

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ІНІТТІ ім. акад. І.С. Пучого  
Кафедра Металургія та напівфабрикатів

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)  
[Підпис] Сергій Блаженко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 5 » 17 20   р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
[Підпис] Людмила Фриштелес-Соловйова  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 5 » 12 20   р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 131 Інженерія металів  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми Інженерія металів

на тему: Дослідження максимальних захоплювальних кристалоїдів напівфабрикатів

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ПМ2-2М

Марасенко Андрій Сергійович Марасенко Андрій  
(прізвище, ім'я по батькові повністю) (підпис)

Керівник Валерій Миколайович Вікторович [Підпис]  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Валерій МIRONCUK [Підпис]  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач Марасенко Андрій  
(підпис)

Київ - 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) МНІТ ім. акад. І. С. Рудого  
Кафедра Механізмів та науково-технічної роботи  
Освітній ступінь Магістр  
Спеціальність 731 Інформаційна Механіка  
(код і назва)  
Освітньо-професійна програма Інформаційна Механіка  
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МНТ

Людмила Кривоніс-Володіна

« 01 » 10 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Торасерма Андрій Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив параметрів магнітного закоротування на показники науково-технічної діяльності

керівник роботи Володимирівна Корнякшина Вікторівна  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 01 » 10 2024 року № 859-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 02.12.24

3. Вихідні дані до роботи 1. Вид дослідження: експериментальне на електронній лабораторії. 2. Об'єкт дослідження - магнітні закоротування в механізмі. 3. Вид науки - механіка

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Вступ 2. Класифікація і аналіз існуючих конструкцій закоротування в механізмі. 3. Вибір параметрів закоротування в механізмі. 4. Опис конструкції і принципів дії. Конструктивно-технічний розрахунок.

5. Перелік графічного матеріалу 22 слайди презентації



## Зміст

Анотація	5
Вступ	7
Класифікація і аналіз існуючих конструкцій захоплювальних пристроїв.	10
I. 1. Класифікація існуючих конструкцій захоплювальних пристроїв.	10
I.2. Класифікація консервної тари	25
I.3. Аналіз конструкцій бляшаних банок та їх класифікація	27
I.4. Матеріали для виробництва жерстяних банок і кришок	33
I.5. Аналіз конструкцій електромагнітних захоплювальних пристроїв	43
I.6. Аналіз методики розрахунку електромагнітних захоплювальних пристроїв	47
Висновки	51
II. Розробка конструкції електромагнітного захоплювального пристрою	52
II.1. Постановка завдання на дослідження і розробку конструкції електромагнітного захоплювального пристрою.	52
II.2. Опис конструкції і принцип дії розробленого електромагнітного захоплювального пристрою	53
II. 3. Конструктивно-технологічні розрахунки параметрів електромагнітного пристрою.	58
Висновки	59
III. Експериментальне дослідження параметрів процесу перевантаження жерстяної заповненої тари за допомогою електромагнітного захоплювального пристрою	60

III. 1. Опис дослідно-експериментальної установки	60
III.2. Методика проведення експерименту.	62
III. 3. Обробка результатів експерименту	63
Висновки	67
Список використаної літератури	68

## Анотація

Захват є одним из основних елементів перевантажуючого механізму і служить об'єднуючою ланкою між його робочим органом і вантажем. Тип захвату в значній мірі визначає продуктивність перевантажуючого пристрою, можливість його автоматизації.

При виконанні НРТС робіт з феромагнітними або неферомагнітними вантажами у металевій тарі дуже ефективними у використанні є магнітні та електромагнітні захоплювальні пристрої. У перевантажувальних пристроях застосовують два типи електромагнітних і магнітних захватів: грузонесучі й грузоведучі. Грузонесучі електромагнітні й магнітні захвати (вантажопідйомні магніти) здійснюють перенос вантажів з однієї грузонесучої площини на іншу. Грузоведучі електромагнітні й магнітні захвати роблять переміщення вантажів без їхнього відриву від несучої площини.

До основних переваг електромагнітних і магнітних захватів відносяться:

- висока швидкодія операцій захвату й звільнення вантажу,
- малі габарити захвату,
- простота конструкції й надійність у роботі,
- невелика вартість,
- легкість автоматизації.

Ключові слова: захоплювальний пристрій, електромагніт, коерцитивна сила, пакування, піднімання

## Abstract

The grip is one of the main elements of the handling mechanism and serves as a connecting link between its working body and the load. The type of grip largely determines the productivity of the handling device, the possibility of its automation.

When performing NRTS work with ferromagnetic or non-ferromagnetic loads in metal containers, magnetic and electromagnetic gripping devices are very effective in use. Two types of electromagnetic and magnetic grips are used in handling devices: load-bearing and load-driving. Load-bearing electromagnetic and magnetic grips (load-lifting magnets) transfer loads from one load-bearing plane to another. Load-driving electromagnetic and magnetic grips move loads without their separation from the load-bearing plane.

The main advantages of electromagnetic and magnetic grippers include:

- high speed of gripping and releasing operations,
- small dimensions of the gripper,
- simplicity of design and reliability in operation,
- low cost,
- ease of automation.

Keywords: gripping device, electromagnet, coercive force, packaging, lifting

## Вступ

Різноманітність споживчих пакувальних одиниць, транспортної тари, структурних схем групової упаковки і збільшених вантажних одиниць вимагає застосування різних видів робочих органів [21].

У випадках коли спостерігається по рушення статичної і динамічної стійкості пакувальних одиниць під час виконання перевантажувальних операцій, формування групової упаковки і збільшеної вантажної одиниці з поштучним переміщенням та обробленням крихких упаковок та упаковок, що легко деформуються, здебільшого застосовують захоплювальні пристрої (ЗП).

ЗП можуть мати ручну, дистанційну та автоматичну схему керування. За функціональним призначенням ЗП виконуються універсальними і спеціальними. Спеціальні ЗП призначені для переміщення упаковок і вантажів з параметрами (маса, габаритні розміри, форма, матеріал тари), змінними у ви значених межах.

Магнітні і вакуумні ЗП можна віднести до універсальних.

У вітчизняних та закордонних зразках пакувального обладнання широкое застосування знайшли механічні, вакуумні і пневматичні ЗП, а магнітні — тільки в деяких зразках. Це можна обґрунтувати у першу чергу тим, що тара або її елементи, виготовлені з феромагнітних матеріалів, становлять лише 6–9 % від усіх застосовуваних видів пакувальних матеріалів. Поряд з незначною кількістю тари та її елементів, виготовлених з феромагнітних матеріалів, електромагнітні і магнітні ЗП в останній період знаходять застосування у пакувальному обладнанні. Розширення сфери застосування таких ЗП викликане їхніми перевагами порівняно з іншими видами захватів. До основних переваг можна віднести:

- високу швидкодію захоплення та звільнення вантажу;
- малі габарити ЗП;
- простоту конструкції і надійність у роботі;
- порівняно невисоку вартість;

- за наявності сучасних засобів керування легко піддаються автоматизації.

У перевантажувальних пристроях пакувальних машин застосовують два типи електромагнітних і магнітних ЗП: вантажонесучі і вантажоведучі. Вантажонесучі (вантажопіднімальні магніти) здійснюють перенесення вантажів з однієї площини на іншу. Вантажоведучі ЗП здійснюють переміщення вантажів без відриву по не сучій площині.

Основу магнітних ЗП становлять по стійні магніти, виготовлені з різних магнітних матеріалів, які повинні мати такі основні характеристики:

- висока напруженість магнітного поля;
- висока залишкова індукція;
- сталість магнітних властивостей.

Використовують два типи постійних магнітів:

- литі;
- керамічні.

Литі магніти виготовляють із магнітотвердих матеріалів на основі алюмінію, нікелю, кобальту й заліза типу ЮНДК. Керамічні магніти виготовляють з металокерамічних матеріалів методом порошкової металургії. У литих магнітів довжина магніту обумовлена залишковою магнітною індукцією, а товщина завжди більша, ніж обумовлена коерціативною силою. У керамічних магнітів довжина магніту завжди менша висоти, тому що їхня залишкова індукція більше коерціативної сили.

Керамічні магніти більш перспективні, тому що мають ряд переваг порівняно з литими магнітами:

- більш висока коерціативна сила;
- більша довговічність магнітних властивостей;
- менша вартість;
- стійкість до факторів розмагнічування;
- однакова питома сила притягання повсій робочій поверхні магніту;
- менший вплив намагнічування на захоплювальні вантажі.

Застосовують три типи конструкцій

ЗП з постійними магнітами:

- з механічним зусиллям звільнення вантажу;
- з рухомим блоком;
- з електроімпульсним керуванням.

Зважаючи на зазначене дослідження магнітних систем у пакувальних автоматах є актуальним питанням

# *І. Класифікація і аналіз існуючих конструкцій захоплювальних пристроїв.*

## *І. 1. Класифікація існуючих конструкцій захоплювальних пристроїв.*

Захват є одним из основних елементів перевантажуючого механізму і служить об'єднуючою ланкою між його робочим органом і вантажем. Тип захвату в значній мірі визначає продуктивність перевантажуючого пристрою, можливість його автоматизації.

Загальна класифікація вантажозахоплювальних пристроїв за принципом дії і конструктивному виконанню захоплювальних органів приведена на рис. 1.

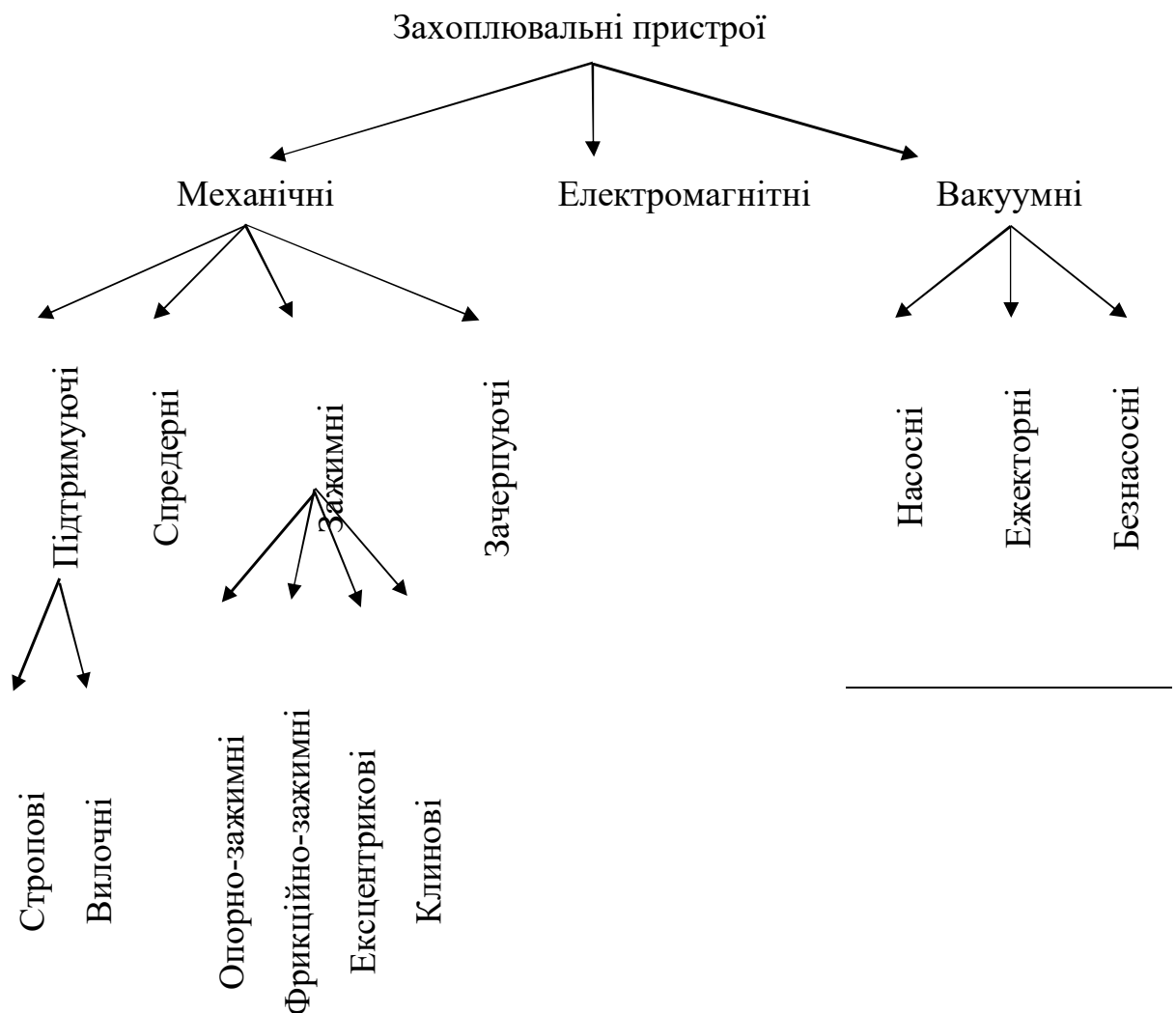


Рис. 1. Класифікація захоплювальних пристроїв

Найбільш розповсюдженими є механічні захвати. Конструкція їх проста, вони надійні і зручні в експлуатації при ручному управлінні. Приклад механічних опорно-зжимних захоплювальних пристроїв зображений на рис.2.

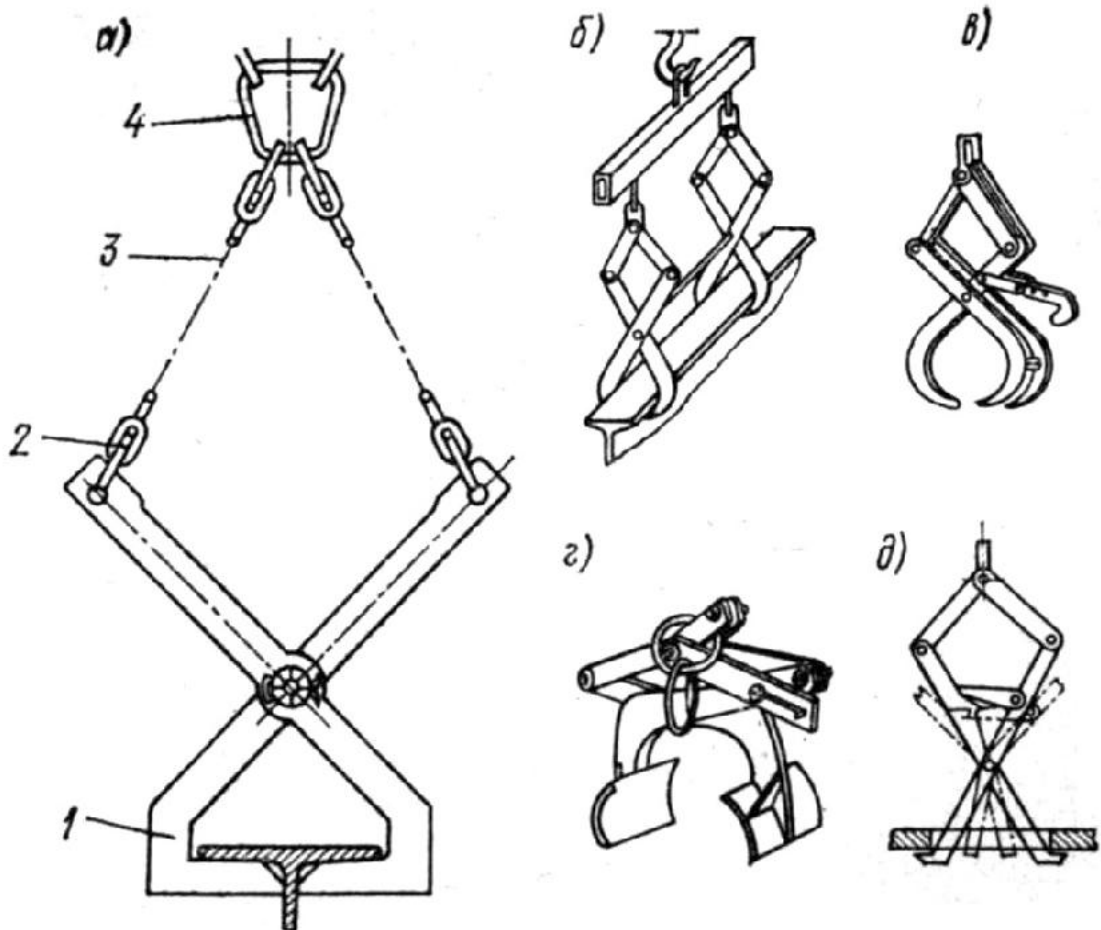


Рис.2. Опорно-зжимні захоплювальні пристрої:

- а - для прокату;
- б - на траверсі;
- в - здвоєний для труб;
- г - для вантажів круглої форми;
- д - для вантажів з отворами.
- 1 - захоплювальні кліщі;
- 2 - скоба;

3 - ланцюг;

4 - підвісна ланка.

