний пристрій (традиційний) для заготовок з явним зміщенням центру мас

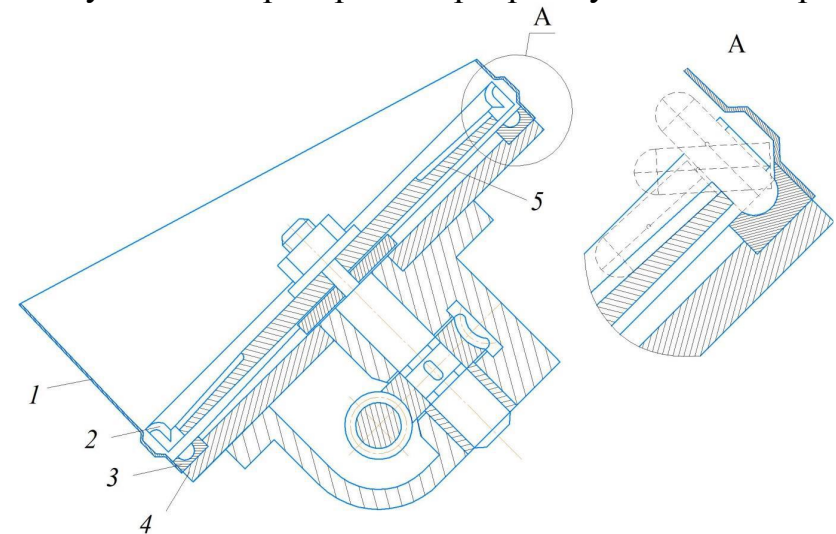


Рисунок 8 – Зубчастий бункерний завантажувальний пристрій (удосконалений) для заготовок з відсутністю зміщення центру мас

Удосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій у вигляді кільцевого сектора

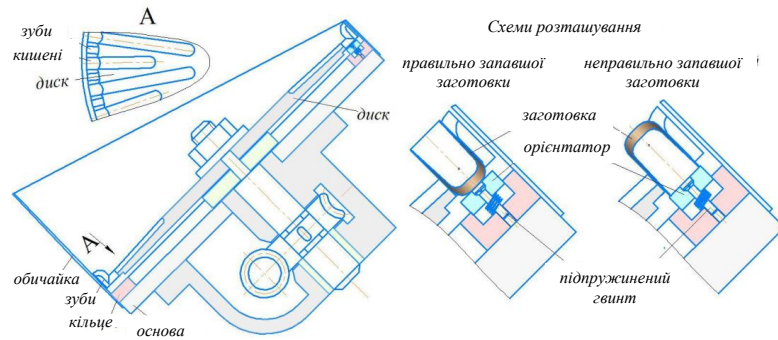


Рисунок 9 – Універсальний бункерний завантажувальний пристрій із зубами та регульованим орієнтатором та схеми його функціонування

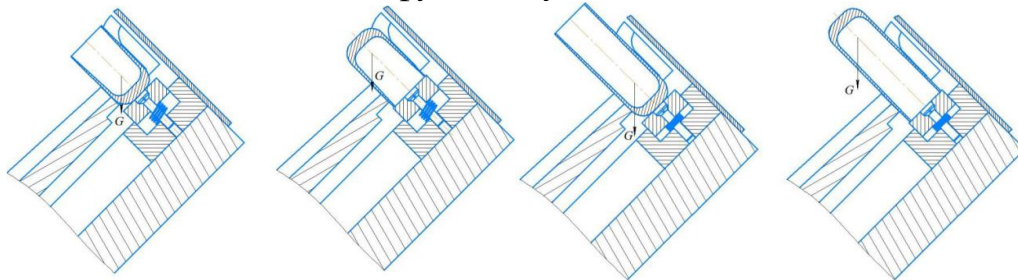


Рисунок 11 – Положення в наскрізній кишені заготовки, у якої довжина перевищує діаметр в 1,7 разів

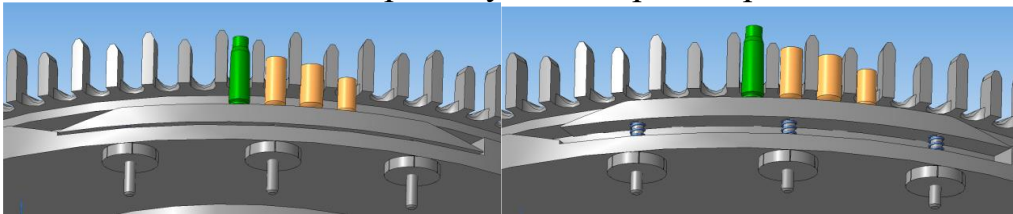


Рисунок 12 – Схема регулювання орієнтатора та його перебування у крайньому нижньому та крайньому верхньому положеннях для різних заготовок