Спредери (рис. 3)— рамні захвати для контейнерів за способом взаємодії з вантажем (підхватом) відносяться до підтримуючих пристроїв. Але їх конструкція і механізми настільки специфічні, що їх можна виділити в окрему групу механічних захватів.

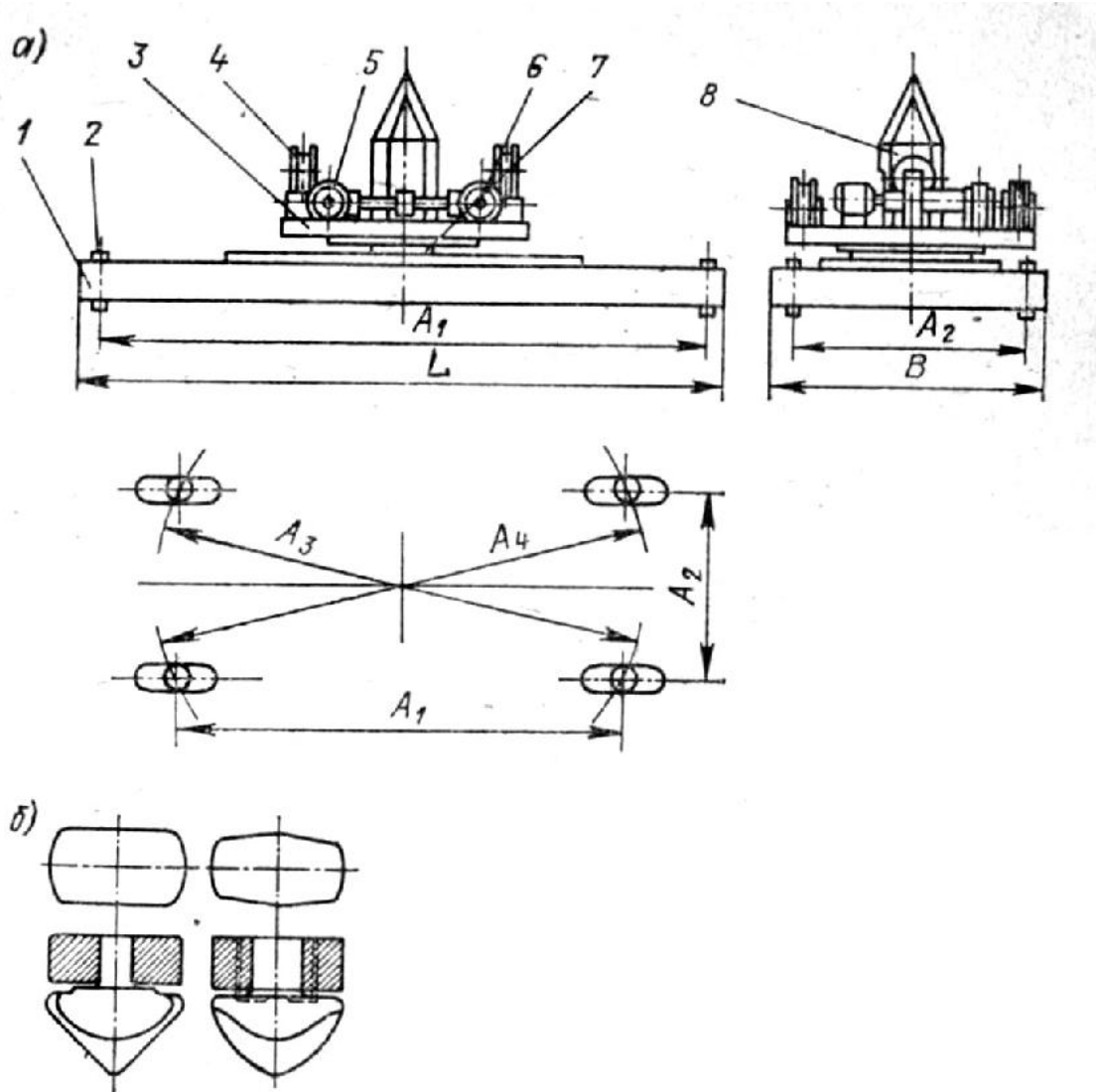


Рис. 3. Принципова схема спредерного захоплювального пристрою:

а – загальний вид; б – замки спредера

1 - вантажозахоплювальна рама;

2 - поворотні замки;

- 3 - блочна рама;
- 4 - канатні блоки;
- 5 - механізм повороту спредера;
- 6 - замки опорно-поворотного пристрою;
- 7 - опорно-поворотний пристрій;
- 8 - корзина з козюхом для укладки електрокабеля.

При автоматичному управлінні конструкція механічних захоплювальних пристроїв ускладнюється, і в цьому випадку більш ефективними є електромагнітні і вакуумні захвати.

При виконанні НРТС робіт у багатьох випадках дуже ефективні вакуумні захвати. Принцип дії їх заснований на створенні розрідження в герметично-ущільненій камері, утвореній поверхнею захоплюваного вантажу й корпусом захвата, у силу чого вантаж під дією атмосферного тиску притискається до захвату.

Вакуумні захвати використовуються переважно для підйому й транспортування виробів із плоскою захоплюваною поверхнею (металу, скла, дерева, бетонних панелей, блоків і ін.). Однак є захвати для підйому рифленого заліза, труб, мішків, бочок і т.д. Багато конструкцій вакуумних захватів дозволяють здійснювати кантування вантажів.

По способу створення вакууму розрізняють насосні, ежекторні й безнасосні вакуумні захвати, принципові схеми яких зображені на рис. 4.

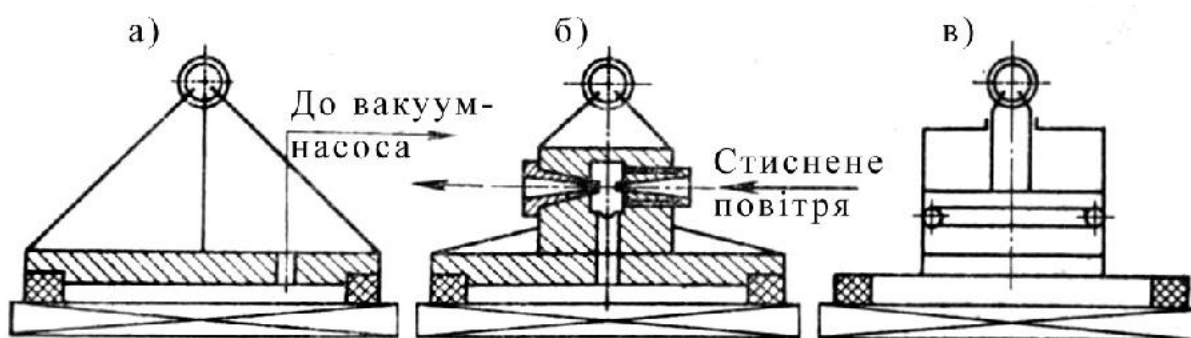


Рис. 4. Принципові схеми вакуумних захватів;

а - насосного; б - ежекторного; в – безнасосного

Захвати можуть мати ручне, дистанційне або автоматичне керування. Дистанційне керування забезпечується спеціальними пристроями захватів, якими управляє оператор з пульта. При автоматичному управленні захват вантажу забезпечується тільки за рахунок переміщення самого вантажозахоплювального пристрою.

За призначенням захвати виконуються універсальними і спеціалізованими. Спеціалізовані захвати пристосовані для вантажів з параметрами (маса, габаритні розміри, форма), змінними в чітких межах. Електромагнітні і вакуумні захвати, в основному, універсальні, але є і спеціалізовані: для труб, окремих видів металопрокату, рифленого металу та ін.

Електромагнітні й магнітні захвати використовуються для перевантаження феромагнітних або неферомагнітних вантажів у металевій тарі. Можливе застосування електромагнітних і магнітних захватів для перевантаження феромагнітних вантажів у неметалічній тарі (дерев'яній, пластмасовій). Електромагнітні й магнітні захвати використовуються в різних цехах промислових підприємств (ливарних, механобробки, заготівельних, складальних, гальванічних і т.д.), а також на складах різного призначення.

До основних переваг електромагнітних і магнітних захватів відносяться: висока швидкодія операцій захвату й звільнення вантажу, малі габарити захвату, простота конструкції й надійність у роботі, невелика вартість, легкість автоматизації.

До недоліків цього типу захватів варто віднести необхідність наявності феромагнітних елементів у складі вантажу або тари. Недоліком електромагнітних захватів є необхідність застосування додаткових пристроїв

для виключення можливості падіння вантажу при несподіваному зникненні напруги в живильній мережі.

У перевантажувальних пристроях застосовують два типи електромагнітних і магнітних захватів: грузонесучі й грузоведучі. Грузонесучі електромагнітні й магнітні захвати (вантажопідйомні магніти) здійснюють перенос вантажів з однієї грузонесучої площини на іншу. Грузоведучі електромагнітні й магнітні захвати роблять переміщення вантажів без їхнього відриву від несучої площини.

Вантажопідйомні електромагніти широко використовуються для перевантаження різних металевих вантажів: заготівель, що становлять шихти, сталеві стружки, профільного й листового заліза й т.д. Вантажопідйомними електромагнітами обладнаються бруківки й козлові крани, а також інші підйомно-транспортні механізми. При цьому один механізм може нести один або кілька вантажопідйомних магнітів.

Грузоведучі електромагнітні й магнітні захвати встановлюються на різних перевантажувачах (горизонтальних штовхачах, самохідних візках, важільних механізмах, маніпуляторах). При цьому реалізуються різні схеми перевантаження: з напольного конвеєра на стіл, з одного напольного конвеєра на іншій, з підвісного конвеєра на напольний, з конвеєра в стелаж і т.д.

Основу магнітних захватів становлять постійні магніти, виготовлені з різних магнітних матеріалів, які повинні мати наступні основні якості: високою коерціативною силою  $H_c$  (напруженість магнітного поля), високою залишковою індукцією  $B$ , сталістю магнітних властивостей. Використовують два типи постійних магнітів: литі й керамічні. Литі магніти виготовляють із магнітотвердих матеріалів на основі алюмінію, нікелю, кобальту й заліза типу ЮНДК. Керамічні магніти виготовляють із металокерамічних матеріалів методом порошкової металургії. У литих магнітів довжина магніту, обумовлена залишковою магнітною індукцією, завжди більше

товщини, обумовленою коерціативною силою. У керамічних магнітів довжина магніту завжди менше висоти, тому що їхня залишкова індукція більше коерціативної сили.

Керамічні магніти більш перспективні, тому що мають ряд переваг у порівнянні з литими магнітами: більш висока коерціативна сила, більш висока довговічність магнітних властивостей, більш низька вартість, стійкість до факторів розмагнічення, інших магнітних полів, однакова питома сила, що притягає, по всій робочій поверхні магніту, менший вплив намагнічення, на захоплювані вантажі.

Застосовують три типи конструкцій захватів з постійними магнітами:

1. з механічним зусиллям звільнення вантажу,
2. з рухомим блоком,
3. з електроімпульсним керуванням.

У магнітних захватах з механічним зусиллям звільнення вантажу використовується умова, що зусилля зрушення магніту щодо притягнутого вантажу в 2—4 рази менше зусилля відриву. Застосування магнітного захвату з механічним зусиллям при звільненні вантажу показано на рис. 5. Перевантажувальний пристрій 5 з механізмами повороту й горизонтального підйому руки 4 має захват у вигляді постійного магніту 3. Пристрій призначений для передачі металевих деталей 1, що транспортують конвеєром 2, на стіл 7. При підході деталі до позиції захвата пристрій опускає магніт на деталь. Потім рука з деталлю піднімається, повертається на  $180^\circ$  і опускає деталь на стіл. Наступною операцією є поворот руки з деталлю у зворотному напрямку. При цьому деталь упирається в обмежувальну планку 6, а захват переміщається, залишаючи деталь на столі.

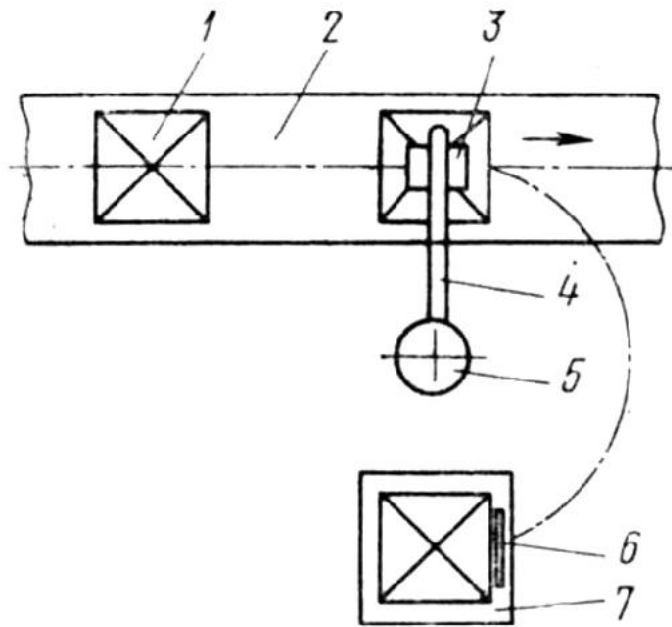


Рис. 5. Перевантажувач типу “рука” з постійним магнітом і механічним зусиллям вивільнення вантажу.

На рис. 6 схематично показане застосування стрічкового перевантажувача з магнітними захватами. Металеві деталі 1 подаються кроковим конвеєром 2 до крутонахилоного стрічкового конвеєра 4 (перевантажувача) на стрічці якого укріплені постійні магніти 3. У момент подачі упором 6 крокового конвеєра деталі до перевантажувача відбувається захват деталі і її транспортування до лотка 5. Деталь упирається в край лотка, зміщується щодо магніту й переміщується по лотку.

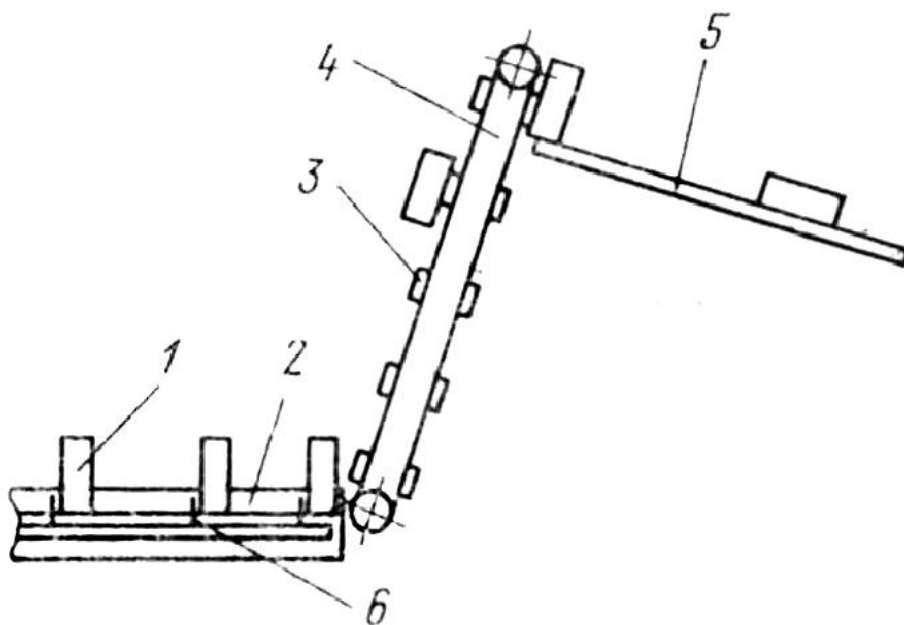


Рис. 6 Стрічковий перевантажувач з постійними магнітами.

Принцип дії магнітного захвату з рухомих блоком показаний на рис. 7. Положення захвату «включений», при якому феромагнітний вантаж 7 притягається, показане на рис. 4, а. У цьому положенні магніти 5 рухливого блоку 9 розташовані під полюсами 1 нерухомого магніту. Магнітний потік, що виходить із полюсів 2 нерухомі магніти, обгинає немагнітні вставки 3 і замикається через вантаж і корпус 4 захвату. У положенні «виключений» магніти рухомого блоку зміщені щодо магнітів нерухомого блоку (рис. 4, б), і магнітний потік замикається через рухома плиту, що приводить до звільнення вантажу. Переміщення рухомого блоку в положення «виключений» відбувається за рахунок зусилля пружини 8, а в положення «включений» — під дією тягового магніту 6.