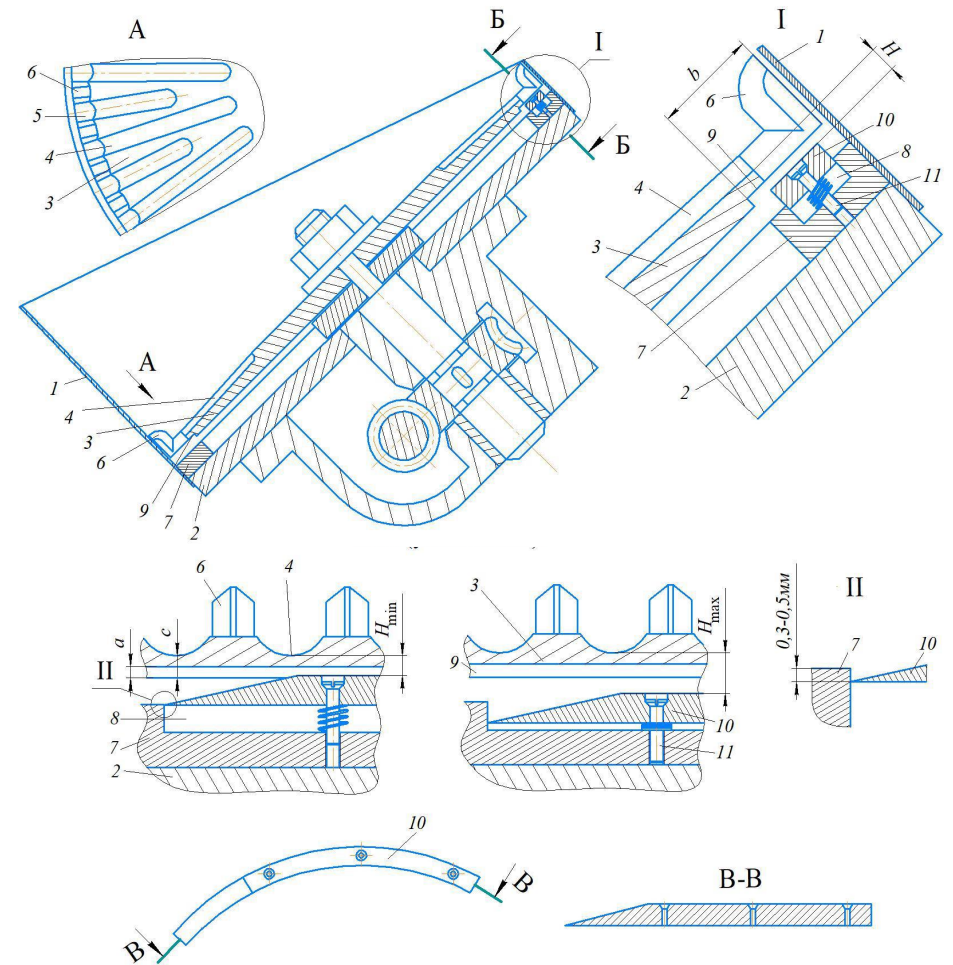


Рисунок 10 – Удосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій із зубами та регульованим орієнтатором, виконаним у вигляді кільцевого сектора, для стержневих заготовок у формі ковпачка та його основні функціональні елементи

Визначення діапазонів конструктивних параметрів

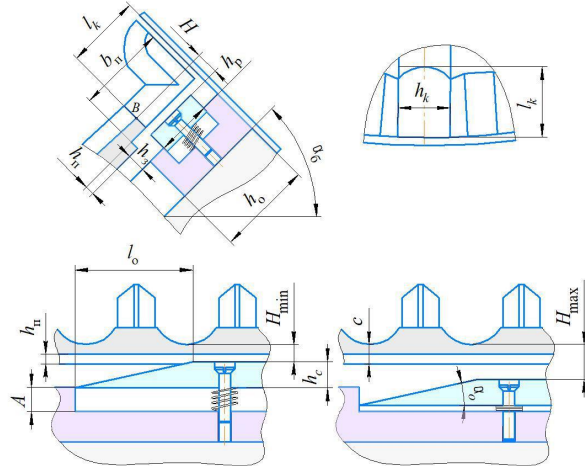


Рисунок 13 – Розрахункові схеми розробки обмежень на конструктивні параметри захоплюючих та орієнтувальних органів універсального бункерного завантажувального пристрою

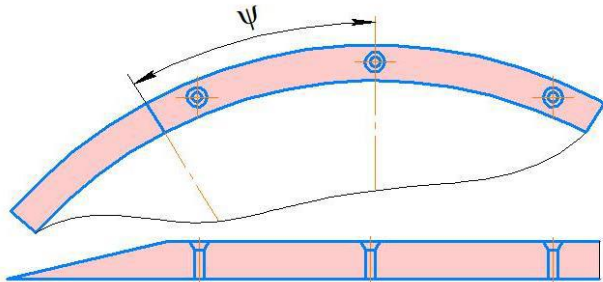


Рисунок 15 – Схема розташування найвищої частини регульованого орієнтатора під кутом ψ до вертикальної осі диска, що обертається

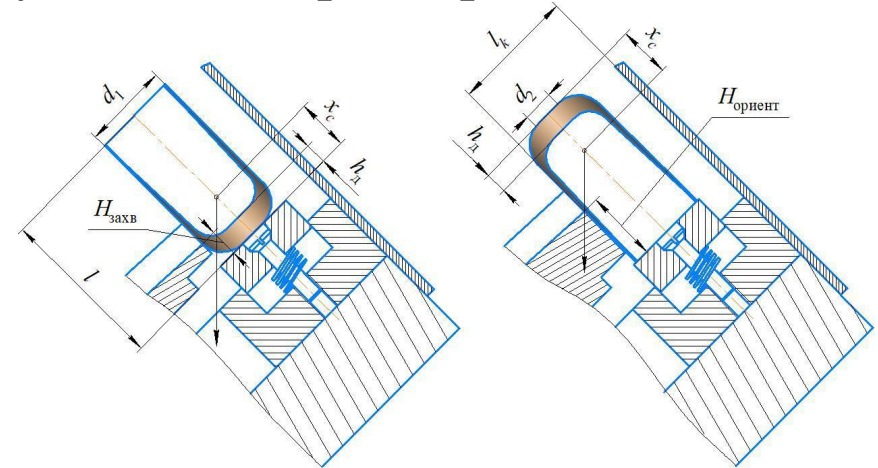


Рисунок 14 – Схеми розташування заготовки у кишені вдосконаленого універсального бункерного завантажувального пристрою для визначення параметрів органів захоплення (а) та орієнтування (б)

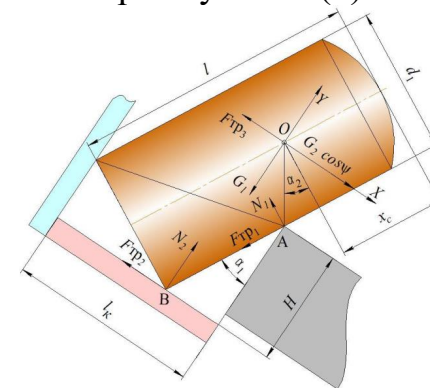


Рисунок 16 – Розрахункова схема визначення кута ψ , при якому має завершитися ділянка нахилу орієнтатора

$$\psi = \arcsin \frac{-\mu A + \sqrt{\mu^2 + 1 - A^2}}{\mu^2 + 1}.$$

Початковий кут

(1)

Математичне моделювання конструктивних параметрів для різних стрижневих заготовок

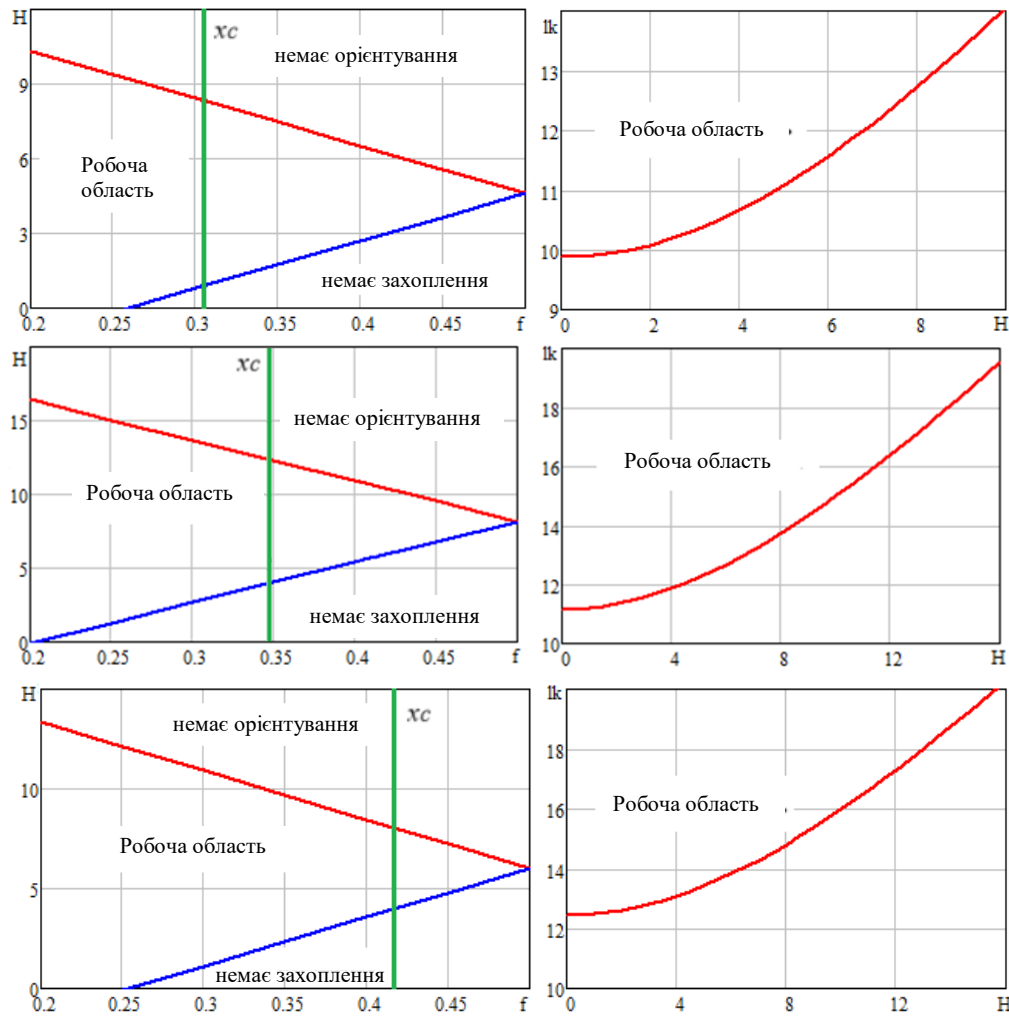


Рисунок 17 – Результати математичного моделювання для заготовок гільз патрона спортивно-мисливського 9x19, 5,45x39 та 7,62x39 висоти H кишені (мм) при різних співвідношеннях f і довжини l_k кишені (мм) залежно від його висоти H (мм)