Перспективним є електроімпульсное керування захватами з постійними магнітами. При електроімпульсному керуванні через електричну котушку, усередині якої міститься постійний магніт, пропускається протягом короткого часу (десяті частки секунди) постійний електричний струм, що

приводить до намагнічування магніту до повного магнітного насичення, що зберігається після відключення струму. Для розмагнічування

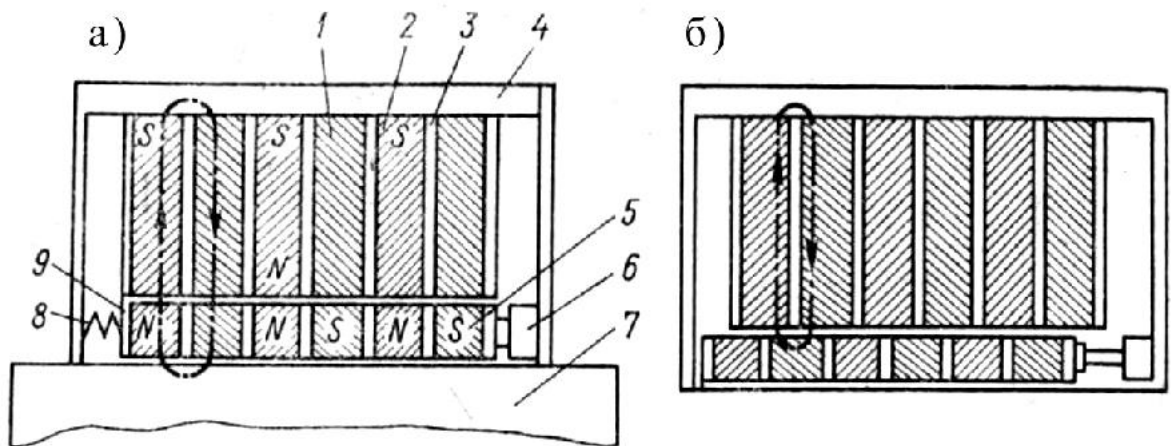


Рис. 7 . Магнітний захват з рухломим блоком: *а* — положення “включений” ; *б* — положення “виключений”

захвату через котушку пропускають електричний струм полярності, що чергується, і із загасаючою амплітудою протягом 5-10 с. До недоліків цього типу захватів варто віднести складність і високу вартість електронного пристрою керування процесами намагнічування й розмагнічування.



Голландська компанія Walker Hagou Magnetics B.V. заснована в 1947 р. і входить до складу Walker Magnetics Group, світового лідера в області магнітних технологій.

Продукція Walker Hagou Magnetics використовується такими відомими компаніями, як Nestle, Kent, Okamoto, Caterpillar і багатьма іншими.

Системи для маніпуляції порожніх або заповнених не гнучких елементів (банки, пляшки, коробки, підноси і ящики): Walker Magnetics пропонує різноманітні асортименти магнітів для палетизації / депалетизацій ( рис.8 )

У наявності - 4 стандартні моделі:

- для порожніх банок (рис. 8);
- для повних банок;
- для піддонів зі сталевими виробами;
- для скляних пляшок зі сталевими кришками (рис. 9).

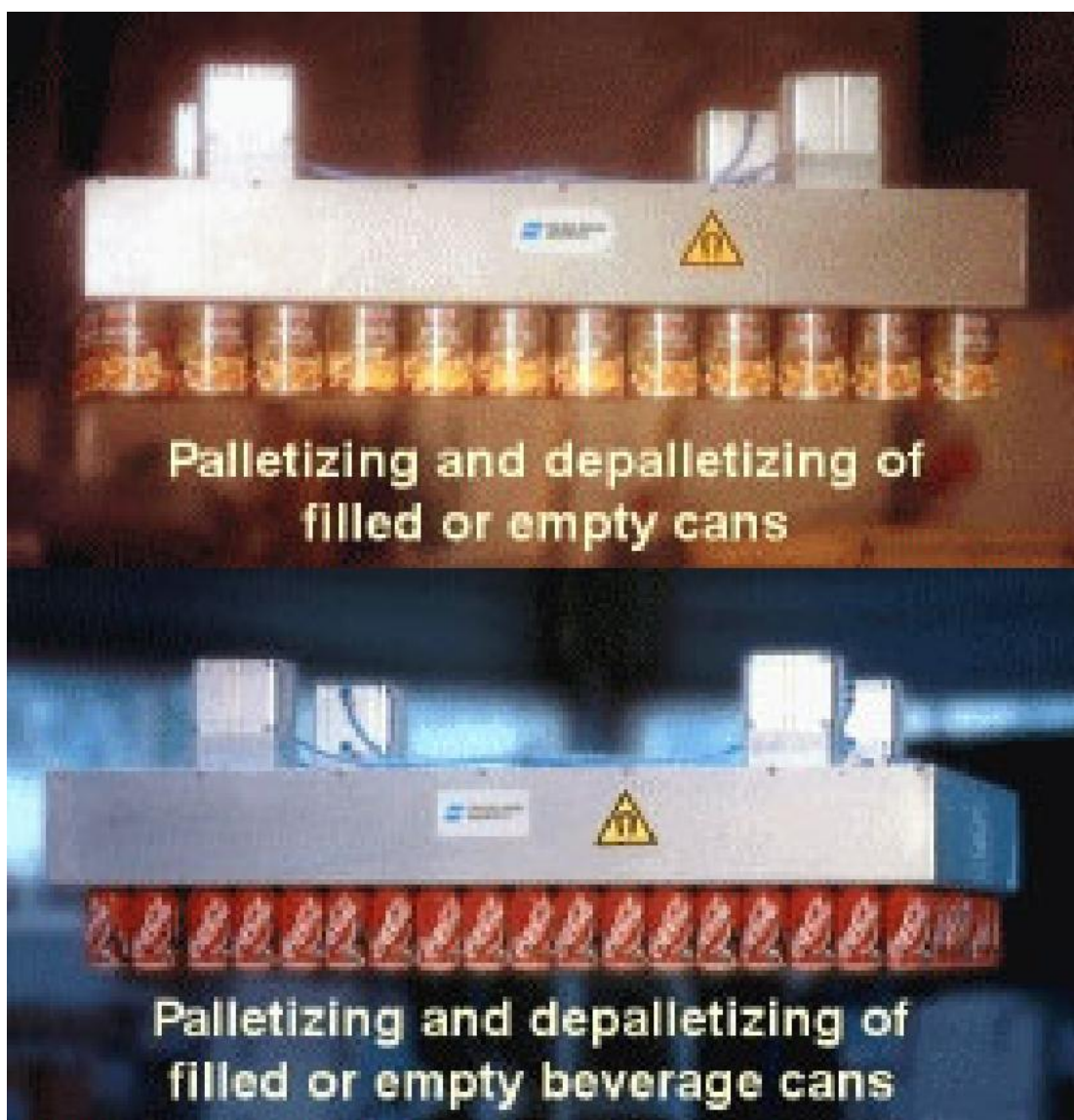


Рис. 8. Магніт для паллетизації / депаллетизації порожніх банок.



Рис. 9. Магніт для палетизації / депалетизації скляних пляшок зі сталевими кришками.

Можливі інші варіанти для передачі важких і більших сталевих вантажів.

Переваги магнітів Walker Magnetics для палетизації й депалетизації:

- стійкий магнітний блок;
- відсутність зниження утримуючої сили магніти;
- покриття з нержавіючої сталі;

- міцна конструкція (відсутність литих деталей);
- спеціальні пристрої в легковагому виконанні - у наявності для автоматизованих робіт.

Включення й вимикання магнітної сили: стандартні системи перемикаються за допомогою стисненого повітря.

Магніти для палетизації для будь-яких сфер застосування:

- скляні посудини зі сталевими кришками (рис.10);
- «потоківі» системи для повних банок вагою до 1500 г;
- керовані вручну магніти для палетизації (стандартний розмір: 300 x 380мм) також застосовуються в сполученні зі стабілізатором) (рис.12);
- легкі конструкції для автоматичних ліній.



Рис.10. Магніт для палетизації скляних посудин зі сталевими кришками.



Рис.11. Магніт для палетизації / депалетизації скляних для повних банок вагою до 1500 г.



Рис.12. Ручний магніт для палетизації / депалетизації легких банок (туб).

Магнітні укладальники використовуються для:

- скорочення висоти конвеєрного транспортування;
- створення демпфера для кінців бляшаної консервної банки;

- зниження тиску на сепараційні ножі кромкозагинальних машин;
- запобігання ушкодження лакировки кінців консервних банок.

Walker Magnetics робить кілька видів магнітних укладальників для:

- звичайних закруглених кінців консервних банок зі сталі;
- закруглених кінців консервних банок з алюмінієвих тонких аркушів або фольги;
- овальних кінців консервних банок;
- квадратних кінців консервних банок;
- прямокутних кінців консервних банок;
- кришок і ковпачків для аерозольних банок.

## *1.2. Класифікація консервної тари*

Для виробництва й зберігання консервованих харчових продуктів застосовують різноманітні види споживчої тари, серед яких найбільше поширення одержали металеві банки.

Консервна тара підрозділяється в такий спосіб:

- Збірна металева тара

1. Банки, виготовлені з білої жерсті, із клепанним і паяним поздовжнім швом і поперечними подвійними закаточними швами.

Банки цього типу найбільш широко поширені, у них випускається понад 90% консервної продукції, що розфасовується в металеву тару.

2. Банки, що легко відкриваються, мають спеціальні пристрої для розкриття, наприклад у вигляді «язичка», розташовані на корпусі.

3. Банки з білої, чорної або хромованої лакованої жерсті або алюмінію, що розрізняються способом герметизації поздовжнього шва із застосуванням ущільнювальних прокладок.

4. Банки із чорної або хромованої лакованої жерсті зі зварним поздовжнім швом.

5. Банки зі знімними кришками.

- Штампована металева тара

1. Корпус і дно банки виконуються як одне ціле за допомогою штампування - витяжки з листового або стрічкового металу: жерсті, алюмінію або його сплавів. Кришка з'єднується з банкою подвійним закаточним швом. Такі банки виконуються круглої або фігурної (прямокутної, овальної, еліптичної) форми. Банки фігурної форми виготовляють у невеликих кількостях для делікатесних рибних консервів.

2. Банки, оснащені розташованими на кришці пристроями у вигляді язичка або кільця, що полегшують розкриття банок.

3. Туби, виготовлені з порівняно товстих заготовок алюмінію за допомогою зворотного видавлювання.

4. Невеликі гладкостінні банки, одержані штампуванням - витяжкою з алюмінієвої фольги, покритої термозварним полімерним матеріалом (наприклад, поліетиленом), що використовується для зварного з'єднання із кришкою.

5. Банки зі складчастою бічною поверхнею різних розмірів і форми, одержувані штампуванням з алюмінієвої фольги.

- Комбінована картонно-металева тара

Корпус банки виготовляється із багат шарово навитого проклеєного паперу, металеві денце й кришка з'єднані з корпусом за допомогою заочування.

- Скляна тара з металевими кришками

1. Скляні банки, укупорені бляшаними або алюмінієвими кришками із вкладними гумовими кільцями за допомогою обкатування або обтиску зовнішньої крайки.

2. Скляні пляшки, укупорені корончатими металевими ковпачками з корковими або полімерними прокладками. Прокладки можна наносити у вигляді пасти.

3. Скляні банки, укупорені металевими кришками з нанесеними на них кільцями ущільнювальної пасти. Укупорка здійснюється обтиском.

4. Скляні банки, також укупорені металевими кришками з виступами й нанесеної на кришки ущільнювальною пастою. Горло банок має аналогічні виступи у вигляді секторного різьблення. Укупорка здійснюється поворотом кришки на невеликий кут.

### 1.3. Аналіз конструкцій бляшаних банок та їх класифікація

Банки металеві для консервів (ГОСТ 5981-71) виготовляють двох типів:

- перший тип - циліндричні (мал. 13),
- другий тип - фігурні штамповані банки (мал. 14).

До першого типу відносяться збірні, збірні з язичком і штамповані циліндричні банки, до другого типу - прямокутні, овальні й еліптичні банки.

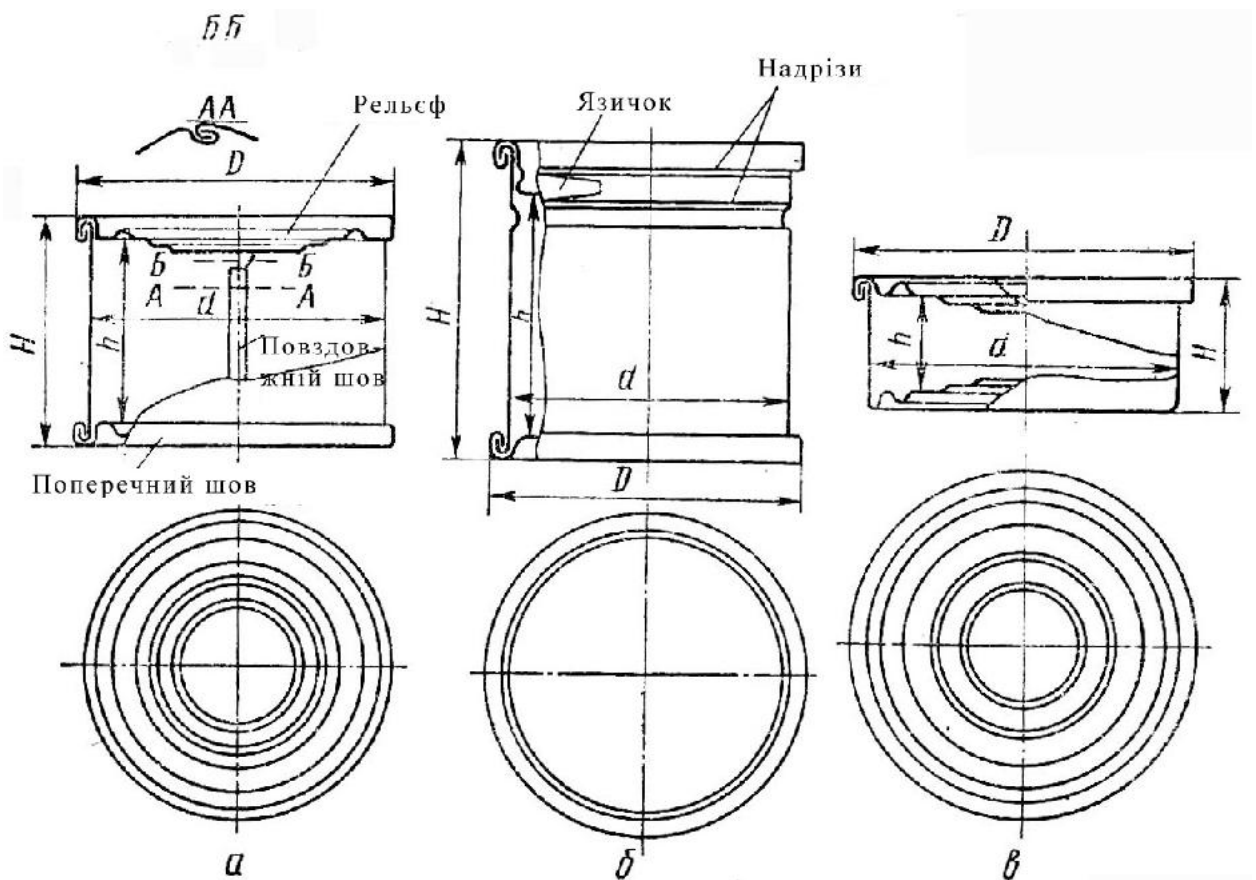


Рис. 13. Перший тип банок - циліндричні:

*a* - збірна,

*б* - з язичком,

*в* - штампована.

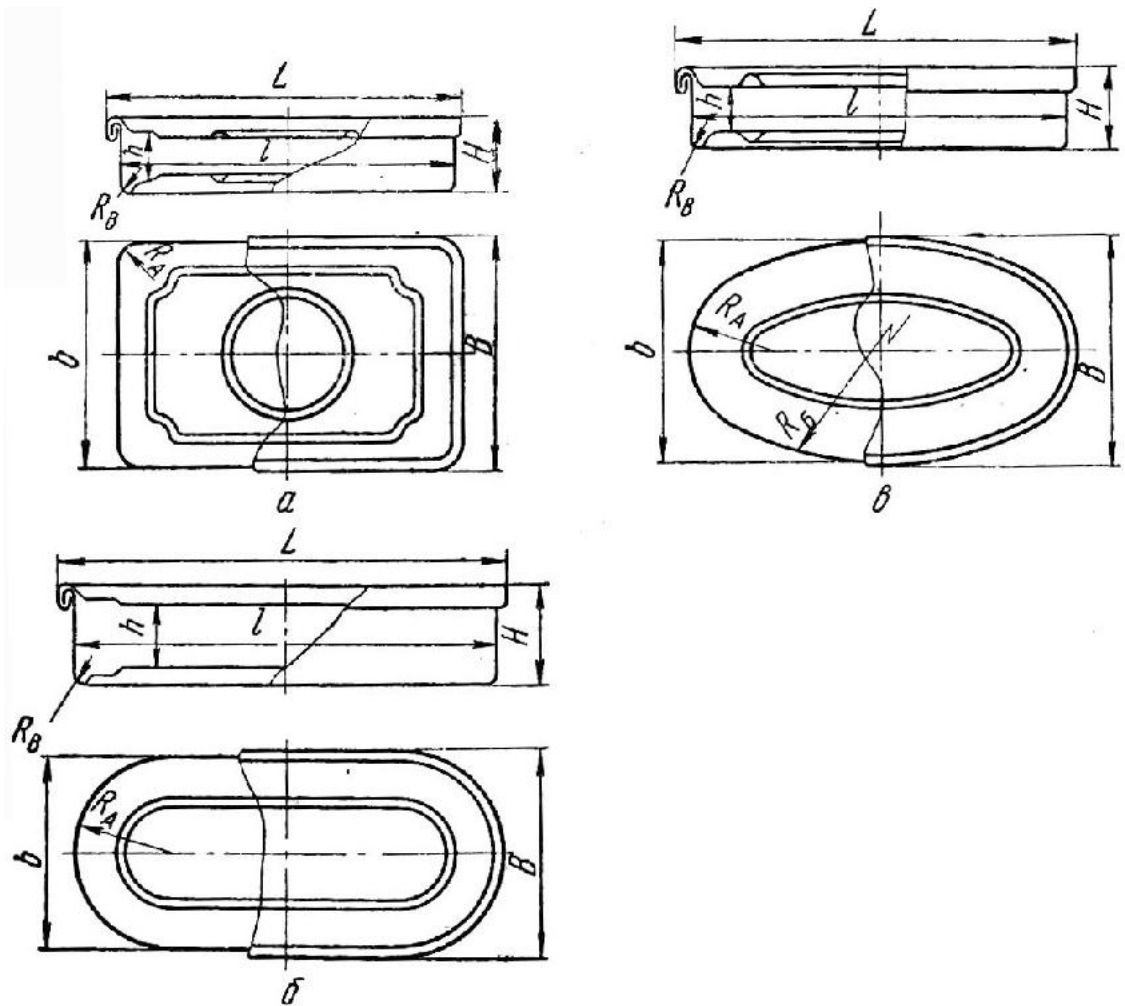


Рис. 14. Другий тип банок - фігурні:

а — прямокутна,

б — овальна,

в — еліптична.

Розміри банок першого типу наведені в табл. 1, другого типу з табл. 2 (l і L — внутрішня й зовнішня довжина, b і B — внутрішня й зовнішня ширина банки).

Таблиця 1

V, мл	d, мм	D, мм	H, мм	Спосіб виготовлення банок	Прийняті позначення банок (номер)
69	50,5	53,7	42,0	Збірні	34
93	50,5	53,7	54,0	»	24
96	72,8	76,0	27,0	Штамповані	1
96	59,5	62,7	42,0	Збірні	35
129	(99,0)	(102,3)	(21,0)	Штамповані	21
137	50,5	53,7	76,0	Збірні	36
139	(74,1)	(77,4)	(39,8)	»	22
148	91,0	94,3	27,0	Штамповані	37
153	59,5	62,7	62,5	Збірні	20
175	(99,0)	(102,3)	(27,0)	Штамповані	2
191	59,5	62,7	76,0	Збірні	23
207	(83,4)	(86,7)	(45,4)	»	38
213	50,5	53,7	114,0	»	39
222	91,0	94,3	42,0	Збірні й штамповані	40
240	(83,4)	(86,7)	(51,4)	Збірні	5
241	(99,0)	(102,3)	(39,2)	Збірні й штамповані	3
260	72,8	76,0	70,0	Збірні	4
269	(83,4)	(86,7)	(56,7)	»	6
316	72,8	76,0	83,4	»	7
353	(99,0)	(102,3)	(53,2)	Збірні й штамповані	8
364	72,8	76,0	95,0	Збірні	9
404	91,0	94,3	70,0	»	41
442	91,0	94,5	76,0	»	42
443	72,8	76,0	114,0	Збірні	43
473	(99,0)	(102,5)	(69,4)	»	11
565	(99,0)	(102,5)	(81,4)	»	12
566	91,0	94,5	95,0	»	44
767	91,0	94,5	126,0	»	45
889	(99,0)	(102,5)	(123,6)	»	13
2060	223,0	226,9	61,0	»	46
3020	(153,1)	(157,1)	(172,5)	»	14
4760	(153,1)	(167,1)	(267,0)	»	47
8760	(215,0)	(219,4)	(249,7)	»	15
9515	223,0	227,4	252,0	»	48

Таблиця 2

Форма банки	V, мол	l, мм	L, мм	b, мм	B, мм	H, мм	Номер банки
Прямокутна	54	96	99,6	43,0	46,6	19,1	28
	101	100,0	103,6	70,8	74,4	21,2	16
	159	(116,0)	(119,8)	(78,0)	(81,8)	(24,7)	17
	160	121,7	125,5	76,7	80,5	25,0	49
	218	(116,0)	(119,8)	(78,0)	(81,8)	(31,4)	29
Прямокутна	230	121,7	125,5	76,7	80,5	30,9	50
	230	184,7	188,5	58,7	62,5	28,0	51
	245	(116,0)	(119,8)	(78,0)	(81,8)	(33,0)	18
	320	(116,0)	(119,8)	(78,0)	(81,8)	(43,1)	32
Овальна	325	121,7	125,5	76,7	80,5	40,5	52
	220	148,4	151,2	66,1	69,9	31,0	54
Еліптична	235	(150,0)	(153,8)	(64,0)	(67,8)	(31,8)	19
	106	103,8	107,6	66,0	69,8	25,0	53
	230	(145,0)	(148,8)	(84,0)	(87,8)	(28,5)	31
	260	146,7	150,5	89,0	92,8	28,0	55
	430	(160,7)	(164,0)	(107,7)	(111,0)	(36,6)	33

Таблиця 3

Форма банки	V, мл	R <sub>A</sub> , мм	R <sub>Б</sub> , мм	R <sub>В</sub> , мм	Номер банки
Прямокутна	54	15,0	—	2,5	28
	101	17,0	—	2,5	16
	159, 218, 320, 325	25,0	—	2,5	17, 29, 32, 52
	160, 230, 245	25,0	—	3,0	49, 50, 51, 18
Овальна	220	32,0	—	3,0	54
	235	32,0	—	2,5	19
Еліптична	106	24,0	75,5	2,5	53
	230, 260	30,0	111,0	2,5	55, 31
	430	42,3	110,7	2,5	33

Радіус дна  $R_B$  і радіуси  $R_A$  й  $R_B$  закруглень фігурних штампованих банок наведені в табл. 3.

Основні розміри циліндричних консервних банок наведені на рис. 15.

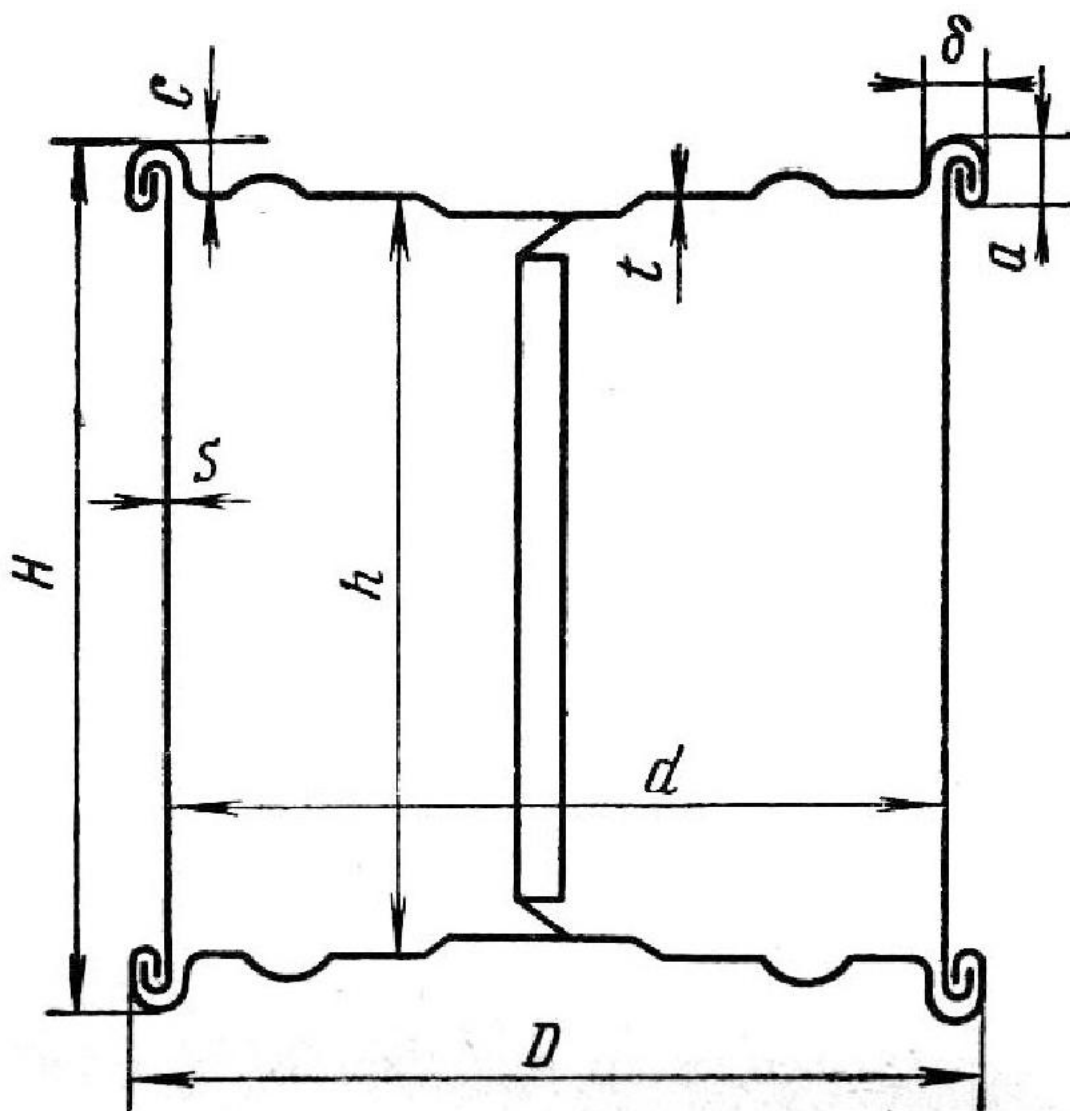


Рис. 15. Основні розміри циліндричних консервних банок.

Зовнішні розміри  $D$  і  $H$  можна вимірювати в готових консервних банок після того, як дно й кришка з'єднані з корпусом. Ці розміри залежать від товщини жерсті, зазорів усередині швів, форми закаточних роликів, їхні

налагодження й глибини западини донець і кришок, тому розміри D і Н не є постійними величинами.

Розміри банок, зазначені в дужках, не є кращими й не повинні використатися при проектуванні встаткування.

Граничні відхилення по ємності не повинні перевищувати (в %):

- для банок ємністю до 300 мл  $\pm 1,5$ ,
- ємністю від 301 до 1000 мл  $\pm 1,0$ ,
- понад 1000 мл  $\pm 0,5$ .

Найбільше поширення одержали збірні циліндричні банки ( рис.13, а). Корпус їх з'єднаний із дном і кришкою за допомогою подвійних закаточних швів, що складаються з п'яти шарів жерсті, з яких два шари утворюють корпус і три шари - дно або кришка. Поздовжній шов розташований усередині корпуса й майже по всій довжині утворений взамок, тільки біля країв шов виконаний внахлест. Така конструкція поздовжнього шва дозволяє одержати герметичне з'єднання в місці перетинання його з поперечним швом при наявності семи шарів жерсті. Герметичність поздовжнього шва досягається тим, що він на всю глибину пропаяний олов'яно-свинцевим припоєм; герметичність закаточних швів забезпечується тонкими гумовими прокладками (висушена паста).

Штампована банка ( рис.13, в) складається зі штампованого корпуса із дна і кришки й має тільки один закаточний шов.

Дно й кришка банки повинні мати рельєфи залежно від розміру, форми, ємності банки й товщини жерсті. Рельєфи забезпечують підвищену гнучкість дна й кришки й деяке збільшення обсягу банки при стерилізації, що знижує внутрішній тиск, що досягає 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>). У той же час рельєфи дозволяють відновити положення дна й кришки після охолодження консервів.

Зазвичай рельєф складається з опуклого бомбажного кільця, розташованого біля стінки западини дна й кришки, і однієї - трьох (залежно від діаметра банки) невеликих увігнутостей посередині (кільця жорсткості).

Банки для консервів виготовляють із білої жерсті, алюмінію і його сплавів. Жерсть, застосовувана для виробництва консервної тари, розділяється на номери, що умовно позначають середню товщину в сотих частках міліметра. Застосовують жерсть від № 20 до 36.

Номер жерсті, товщина алюмінію і його сплавів, застосовуваних для виготовлення тари, залежать від розміру банок і повинні відповідати табл. 4.

Таблиця 4

Тип банок	Номери банок	Номер жерсті		Товщина алюмінію і його сплавів,
		для корпусу	для кришки, дна	
Циліндричні збірні й штаповані	34, 24, 1, 35, 36, 20, 23	20—22	20—22	0,25—0,3
Те ж	21, 37, 2, 5, 6, 3, 38, 39, 40, 7, 22, 9, 4	20—22—25	22—25	0,25—0,3
»	8	22—25	22—25	0,3—0,35
Циліндричні збірні	41, 42, 43, 11, 12, 44, 45	22—25	25—28	—
Те ж	13	25-28	25-28	—
»	14, 17	28-32	28-32	—
»	46	25-28	28-32	—
»	15-48	32-36	32-36	—
Фігурні штаповані	28, 16	20-22	22—25 22—25	0,25-0,3
Те ж	17	20-22		0,3-0,35
»	29, 50, 51, 18, 32, 52, 54, 19, 31, 55	22—25	22—25—28	0,3—0,35
»	49, 53	20—22—25	22-25	0,25—0,35
»	33	22—25—28	25-28	0,3—0,35

Примітка. Жерсть для банок № 9, призначених для тривалого зберігання консервів, повинна бути по товщині не нижче № 22.

#### ***1.4. Матеріали для виробництва жерстяних банок і кришок***

Для виробництва збірних банок необхідні біла жерсть, що ущільнює матеріал, припій, паяльна рідина (флокс) і флюс. При виробництві штампованих банок потрібні жерсть, що ущільнює матеріал і матеріал для змащення жерсті перед штампуванням. Для штампованих банок і інших видів консервної тари використовують алюміній, його сплави й інші матеріали.

##### ***Основні матеріали:***

###### ***1. Жерсть.***

Для виробництва банок використовують білу жерсть гарячого лудіння товщиною 0,17—0,38 мм. Вона являє собою тонку листову або рулонну сталь, покриту із двох сторін оловом товщиною 2-3 мкм. Додатково жерсть може бути покрита лаковим або емалевим захисним покриттям.

Біла жерсть електролітичного лудіння більш економічна, тому що для неї товщина шару олов'яного покриття становить 0,4—1,1 мкм. Однак така жерсть має гірші антикорозійні властивості й може бути використана для виробництва консервної тари, тільки лакованої із двох сторін.

Для виготовлення штампованих банок застосовують звичайну білу рулонну або листову холоднокатану жерсть, літографованих - білу листову жерсть, тому що наявне встаткування пристосоване для нанесення печатки тільки на аркуші.

Крім білої жерсті в консервній промисловості застосовується чорна або хромована рулонна жерсть, покрита по обидва боки лаком. Ця жерсть більш дешева в порівнянні з білою. Вона використовується головним чином для виробництва кришок й інших укупорочних виробів.