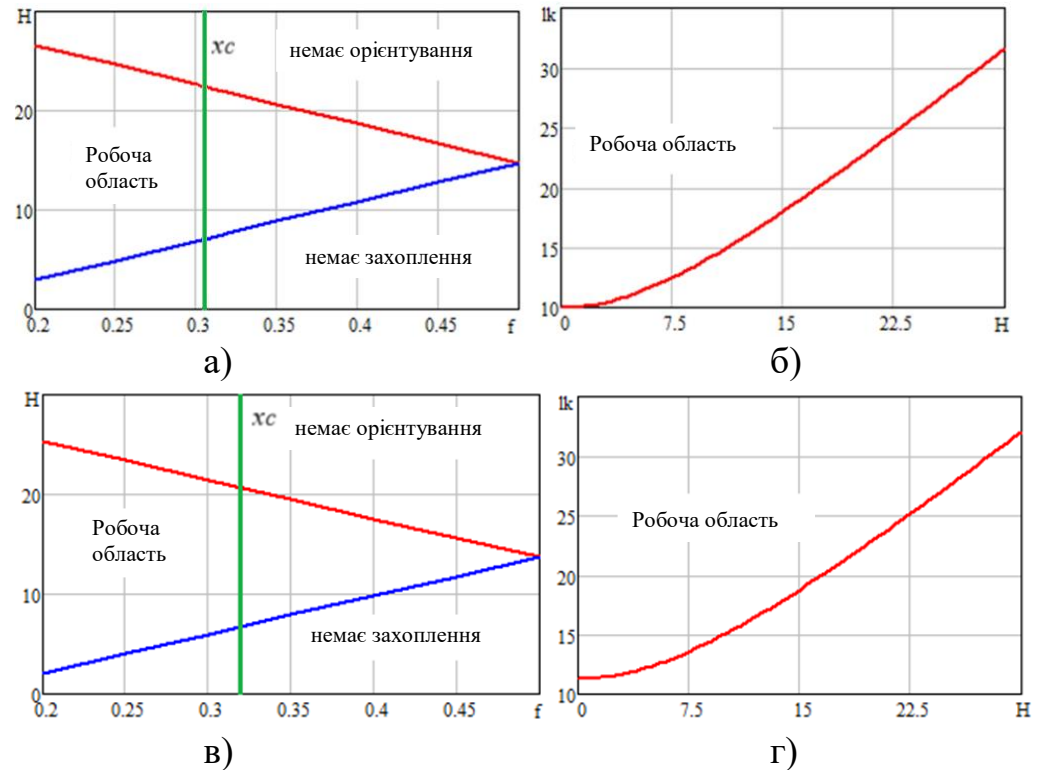


Рисунок 18 – Результати математичного моделювання для гільз патрона спортивно-мисливського 5,45 x39 (а, б), 7,62 x39 (в, г) висоти H кишені (мм) (а, в) при різних співвідношеннях f і довжини l_k кишені (мм) (б, г) залежно від його висоти H (мм)