- Жерсть білого холоднокатаного листового або рулонна гарячого лудіння.

Вона повинна відповідати вимогам ГОСТ 15580-70 до марки ГЖК (горяче-луженая жерсть консервная). Жерсть поставляють в аркушах розміром 712X512 мм і в рулонах із шириною смуг 137, 158, 170, 175, 180, 221, 239 і 321 мм. Граничні відхилення по ширині аркушів +1 мм, а по довжині +4 мм. Для рулонної жерсті граничні відхилення не повинні перевищувати: для смуг шириною 175, 239 і 321 мм -0,25 мм, для інших смуг  $\pm 0,5$  мм.

Холоднокатану білу жерсть виготовляють із низьковуглецевої сталі марки 08кп за ГОСТ 1050-60, що має наступний хімічний склад (в %): вуглець-0,09; марганець - 0,43; кремній - сліди; фосфор і сірка - 0,03.

При товщині жерсті від 0,20 до 0,28 мм граничні відхилення від номінального розміру не повинні перевищувати +0,01, -0,02 мм, а для жерсті товщиною 0,32-0,36 мм  $\pm 0,02$  мм.

Товщину жерсті вимірюють вибірково мікрометром з точністю до 0,01 мм на відстані від крайок не менш 15 мм.

Для лудіння жерсті застосовують олово марки 01 або 01пч (ДЕРЖСТАНДАРТ 860-60), сума домішок у якому не повинна перевищувати 0,14%, у тому числі свинцю не більше 0,04%.

Залежно від товщини покриття оловом жерсть ділиться на два класи:

I клас — товщина покриття 1,92—2,67 мкм, що відповідає кількості олова, нанесеній із двох сторін, 28—38 г/м<sup>2</sup>;

II клас — товщина покриття 1,58—1,91 мкм і кількість олова 23—27 г/м<sup>2</sup>.

Жерсть повинна витримувати випробування на витяжку сферичної лунки. Глибина лунки є залежною від товщини жерсті й для жерсті марки ГЖК становить для № 20— 6,2 мм, № 22—6,5 мм; № 25—6,7 мм; № 28—7,0 мм; №32—7,5 мм; № 36—8,0 мм. Крім того, жерсть повинна витримувати без

появи ознак надламу або відшарування олова восьмикратний перегин на  $90^\circ$  навколо губок з радіусом 1,5 мм на приладі НП-1-2 з натягом 6 кгс.

Жерсть повинна мати гладку й чисту поверхню без рванин, раковин, міхурів, іржавих плям, тріщин, розшарувань, незалужених ділянок і забруднень. Допускаються незначні дефекти, що не порушують цілісності покриття.

- Жерсть білого холоднокатаного листового або рулонна електролітичного лудіння.

Цей вид жерсті, що використовується для виробництва консервної тари, повинен відповідати вимогам, пропонованим ГОСТ 13345-67 до марки ЭЖК (электролуженая жерсть консервна). Така жерсть повинна застосовуватися тільки в лакованому виді.

Жерсть поставляють в аркушах шириною 712 мм і довжиною 512, 632, 648, 723 і 780 мм, а також в аркушах розміром 820X724 мм і в рулонах шириною смуг 221, 239, 252, 300, 321 і 712 мм. Для смуг шириною 712 мм, відсутніх у ДЕРЖСТАНДАРТ 15580-70 на жерсть гарячого лудіння, граничні відхилення встановлені + 1,0 мм.

Залежно від номінальної товщини покриття оловом жерсть електролітичного лудіння ділиться на три класи:

I клас — товщина покриття 1,15 мкм, що відповідає масі покриття із двох сторін 16,8 г/м<sup>2</sup>;

II клас — відповідно 0,77 мкм і 11,2 г/м<sup>2</sup>;

III клас — 0,40 мкм і 5,9 г/м<sup>2</sup>.

Для жерсті електролітичного лудіння результати випробування на пористість не є бракувальною ознакою. Всі інші види випробувань і їхньої норми відповідають таким для жерсті білої гарячого лудіння, трохи відрізняється тільки схема вирізання зразків для випробувань.

### *Механічні властивості жерсті.*

По наведеним вище даним із ГОСТів механічні властивості жерсті білої консервної характеризуються двома видами випробувань: пробій на витяжку сферичних лунок і багаторазовим перегином на  $90^\circ$  від середнього вертикального положення. Практика показує, що вони в недостатній мері характеризують здатність жерсті піддаватися обробці в жестянобаночних автоматах і, крім того, результати таких випробувань не можуть бути використані для розрахунку технологічних навантажень автоматів.

Найбільше правильно визначають механічні властивості жерсті і її здатність до технологічних деформацій загальноприйняті для всіх металів показники: тимчасовий опір  $\sigma_B$  і границя текучості  $\sigma_T$  у МПа й відносне подовження  $\delta$  зразка при випробуванні на розтяг. Ці показники можна використовувати для розрахунку навантажень.

У той же час для практичних цілей бажано знати один узагальнюючий показник механічних властивостей жерсті. У якості такого в США, Англії, Японії й інших країн часто використають твердість жерсті, обумовлену приладом типу «Супер-Роксвел». Наприклад, японська фірма «Тойо-Сейкан» застосовує для цієї мети прилад HRS-3, за допомогою якого твердість визначається по глибині вдавлювання сталеві кульки діаметром 1,59 мм у жерсть, поміщену на алмазному ковадлі.

### *2. Аркуші й стрічки з алюмінію.*

Алюміній має задовільні антикорозійні й механічні властивості й виробляється в достатній кількості, тому він одержує усе більше широке застосування для виробництва кришок до скляних банок, штампованих банок, туб і інших видів спеціальної тари.

При виробництві консервної тари використають аркуші з алюмінію (ГОСТ 13722-68) і алюмінієві стрічки (ГОСТ 13726-68).

Механічні властивості алюмінієвих аркушів і стрічок визначаються умовами прокатки й термічної обробки. Відпалені (М) мають тимчасовий опір при розтяганні  $\sigma_B \geq 59$  МПа, відносне подовження  $\delta \geq 20\%$ , нагартовані (Н) мають  $\sigma_B \geq 150$  МПа,  $\delta \geq 3\%$ .

Граничні відхилення по ширині стрічок залежать від їхньої ширини (у мм): 40-175 ( $\pm 0,5$ ), 175-300 ( $\pm 1,0$ ); 300-600 ( $\pm 3,0$ ); 600-1000 ( $\pm 5,0$ ).

Довжина аркушів алюмінію становить 2000 мм, граничні відхилення становлять по довжині аркушів +25 мм, по ширині  $\pm 10$  мм.

Можна також використати фольгу алюмінієву рулонну для технічних цілей ГОСТ 618-62, виготовлену з марок алюмінію, допущених для пакування харчових продуктів.

### *Допоміжні матеріали*

Для одержання герметичного з'єднання корпуса із дном і кришкою бляшаної банки застосовують ущільнюючі матеріали - тонкі плівки висушеної пасти й гумові кільця. Гумові кільця використовують головним чином при виробництві фігурних бляшаних банок і кришок для скляних банок, а при виробництві циліндричних банок ущільнюючим матеріалом є плівка висушеної пасти.

#### *1. Водно-аміачна паста.*

Для герметизації подвійного закаточного шва циліндричної консервної тари застосовують водно-аміачну пасту, що не повинна містити шкідливих домішок.

Перед накладенням на кришки паста являє собою густу грузлу рідину. Щільний залишок пасти повинен становити 40-49%, в'язкість по вискозиметру Светлова не менш 60 с, вміст аміаку 1%. Консистенція й склад пасти однорідні, вона повинна бути яскраво пофарбована нешкідливою харчовою фарбою.

Пасту розливають по полю кришки рівномірним шаром. Після висушування при 80—90° С, що триває в тунельній або вертикальній роторній сушарці 12—18 хв, плівка повинна бути однорідною, без пухирців і пробілів. Перед закручуванням банок вміст вологи в ущільнюючій плівці повинен бути не більший 2%.

Паста повинна добре розтікатися по жерсті й прилипати до неї. При зберіганні в рідкому виді при температурі не нижче 10°С вона зберігає первісні властивості протягом року. Висушена плівка пасти повинна бути міцно пов'язана з жерстю, не змінюючись витримувати протягом 2 годин температуру стерилізації 120° С. Вона повинна бути стійкою протягом тривалого строку зберігання консервів.

## 2. *Резинові кільця для бляшаних консервних банок.*

Для ущільнення закатоного шва фігурних банок звичайно застосовують прокладочні кільця прямокутного перерізу, що виготовлені з каучуку без вулканізації. У матеріалах, що використовуються для їхнього виробництва, не повинно міститися шкідливих домішок.

Довжина півкола кілець 83 мм, 109, 125, 130, 135, 147, 172, 200, 228 і 340 мм, поперечний переріз кілець 1X1 мм, допускаються відхилення по довжині півкола від +2 до -4% і по поперечному перерізі від +0,3 до -0,2%.

Кільця повинні бути еластичні, відносно подовження їх при розтяганні становить не менш 40% первісної довжини. Крім того, вони повинні бути пластичними й не розриватися при сплющюванні при температурі 70—100°С. При нагріванні до 120° С протягом 30 хв із наступним охолодженням на повітрі форма їхнього перетину й інші властивості не повинні змінюватися.

Кільця не повинні розчинятися в жирі й маслі, при кип'ятінні кілець протягом 30 хв у розчинах кислот, цукру або повареної солі вони не повинні надавати їм запах, смак або зафарбовувати їх.

Кільця зберігають у темному приміщенні або в укупореній тарі при температурі 0—20° С. Їх не можна зберігати в тарі, що піддана іржавінню. Строк зберігання кілець один рік з моменту виготовлення.

### *3. Гумові кільця для кришок, що обкатуються або обтискуються по зовнішній крайці.*

Ці кільця виготовляють із вулканізованих викелей (гумових труб), причому використовувані матеріали не повинні містити шкідливих домішок. Всі гумові кільця мають прямокутний переріз висотою 2,5+0,3 мм і шириною 2,2+0,2 мм. Внутрішній діаметр кільця становить: для кришок СК083 85,5+1 мм; СКО70 72,3+1; СК058 60,5+1 мм.

Кільця повинні вільно входити в завиток фланця кришок і розташовуватися в них без складок і випучування. Не допускається випадання кілець із кришок під час транспортування й надягання їх на банки. По закінченні стерилізації й після витримки в термостаті при температурі 70° С протягом трьох діб кільця повинні залишатися еластичними й пружними. Вони повинні бути стійкими до впливу кислот, рослинних і тваринних жирів. Стійкість кілець до впливу агресивних середовищ виявляють, поміщаючи їх на 1 годину у киплячий 6%-ний розчин оцтової кислоти. Обсяг розчину визначають із розрахунку 300 см<sup>3</sup> на два кільця. Опір кілець на розрив не менш 1 Н/мм<sup>2</sup> (0,1 кгс/мм<sup>2</sup>), залишкове подовження — не більше 3%. Поверхня кілець повинна бути рівною, без швів, пор і складок.

### *4. Припій.*

Для пропайки поздовжнього шва збірних банок застосовують олов'яно-свинцевий сплав (припій). При виготовленні банок з білої жерсті вживають наступні припої: ГЮС-40 (безсурм'янистий), Поссу 40-0,5 (малосурм'янистий), Поссу 40-2 (сурм'янистий) за ГОСТ 1499-70 або інші припої, допущені до застосування.

Припої можуть поставлятися у вигляді паць, прутків, дроту, стрічки, трубок або порошку. Для жестинобаночного виробництва більш зручно використовувати припої у вигляді прутків і стрічки. Припої повинні бути однорідні за своїм складом.

Після пайки корпус піддається відбортовці, при якій у місці нахлесту поздовжнього шва краї жерсті прагнуть зрушитися один щодо іншого. Припій має тимчасовий опір розриву, що в 7-8 разів менше опору, надаваного білою жерстю. Розриву в нахлесті не відбувається тому, що відносне подовження припою в 2- 2,5 рази більше подовження основного металу.

#### 5. *Паяльна рідина (флокс).*

Вона застосовується для очищення поверхні жерсті. При виготовленні корпусів збірних банок нею перед пайкою змазують поздовжній шов.

Паяльна рідина повинна задовольняти наступним вимогам: поліпшувати змочування поверхні жерсті рідким припоєм; видаляти з поверхні жирові речовини, інші забруднення й окисли металів; не робити кородійної дії на жерсть і припій; не забруднювати поверхню консервних банок; не чинити шкідливого впливу на вміст банок.

Є кілька видів паяльних рідин. У бляшано-банковому виробництві застосовують головним чином каніфольну й олеїнову паяльні рідини. Каніфольна рідина являє собою розчин каніфолі в денатурованому етиловому спирті в пропорції 1:8,33.

Олеїнову рідину готують шляхом ретельного змішування 50-100 г олеїнової кислоти з 1 л спирту. У деяких випадках етиловий спирт заміняють дуже чистим бензином (наприклад, марки Б-70). Для жерсті електролітичного лудіння рекомендується флокс, що складається з 95% етилового спирту й 5% бурштинової кислоти.

Паяльні рідини, що не містять каніфолі, сильніше діють на метал консервних банок, чим каніфольна рідина. Однак остання погано змивається з банок і забруднює механізми корпусоутворюючої машини.

#### б. *Флюси.*

Їх застосовують для запобігання окислюванню розплавленого припою і його очищення, а також для очищення й обслуговування паяльного вала корпусоутворюючої машини. Найбільш часто як флюси використовують хлористий цинк або хлористий цинк - амоній.

Хлористий цинк може застосовуватися у вигляді кристалів, порошку або міцного розчину. Розчин хлористого цинку можна приготувати із твердого хлористого цинку й з металевого цинку шляхом впливу соляної кислоти. Розчин готують у кислототривких посудинах, які перед вживанням ретельно очищають і промивають. Готовий розчин зберігають у чистих скляних суліях. Приміщення, у якому готують розчин, повинне добре провітрюватися.

Найбільш сприятлива для використання як флюс евтектична суміш із 73% хлористого цинку й 27% хлористого амонію (хлористий цинк — амоній). Вона має більш низьку температуру плавлення ( $228^{\circ}\text{C}$ ), ніж хлористий цинк ( $300^{\circ}\text{C}$ ).

Хлористий цинк - амоній застосовують у вигляді порошку. Як флюс у паяльних ваннах він є досить ефективним засобом: знижуються втрати від угару, добре утворюються шлаки й видаляються забруднення, поліпшується пайка, зменшується корозія устаткування.

### *1.5. Аналіз конструкцій електромагнітних захоплювальних пристроїв*

Конструкція електромагнітного захоплювального пристрою визначається особливостями технології перевантаження, параметрами вантажу й тари, характеристикою перевантажувального пристрою, що несе захват. Найбільший вплив на конструкцію захвата роблять: спосіб переміщення вантажу (перенос або ведення), характер операцій робочого циклу перевантаження, необхідна продуктивність перевантажувача, магнітні властивості вантажу й тари (магнітна проникність і магнітний опір), маса й габаритні розміри вантажу й тари, спосіб укладання вантажів у тарі, статичні й динамічні параметри перевантажувального пристрою (швидкість, прискорення, вібрація).

При конструюванні електромагнітних захоплювальних пристроїв використовують три види електромагнітів: серійно виготовлені промислові вантажопідйомні магніти, електромагніти, призначені для роботи в різних апаратах (гальма, контактори, реле й т.д.), нестандартизовані електромагніти, сконструйовані по індивідуальному розрахунку.

Промисловість випускає вантажопідйомні електромагніти круглої форми (серія М) і електромагніти прямокутної форми (серія ПМ).

На рис. 16, а показаний пристрій вантажопідйомного магніту серії М. У сталевому корпусі 5 розміщена котушка 6 електромагніта. Обмотка котушки приєднується до вивідних контактів, змонтованих у коробці 7. Знизу герметизація котушки забезпечується тонкою шайбою 2. Немагнітна шайба 3 захищає котушку від механічних пошкоджень і впливу високих температур. Вона втримується за допомогою дуг 4, приварених до корпусу. Підвіска електромагніта здійснюється за допомогою ланцюга 1, конструкція якої забезпечує строго горизонтальне положення захвата.

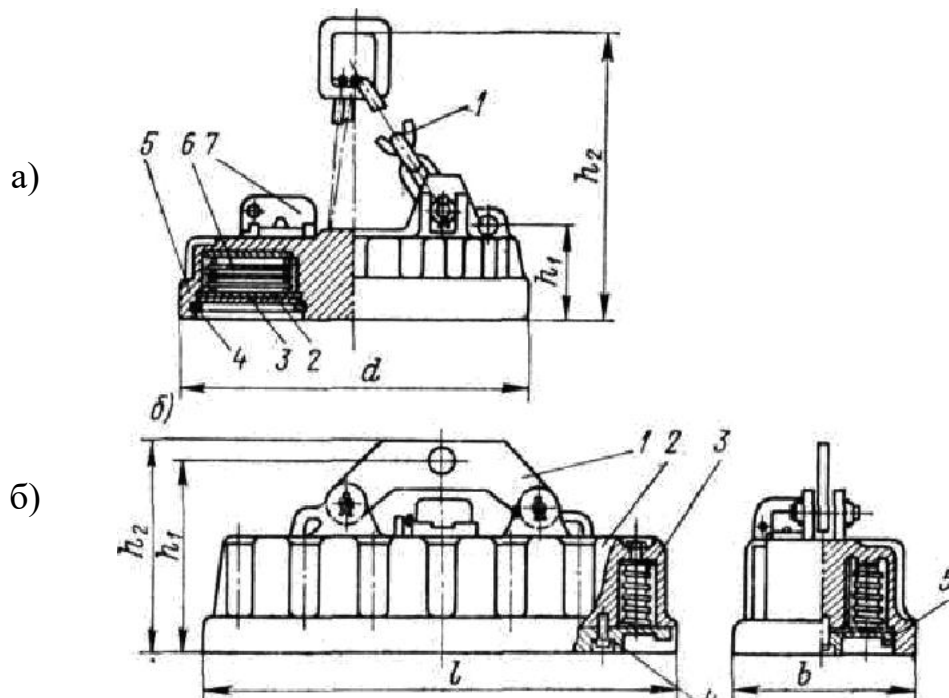


Рис. 16. Пристрій вантажопідйомного магніту серії М

Електромагніт серії ПМ показаний на рис. 16, б. Підвіска електромагніта здійснюється за допомогою коромисла 1, що має отвір для підвіски на траверсу або на інший пристрій. Коромисло з'єднане з корпусом 2 захвату. Котушка 3 електромагніту складається з декількох секцій, розміщених на суцільному сердечнику, що має один внутрішній і два зовнішні полюси 4. Знизу котушка захищена немагнітною шайбою 5.

Живлення електромагнітів серії М и ПМ здійснюється постійним струмом напругою 220 У. Електромагніти розраховані на повторно-короткочасний режим роботи із ПВ = 50 %. При ПВ > 50 % живляча напруга варто знизити до значення

$$U = \frac{1555}{\sqrt{ПВ_{EM}}}$$

де  $ПВ_{EM}$  — дійсне значення ПВ, %.

Живлення вантажопідйомних електромагнітів здійснюється від електромашинних перетворювачів або від статичних перетворювачів.

Як вантажопідйомні електромагніти використовуються електромагніти гальмових пристроїв типу МП, живлення яких здійснюється постійним струмом напругою 110, 220 і 440 У. При використанні електромагнітів типу МП для підйому вантажів видаляють якір і закривають робочу поверхню захвата шайбою з немагнітного матеріалу. Котушка 2 електромагніту поміщена у сталевий корпус 1 циліндричної форми (рис. 17). У сердечнику 6 електромагніта є отвір 5 для штиря якоря. Немагнітна шайба 4 (латунний ковпак) закріплена гвинтом 3. Підведення живлення здійснюється через втулку 7.

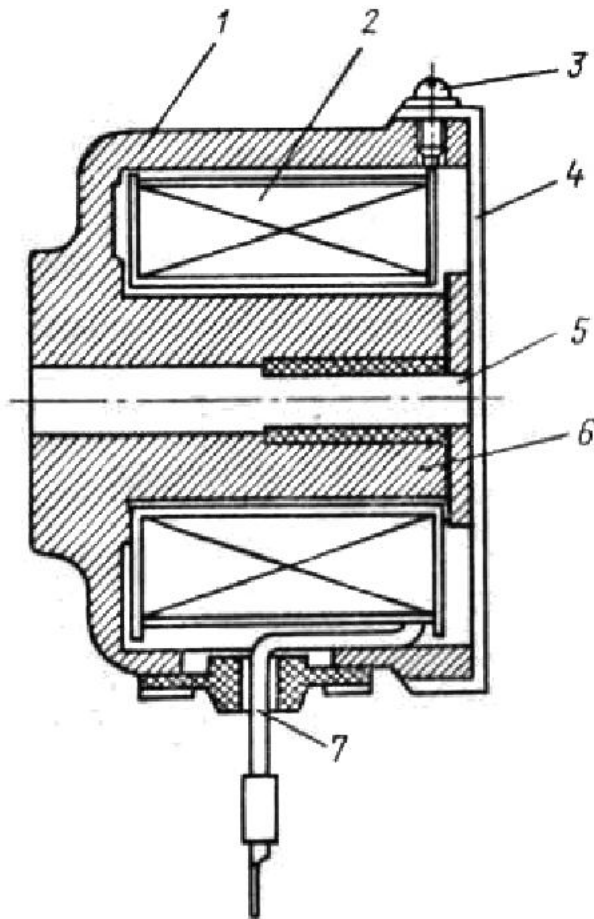


Рис. 17. Електромагніт типу МП

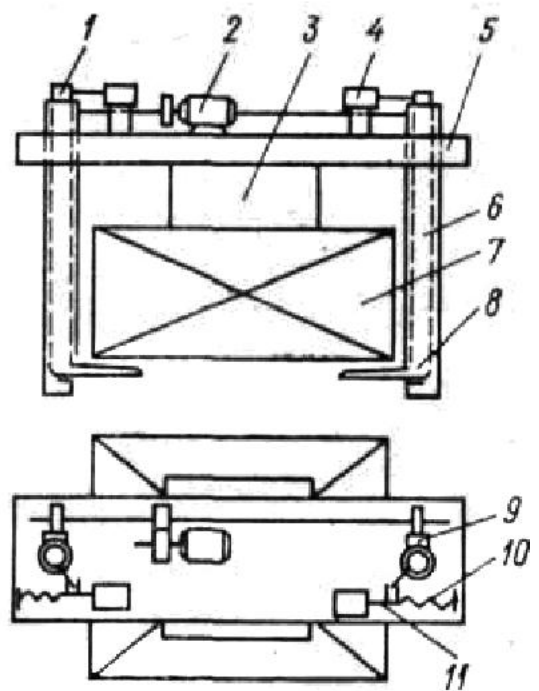


Рис. 18. Електромагніт із запобіжними пристроями

У тих випадках, коли траса переміщення вантажів електромагнітним захватом не обгороджена або падіння вантажів у результаті випадкового відключення електроенергії приведе до значних матеріальних втрат, застосовують різні запобіжні пристрої, що запобігають падіння вантажу. Електромагнітний захват із запобіжним пристроєм показаний на рис. 18. Траверсу 5, що підвішує до мостового крана, несе електромагніт 3 і запобіжні лабети 8. Перед захватом лабети перебувають у верхньому розгорнутому назовні положенні, не перешкоджаючи захвату вантажу 7. Після захвату вантажу і його підйому на висоту 0,5 м включається мікродвигун 2 з вбудованим редуктором, що через рейкові передачі 9 опускає трубу 6, усередині якої встановлена штанга 1, що несе лабети. Потім за допомогою тягових електромагнітів 4, що впливають на качани 11, відбувається поворот штанг із лабетами в робоче положення (поворот на  $120^\circ$ ). Перед опусканням вантажу живлення тягових електромагнітів відключається, і пружини 10 повертають штанги з вилами у вихідне положення. Мікроелектродвигун піднімає лабети у верхнє положення.

При конструюванні нестандартизованих електромагнітних захватів використовують магнітом'які матеріали. До магнітом'яких матеріалів відносяться низьковуглецеві електротехнічні сталі марки Э. З підвищенням температури намагніченість насичення магнітом'яких матеріалів різко падає. При виготовленні магнітопровода з листової сталі застосовують прямокутний магнітопровід Ш-подібної або П-подібної форми з розміщенням однієї або двох котушок (рис. 19, а, б). Литий магнітопровід звичайно має форму порожнього циліндра, усередині якого розміщаються сердечник і котушка (рис. 19, в).

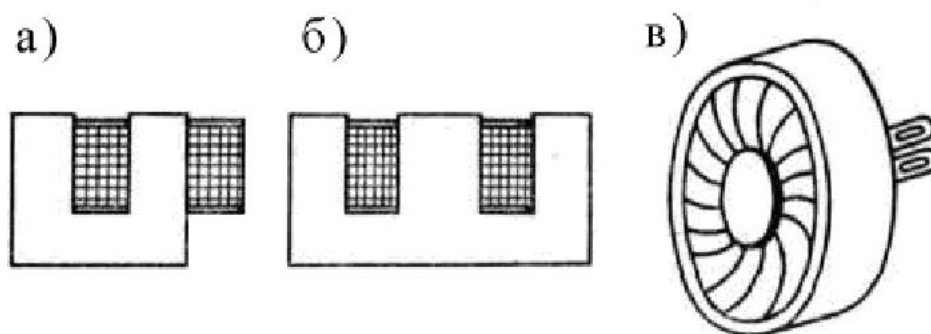


Рис. 19. Типи електромагнітів:

- а - з П-подібним сердечником;
- б - із Ш- подібним сердечником;
- в - із круглим сердечником.

Вибір проводу обмотки здійснюється з урахуванням припустимої щільності струму й умов роботи захвату (температура, вологість, частота включень, динамічні навантаження). У реальних умовах магнітний ланцюг вантажу змінюється за рахунок зміни матеріалу й товщини стінок тари, різного розміщення феромагнітних вантажів усередині тари, наявності

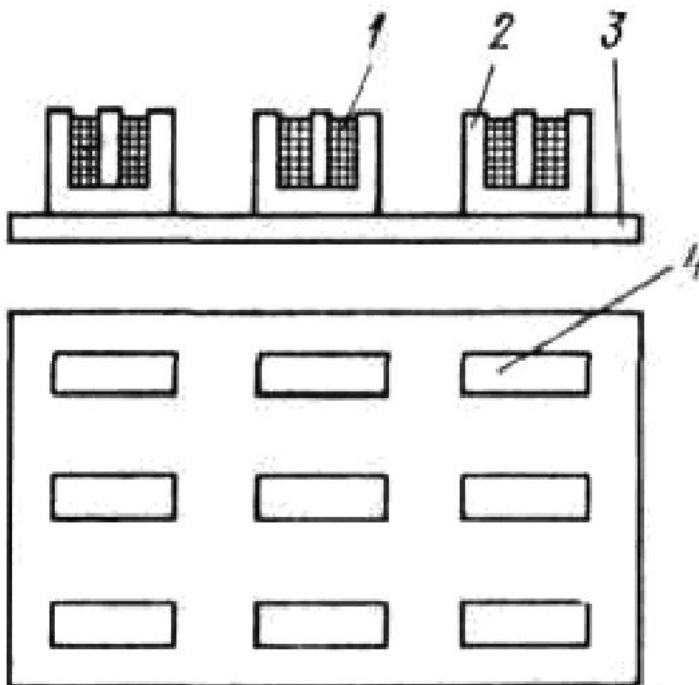


Рис. 20. Електромагнітний захват

повітряних зазорів і т.д. При розробці конструкції електромагнітного захвату для компенсації розкиду параметрів магнітного ланцюга вантажу доцільно мати не один, а кілька електромагнітів у складі захвату. На траверсі 3 (рис.20) змонтовано дев'ять електромагнітів 4, що складаються із Ш-подібного сердечника 2 і котушки 1. Залежно від конфігурації захоплюваної деталі включається певна комбінація електромагнітів.

## 1.6. Аналіз методик розрахунку електромагнітних захоплювальних пристроїв

Сила притягання електромагнітного захвату повинна бути більше ваги вантажу для грузонесучих магнітів і більше сумарного опору переміщенню вантажу для грузоведучих електромагнітів. Необхідна сила притягання визначається введенням коефіцієнта запасу  $k_3$ . Для вантажопідйомних електромагнітів

$$F_{np} = k_3 \cdot G_e,$$

а для грузоведучих :

$$F_{np} = k_3 \cdot f_n \cdot G_e,$$

де  $f_n$  — коефіцієнт тертя спокою вантажу, що перештовхується.

Коефіцієнт  $k_3$  вибирають із урахуванням можливих відхилень геометричних параметрів вантажу, повітряного зазору й коливань напруги живильної електромережі (звичайно  $k_3 = 1,1 \dots 1,3$ ).

Сила притягання електромагніта знаходиться по формулі

$$F_{np} = \frac{(I_\omega)^2}{2\mu_0 S_m R_m}$$

де  $I_\omega$  — магніторушійна сила (добуток сили струму в котушці на число витків);

$R_m$  -сумарний опір магнітного ланцюга;

$S_m$  - площа сердечника магніту;

$\mu_0$  — магнітна постійна ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г} \cdot \text{м}^{-1}$ ).

Опір магнітного ланцюга захвату

$$R_m = R_{m.c.} + R_{m.в.} + R_{m.л.}$$

$R_{m.c.}$  — магнітний опір сердечника;

$R_{м.в.}$  — магнітний опір вантажу;

$R_{м.п.}$  — магнітний опір повітряного зазору.

Як правило,  $R_{м.в.}$  становить 70—90 % від загального опору магнітопроводу.

Сумарний магнітний опір ланцюга Ш-подібного електромагніту й вантажу (основа тари) при постійній магніторушійній силі можна визначити за наближеною формулою:

$$R_{м.} = \frac{l_{в.}}{\mu_{в.} l_{с.} h_{в.}} + R_{м.в.} + 0,1 \frac{l_{с.}^2}{b_{с.}^2} R_{м.с.}$$

де  $R_{м.с.}$  -магнітний опір сталі електромагніта;

$\mu_{в.}$  — магнітна проникність вантажу (тари);

$l_{в.}$  — довжина ділянки магнітопроводу вантажу;

$h_{в.}$  — висота вантажу (товщина основи тари);

$l_{с.}$  — довжина сердечника;

$b_{с.}$  — ширина сердечника.

Задавшись напругою, що підводиться до електромагніта, і маркою проводу обмотки, визначають параметри обмотки електромагніта. Мінімальний діаметр проводу обмотки

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4\xi \cdot l_{в.ср} \cdot I_{\omega}}{\pi \cdot U}}$$

де  $\xi$  — питомий опір проводу;

$l_{в.ср}$  — середня довжина витка котушки.

Для круглої котушки (рис. 21, а)

$$l_{в.ср} = \frac{\pi \cdot (d_{н.} + d_{в.})}{2}$$

для прямокутної котушки (рис. 21, б)

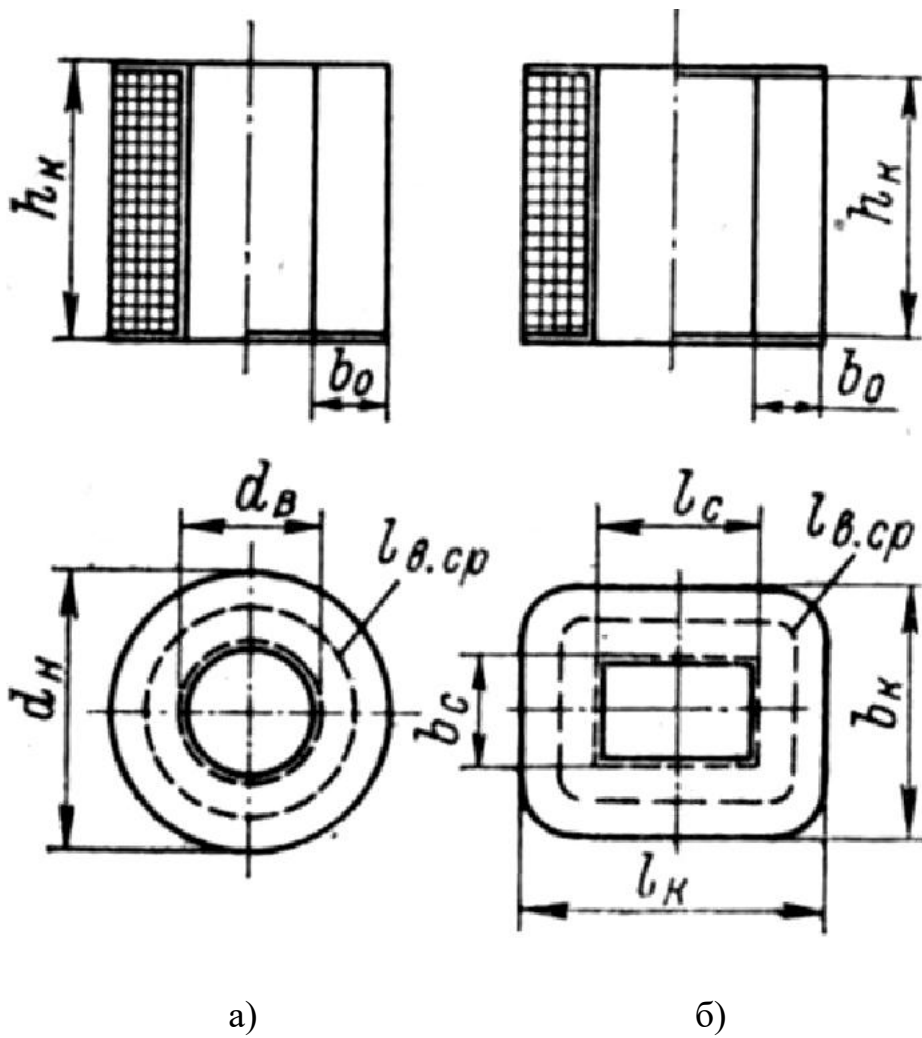


Рис. 21. До розрахунку параметрів котушок електромагніту:

а – круглої; б – прямокутної.

$$l_{\text{в.ср}} = 2(l_c + b_c) + \pi b_0.$$

Отримане значення  $d_{\text{мін}}$  округляємо до найближчого більшого стандартизованого значення. Для круглої котушки при рядному намотуванні число витків

$$\omega = \frac{h_k \cdot (d_n - d_в)}{2d_n^2};$$

для прямокутної котушки

$$\omega = \frac{h_k \cdot (l_k - l_c)}{2d_n^2},$$

де  $d_n$  - діаметр проводу, включаючи ізоляцію.