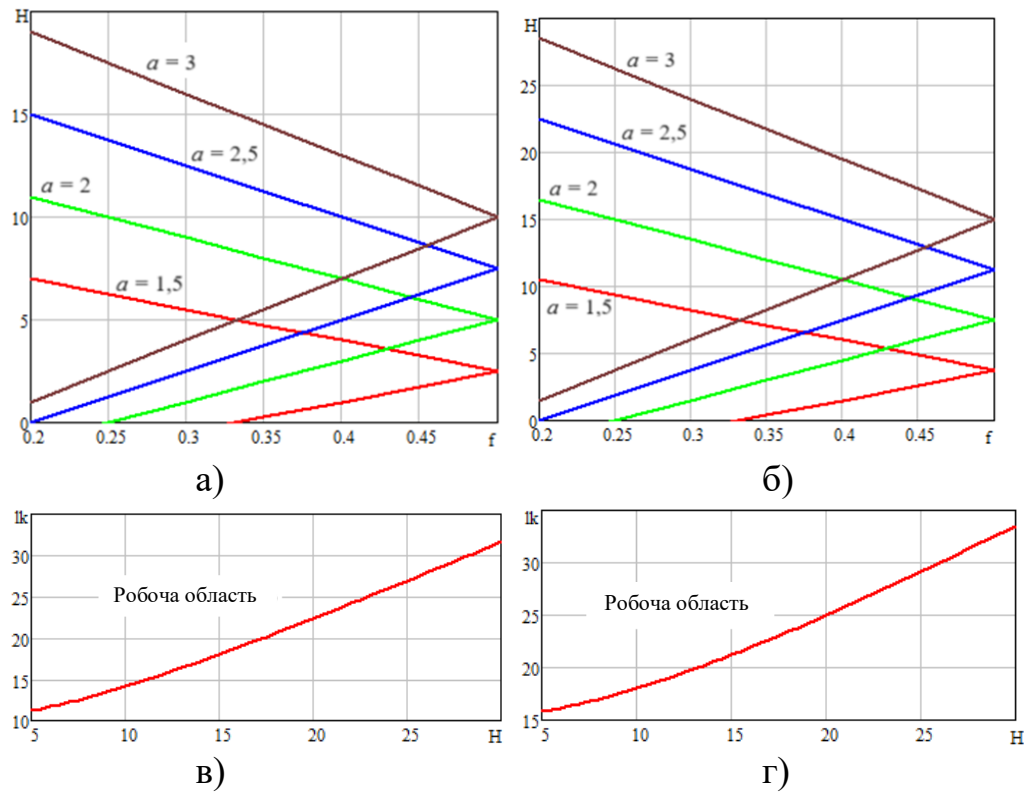


Рисунок 19 – Результати комплексного математичного моделювання при діаметрах заготовки $d_1=10$ мм (а, в) і $d_1=15$ мм (б, г) висоти H кишені (мм) при різних співвідношеннях a та f (а, б) та довжини l_k кишені (мм) (в, г) універсального бункерного завантажувального пристрою

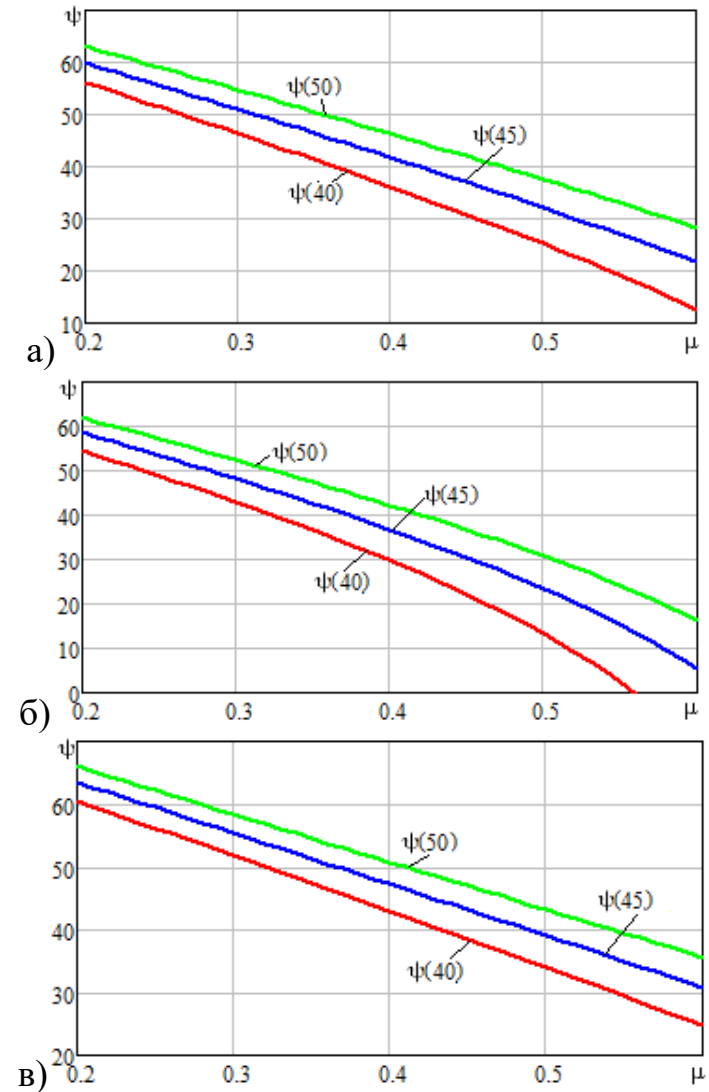
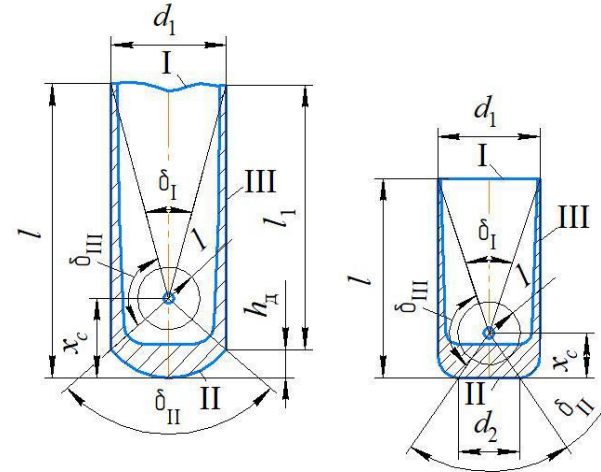