### ***Висновки***

До основних переваг електромагнітних захватів відносяться:

1. висока швидкодія операцій захвату й звільнення вантажу,
2. малі габарити захвату,
3. простота конструкції й надійність у роботі,
4. невелика вартість,
5. легкість автоматизації.

Недоліком електромагнітних захватів є необхідність застосування додаткових пристроїв для виключення можливості падіння вантажу при несподіваному зникненні напруги в живильній мережі.

## *II. Розробка конструкції електромагнітного захоплювального пристрою*

### *II.1. Постановка завдання на дослідження і розробку конструкції електромагнітного захоплювального пристрою.*

Основною проблемою при розробці даного електромагнітного захоплювального пристрою була товщина жерсті кришок (денець) банок. Вона складає в середньому 0,22-0,25мм для найпоширеніших типорозмірів банок.

Аналіз ринку показав, що найбільш поширеними типорозмірами банок є: №38, 6, 5 (ГОСТ 5981-88), хоча досить велике число торгових марок випускають продукцію у банках, рельєф кришок (денець) котрих не відповідає діючим стандартам. Це в першу чергу відноситься до іноземних виробників.

На рис.22 показаний рельєф кришки реальної банки, придбаної в супермаркеті (він також не зовсім відповідає ГОСТ 5981-88, не змінним залишився лише зовнішній діаметр банки).

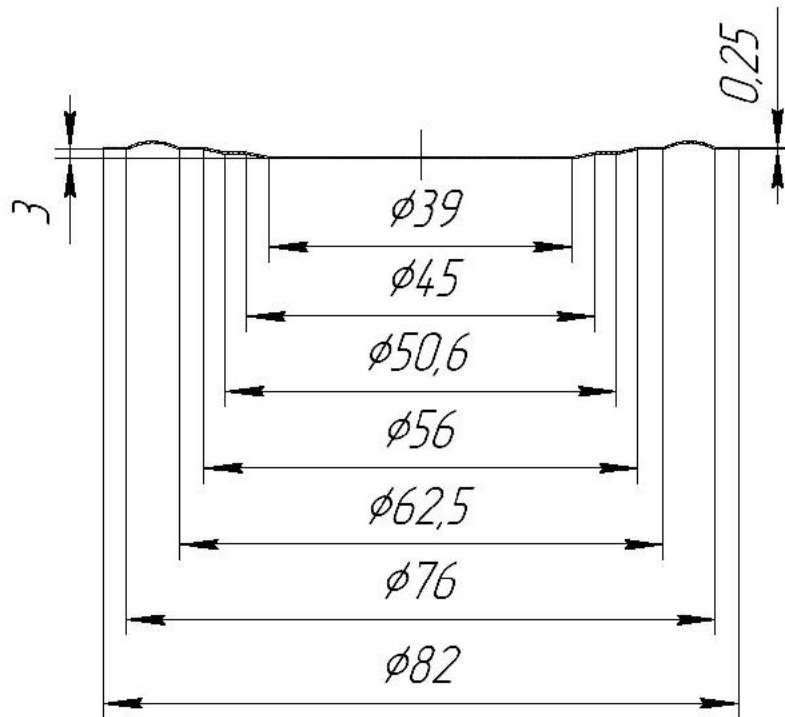


Рис.22. Рельєф кришки жерстяної банки

## *II.2. Опис конструкції і принцип дії розробленого електромагнітного захоплювального пристрою*

За основу для розробки конструкції електромагнітного захоплювального пристрою було взято найменший діаметр плоскої частини кришки, що становить 39мм. Цей „найменший діаметр” є спільним майже для всіх виробників із зовнішнім діаметром банок 87 мм. Під час розробки креслень приймалося до уваги те, що робоча поверхня електромагнітного захоплювального пристрою повинна вписуватись у коло, діаметром 39мм.

Матеріал для виготовлення залізних частин пристрою – сталь20.

На рис. 23-25 показані складові деталі пристрою.

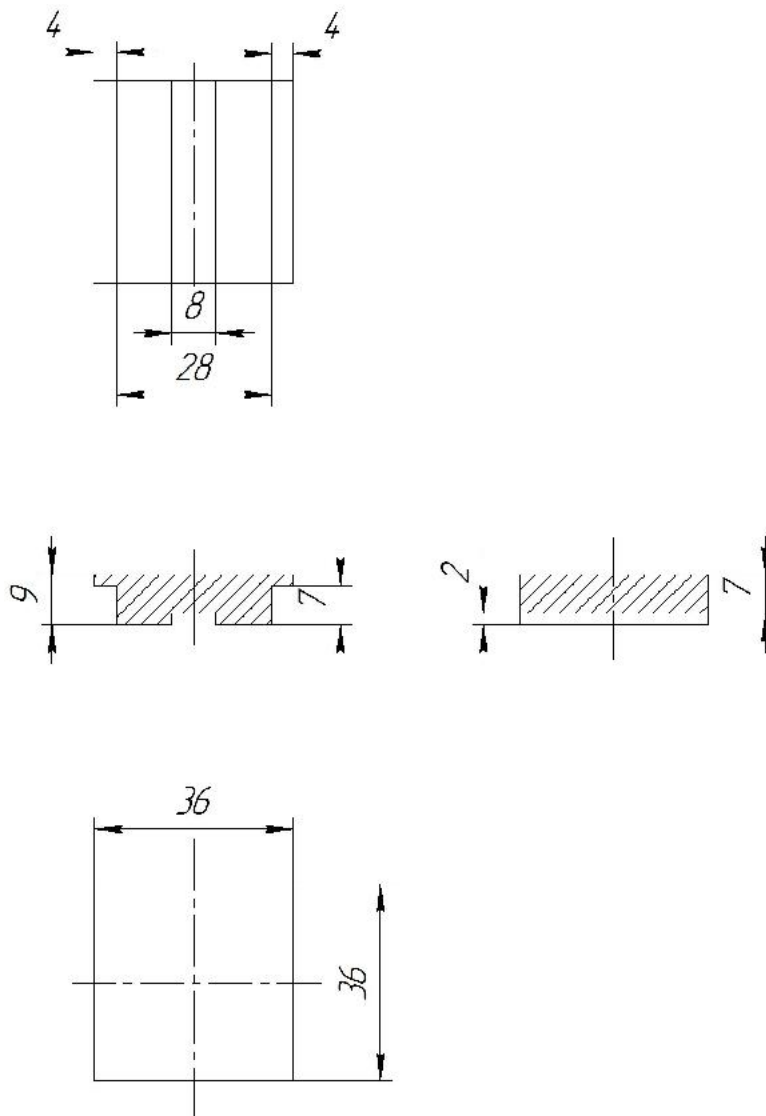


Рис.23. Кришка

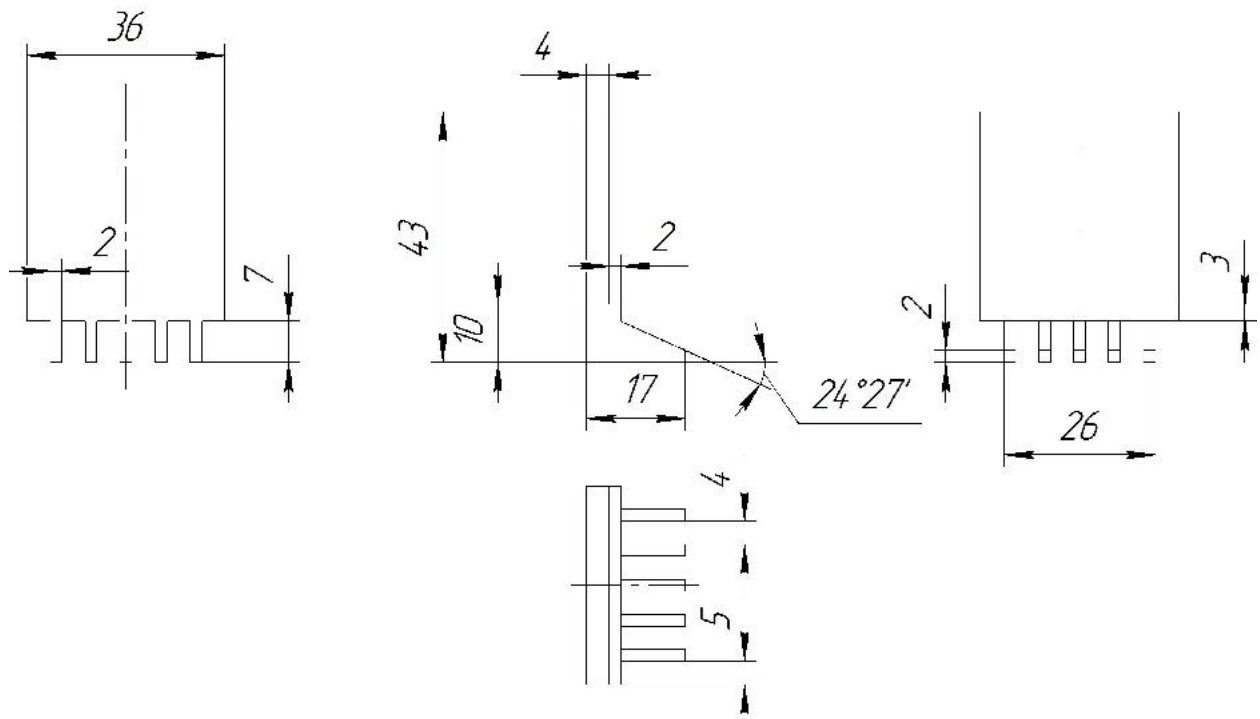


Рис. 24. Стінка

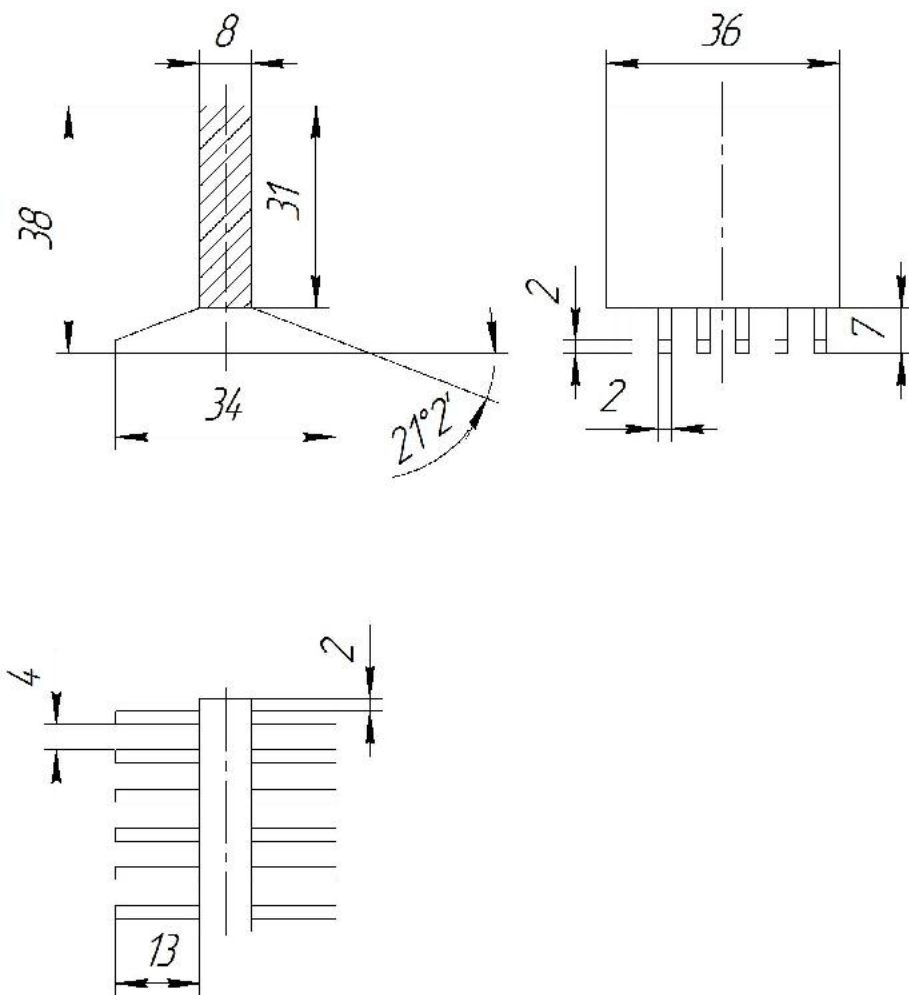


Рис.25. Стійка

На рис.26 показана катушка електромагніта.

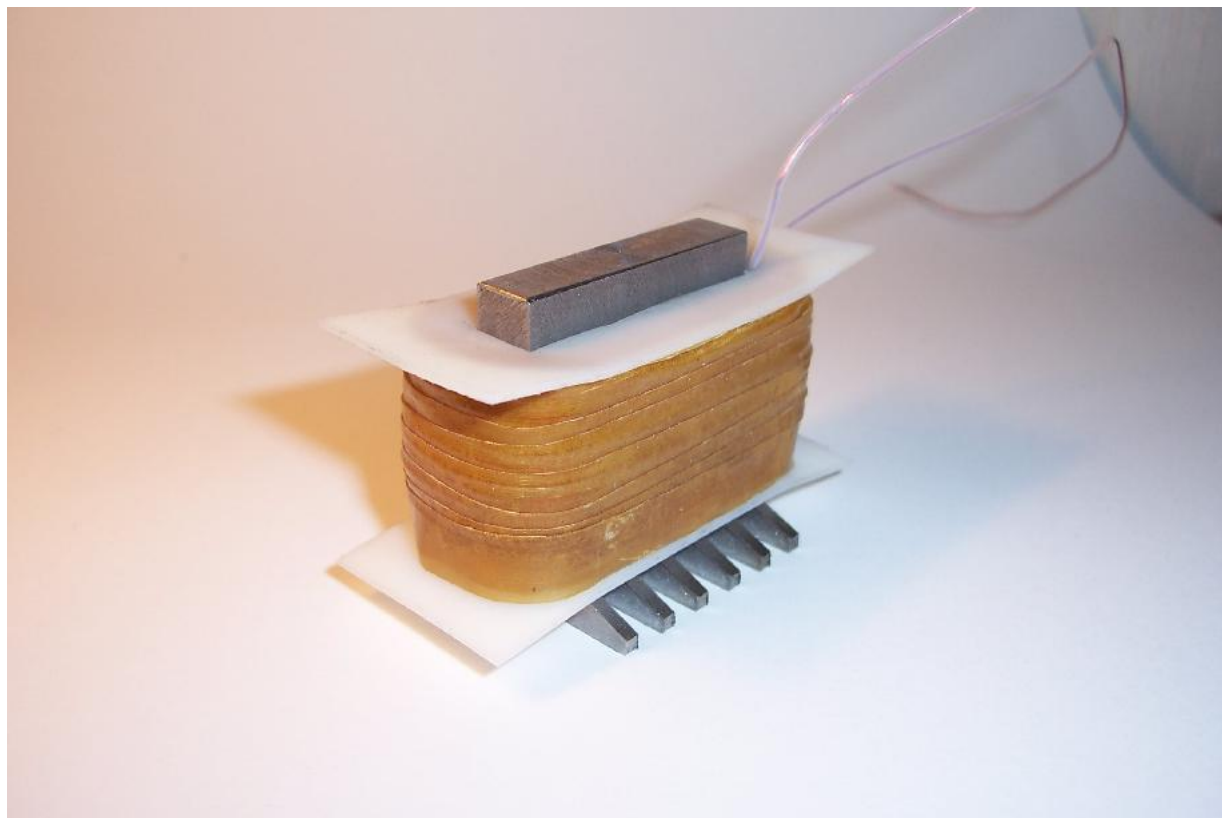


Рис. 26. Катушка електромагніта.