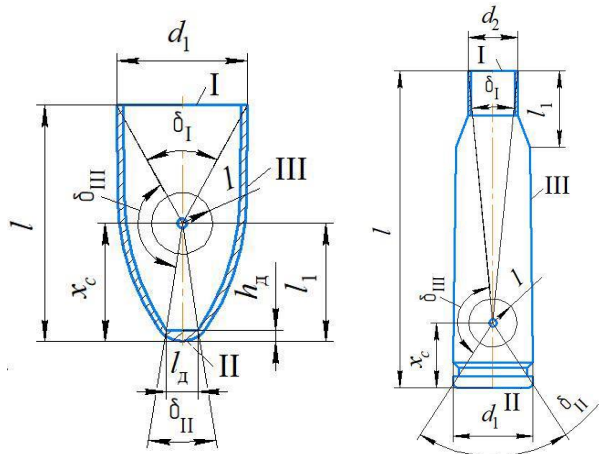
Рисунок 20 – Результати математичного моделювання кута ψ (град), на якому має закінчуватися початковий підйом регульованого орієнтатора, при різних коефіцієнтах тертя та кутах нахилу бункера для заготовок гільз патрона спортивно-мисливського 9x19 (а), 5,45x39 (б), 7,62x39 (в)

Розробка математичних моделей ймовірності захоплення та продуктивності



а)

б)

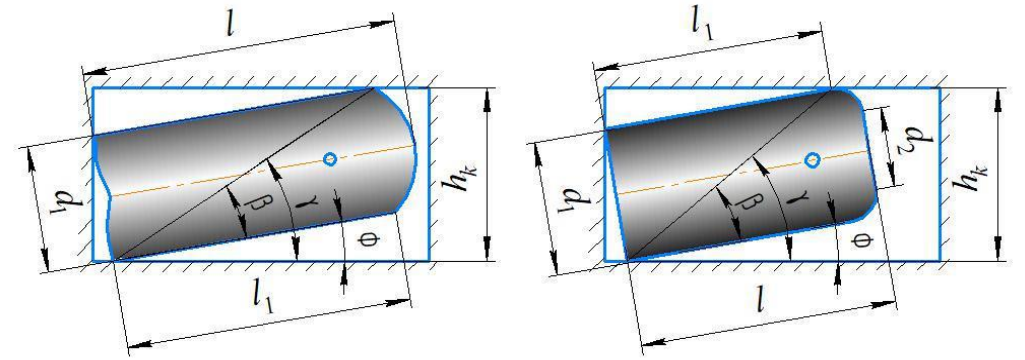


в)

г)

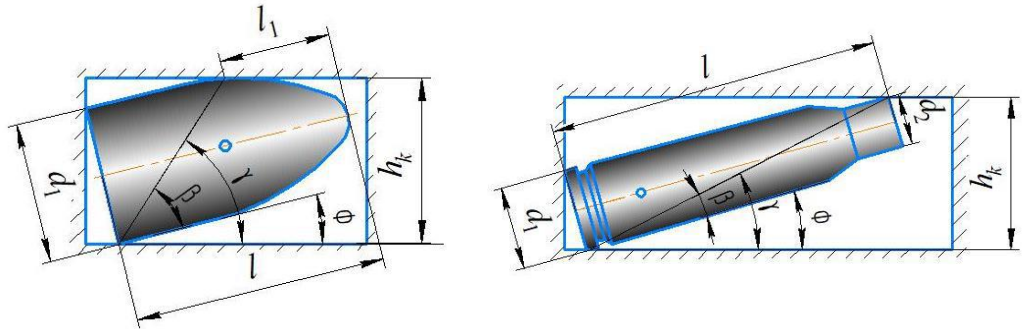
а – напівфабрикат гільзи до обрізки; б – напівфабрикат гільзи після обрізки; в – оболонка кулі; г – гільза

Рисунок 21 – Розрахункові схеми до знаходження ймовірностей p_I , p_{II} та p_{III} для різних заготовок у формі ковпачка



а)

б)



в)

г)

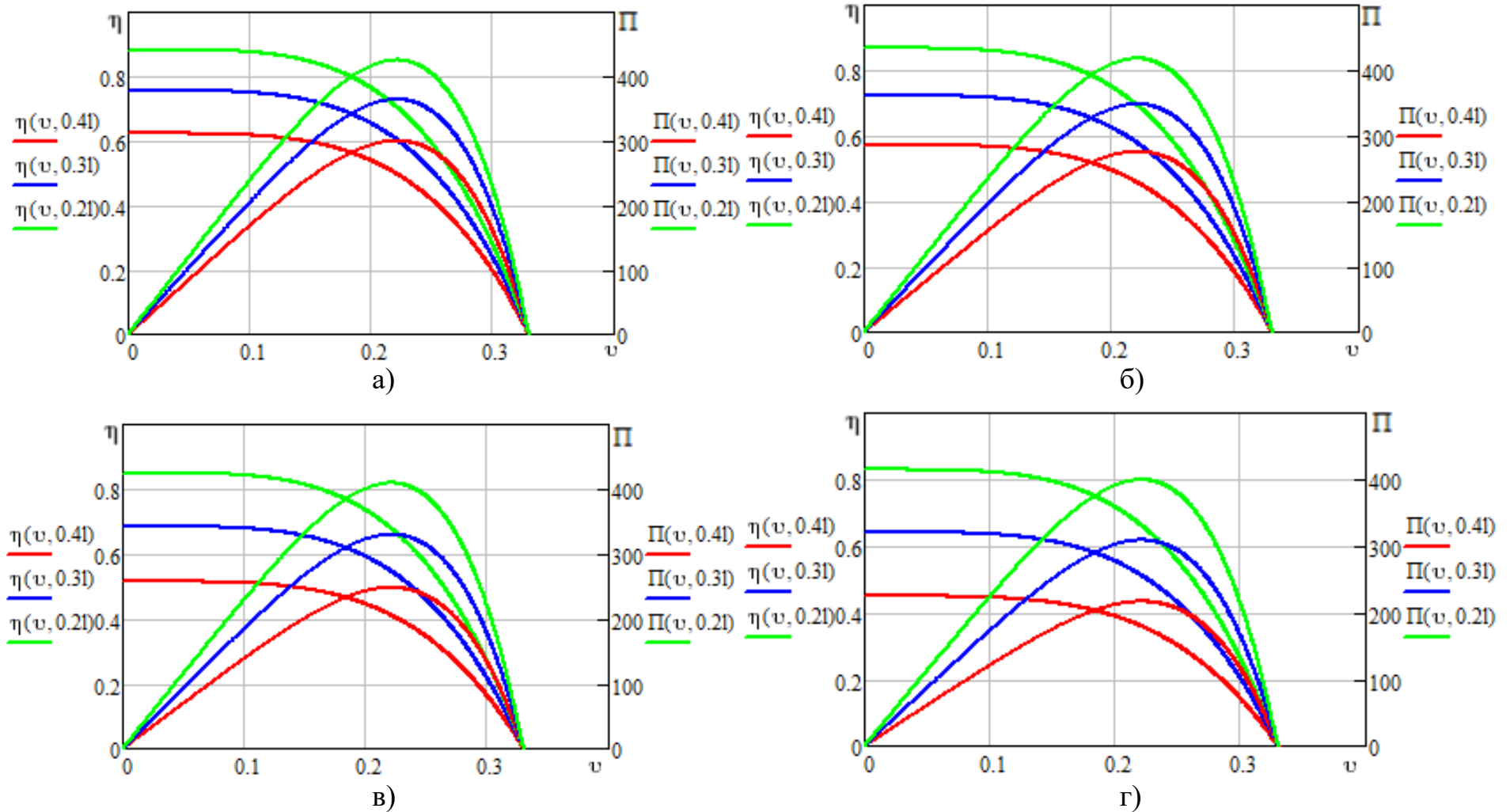
а – напівфабрикат гільзи до обрізки; б – напівфабрикат гільзи після обрізки; в – оболонка кулі; г – гільза

Рисунок 22 – Розрахункові схеми знаходження кутів γ і β для заготовок у формі ковпачка

Ймовірність $p_{i\min}$ для всіх заготовок буде визначатися за формулою

$$p_{i\min} = p_{II} + \frac{p_{III}}{2\pi} \phi, \quad (2)$$

Математичне моделювання ймовірності захоплення та продуктивності



а – 0,2; б - 0,3; в – 0,4; г – 0,5

Рисунок 23 – Графіки залежності ймовірності захоплення та продуктивності (шт/хв) універсального бункерного завантажувального пристрою від окружної швидкості захоплюючих органів (м/с) при різних співвідношеннях координати центру

мас до довжини заготовки $\frac{x_c}{l} = 0.4; 0.3; 0.2$ і значення коефіцієнта тертя

Методика проектування вдосконаленого пристрою

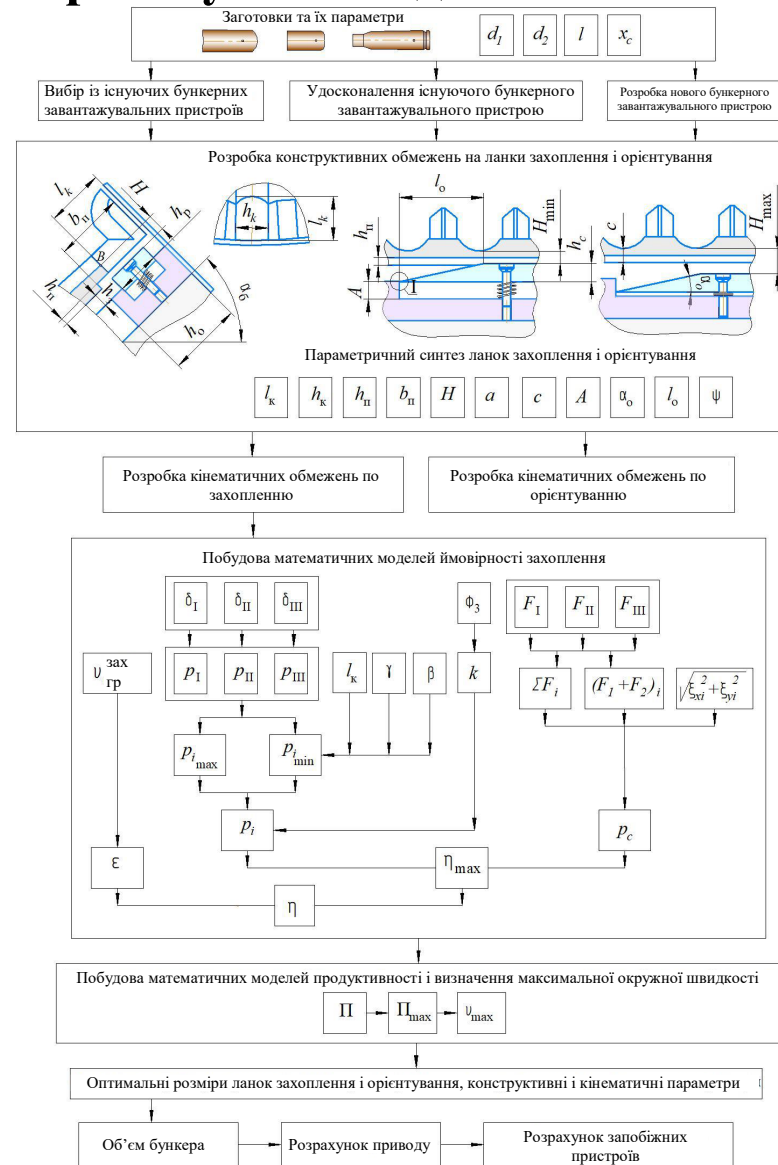


Рисунок 24 – Методика проектування універсального бункерного завантажувального пристрою із зубами та регульованим орієнтатором

ВИСНОВКИ

1 Представлено вдосконалений універсальний бункерний завантажувальний пристрій із зубами та регульованим орієнтатором, виконаним у вигляді кільцевого сектора для стрижневих заготовок різної довжини, що перевищує діаметр в 1,3–4 рази. Удосконалений бункерний завантажувальний пристрій може бути використаний для заготовок різних форм в межах певних значень їх діаметрів, обмежених шириною кишені, і довжин, обмежених можливостями регулювання орієнтатора по висоті.

2 Розроблені з урахуванням умов захоплення та орієнтування заготовок обмеження на конструктивні параметри захоплюючих та орієнтуючих органів удосконаленого бункерного завантажувального пристрою, що включають описані математичними залежностями робочі діапазони значень ширини, довжини і висоти кишень, геометричні параметри регульованого орієнтатора, при яких представлені результати математичного моделювання конструктивних параметрів захоплюючих і орієнтуючих органів як для конкретних видів стрижневих заготовок у формі ковпачка, так і для його комплексного використання для різних за довжиною і формами заготовок та оцінено вплив на зазначені параметри розмірів заготовок, коефіцієнта тертя між заготовками.

3 Розроблено математичні моделі ймовірності захоплення та продуктивності удосконаленого бункерного завантажувального пристрою, що дозволяють при описі його продуктивності врахувати вплив його конструктивних і кінематичних параметрів, параметрів стрижневих заготовок у формі ковпачка різних конфігурацій за мінімального заповнення бункера заготовками. Виявлено, що на ймовірність захоплення заготовок у бункерному завантажувальному пристрої та його продуктивність найбільший вплив надають коефіцієнт тертя та положення координат центру мас заготовки. Максимальна продуктивність удосконаленого бункерного завантажувального пристрою складає від 220 до 300 шт/хв при співвідношенні координати центру мас до довжини заготовки $x_c/l=0,2$ і від 400 до 430 шт/хв при $x_c/l=0,4$. Ймовірність захоплення заготовок до 0,87 при $x_c/l=0,2$ і до 0,62 при $x_c/l=0,4$.

4 Представлена заснована на результатах досліджень розроблена інженерна методика проектування удосконаленого бункерного завантажувального пристрою для стрижневих заготовок широкої номенклатури та її основні етапи, що включають розробку комплексу конструктивних обмежень на параметри захоплюючих та орієнтуючих органів, математичних моделей ймовірності захоплення та продуктивності. Розрахунок та проектування удосконаленого бункерного завантажувального пристрою дозволили отримати оптимальні параметри захоплюючих та орієнтуючих органів, при яких буде забезпечено надійне функціонування, максимальну ймовірність захоплення заготовок, що забезпечує продуктивність до 308 шт/хв при окружній швидкості кишень 0,2143 м/с або при частоті обертання диска 10,234 об/хв.

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ
ДИСКОВИЙ БУНКЕРНИЙ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ
СТЕРЖНЕВИХ ЗАГОТОВОК

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Дисковий бункерний завантажувальний пристрій для
стержневих заготовок

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра галузевого машинобудування, ФМТ, гр. 1ГМ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

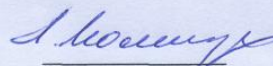
Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 15 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

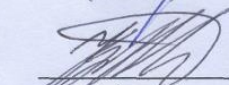
- ☒ V Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

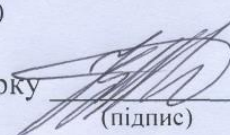
Експертна комісія:

Поліщук Л.К., зав. кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

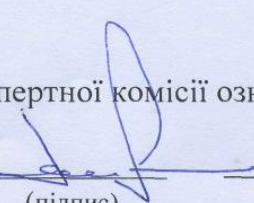
Шенфельд В.Й., доцент кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Шенфельд В.Й.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис)

Сивак Р.І., д.т.н., професор
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 
(підпис)

Токовий Я.В.
(прізвище, ініціали)