На рис. 27 показаний електромагнітний захоплювальний пристрій у зібраному вигляді.

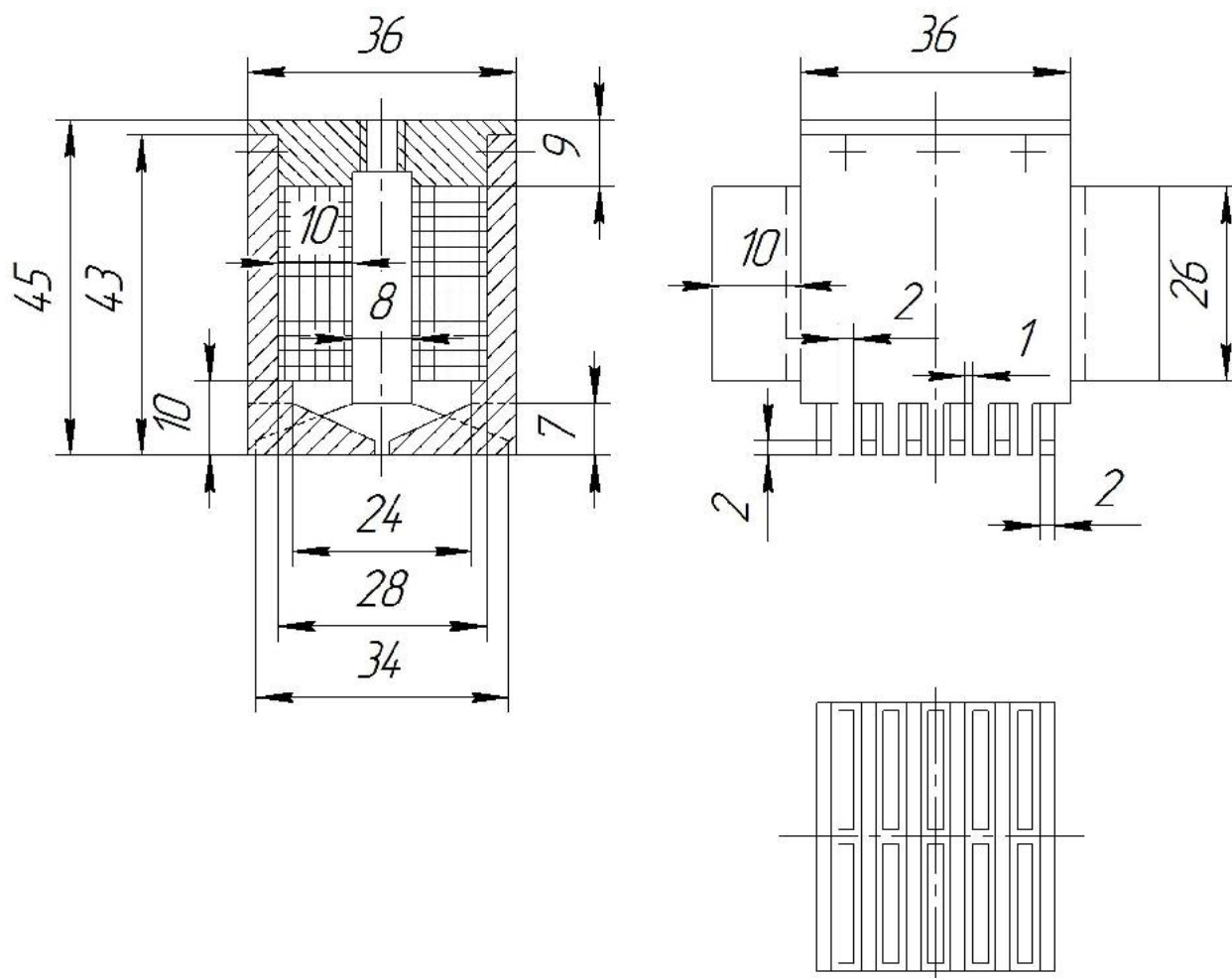


Рис. 27. Електромагнітний захоплювальний пристрій (загальний вид).

**Принцип дії:** під час пропускання електричного струму через котушку в електромагніті створюється магнітне поле, що притягує до робочої поверхні електромагнітного захоплювального пристрою феромагнітний вантаж (жерстяна банка). Ступінь намагнічення сталевого осердя, обумовлений величиною магнітного потоку, що проходить через нього. Вантажопідйомна сила електромагніта залежить від величини струму, що пропускається через котушку, числа, хімічного складу, форми і розмірів вантажу, що піднімається. Живлення

електромагніту здійснюється постійним струмом. Для вивільнення вантажу достатньо вимкнути живлення електромагніту.

Схематично розподіл сил притягання вантажу електромагнітного захоплювального пристрою зображено на рис.27.

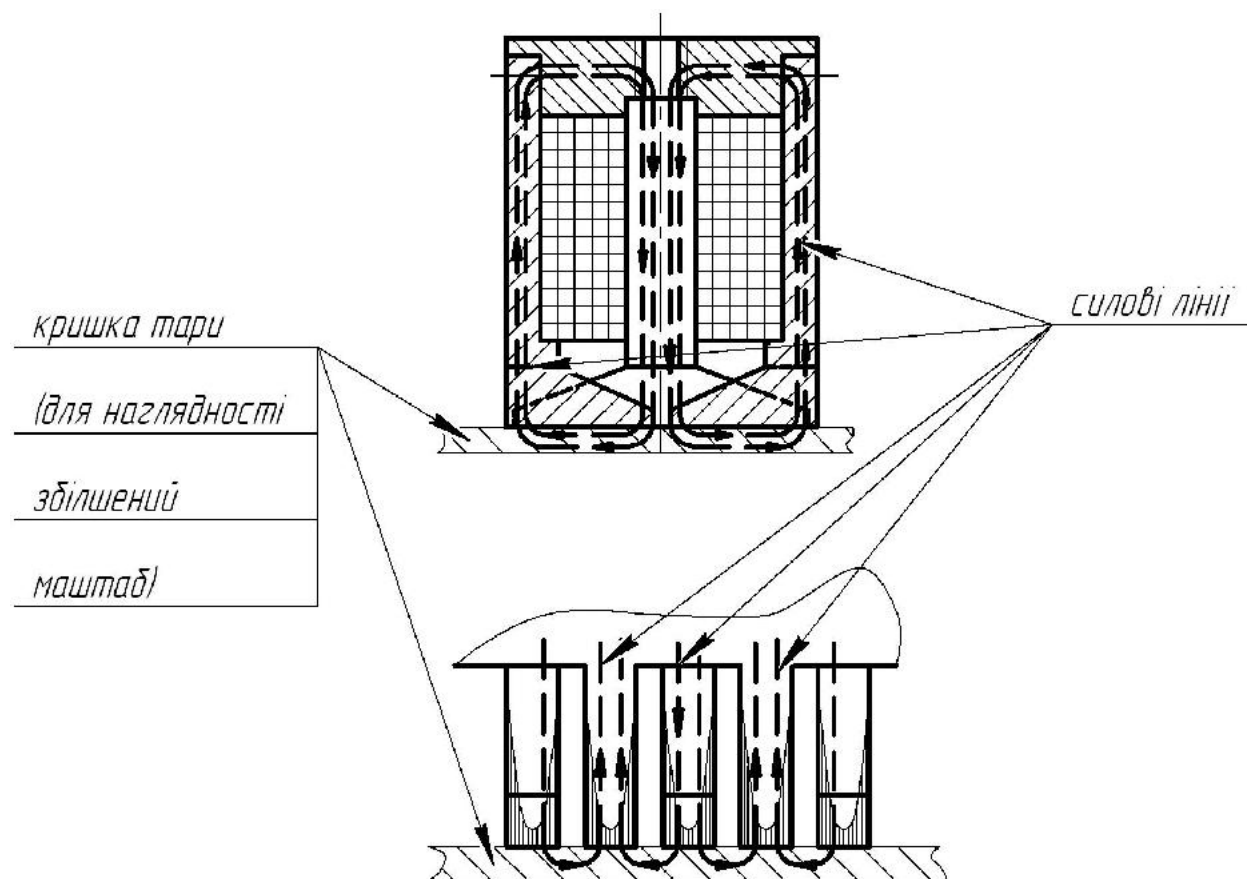


Рис. 27. Розподіл сил притягання вантажу електромагнітного захоплювального пристрою

### **II. 3. Конструктивно-технологічні розрахунки параметрів електромагнітного пристрою.**

Провід ПЕВ-2

$$d = 0,38\text{мм};$$

$$S_{\text{пр}} = 0,1134\text{мм}^2;$$

$$d_{\text{із}} = 0,44 \text{ мм};$$

$$P'_{1000} = 1,04 \text{ кг/км (з ізоляцією)}.$$

Активний опір:

$$R'_{20} = 154,4 \text{ Ом/км} = 0,1544 \text{ Ом/м}.$$

Густина суцільної обмотки:

$$W' = 430 \text{ в } 1 \text{ см}^3 (K_{\text{зап}}=0,85).$$

Струмове навантаження при  $j = 4 \text{ А/мм}^2$ :

$$I = 0,452 \text{ А}.$$

Середня довжина витка:

$$l_{wcp} = 2\pi R_{cp} + 2 \cdot 36 = 128 \text{ мм}.$$

Переріз катушки:

$$S_{\text{кат}} = h_k \cdot b_k = 24 \cdot 8 = 1,92 \text{ см}^2.$$

Кількість витків катушки:

$$W_k = W' \cdot S_k = 430 \cdot 1,92 \approx 800 \text{ витків}.$$

Загальна довжина проводу:

$$l_{cp} = l_{wcp} \cdot W_k = 128 \cdot 800 = 102400 \text{ мм} = 110 \text{ м}$$

Маса проводу:

$$P' = 1.04 \cdot 0.11 = 0.1144 \text{ кг} = 120\text{г}$$

Активний опір катушки (на 1 м довжини):

$$R'_{(100)} = R'_{(20)} [1 + \alpha(100 - 20)] = 0.1544 \cdot [1 + 0.0041 \cdot 80] = 0.205 \text{ Ом/м.}$$

Активний опір катушки:

$$R_{(100)} = R'_{(100)} \cdot l_{np} = 0.205 \cdot 102.4 = 21 \text{ Ом.}$$

$$U = I \cdot R_{k(100)} = 0.452 \cdot 21 \approx 9.5 \text{ В}$$

$$F = I \cdot W_k = 0.452 \cdot 800 \approx 360 \text{ Аw}$$

### ***Висновки***

Конструкція електромагнітного захоплювального пристрою визначається особливостями технології перевантаження, параметрами вантажу й тари, характеристикою перевантажувального пристрою, що несе захват. Найбільший вплив на конструкцію захвата роблять: спосіб переміщення вантажу (перенос або ведення), характер операцій робочого циклу перевантаження, необхідна продуктивність перевантажувача, магнітні властивості вантажу й тари (магнітна проникність і магнітний опір), маса й габаритні розміри вантажу й тари, спосіб укладання вантажів у тарі, статичні й динамічні параметри перевантажувального пристрою (швидкість, прискорення, вібрація).

Сила притягання феромагнітної тари до магніту залежить від величини індукції магнітного поля в зоні контакту „ребер” (робочої поверхні) магніту з тарою. Ця зона розроблена розвиненою задля підвищення вантажопідйомності електромагнітного захоплювального пристрою.

**III. Експериментальне дослідження параметрів процесу перевантаження жерстяної заповненої тари за допомогою електромагнітного захоплювального пристрою**

**III. 1. Опис дослідно-експериментальної установки**

Дослідно-експериментальна установка (рис.28) складається з штативу 1, на якому підвішено динамометр 2, до якого підвішено електромагніт 3, що під'єднаний до електро мережі, за схемою, що зображена на рис.29.

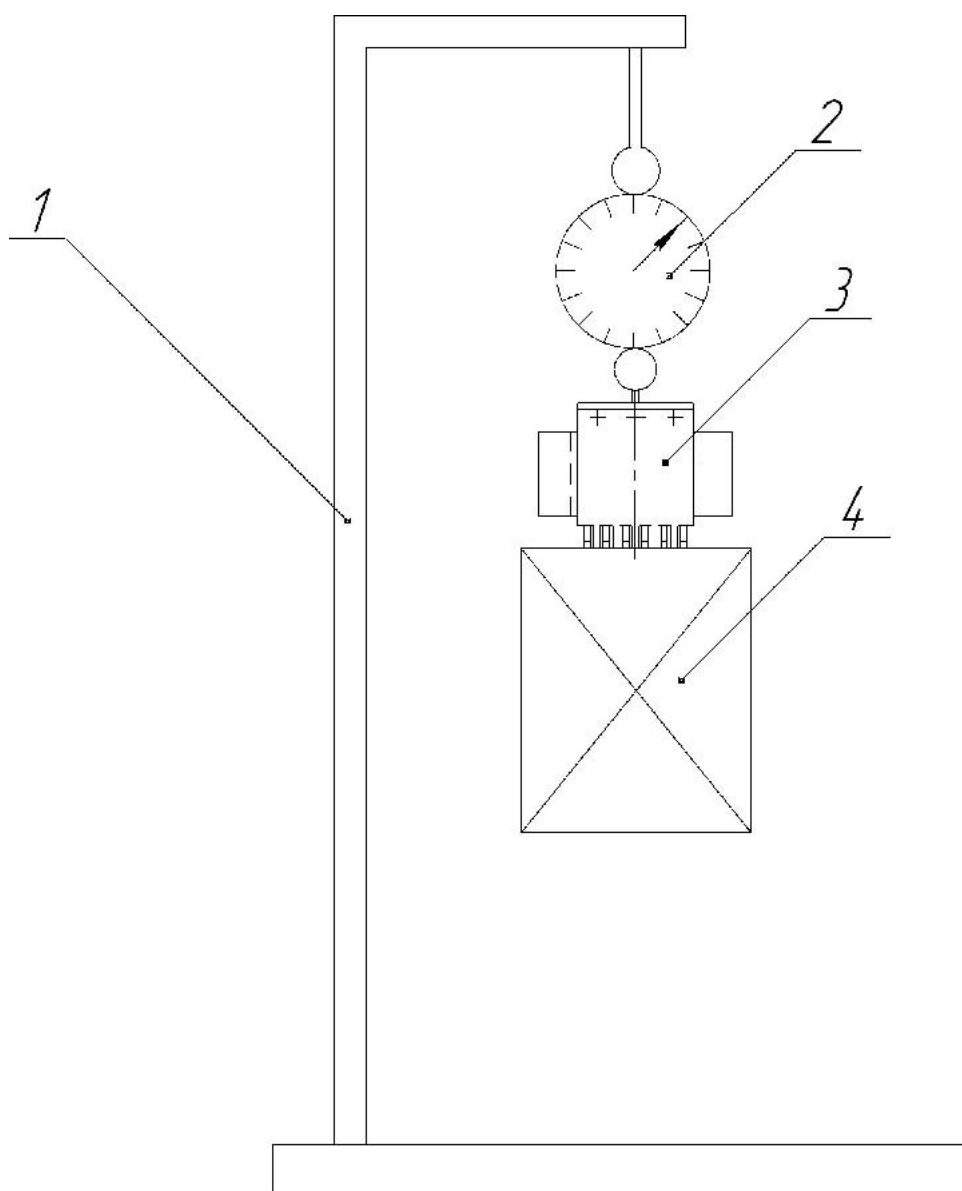


Рис.28. Дослідно-експериментальна установка

Суть експерименту полягає у визначенні залежності сили утримання вантажу 4 від сили струму, що подається в котушку електромагніта.

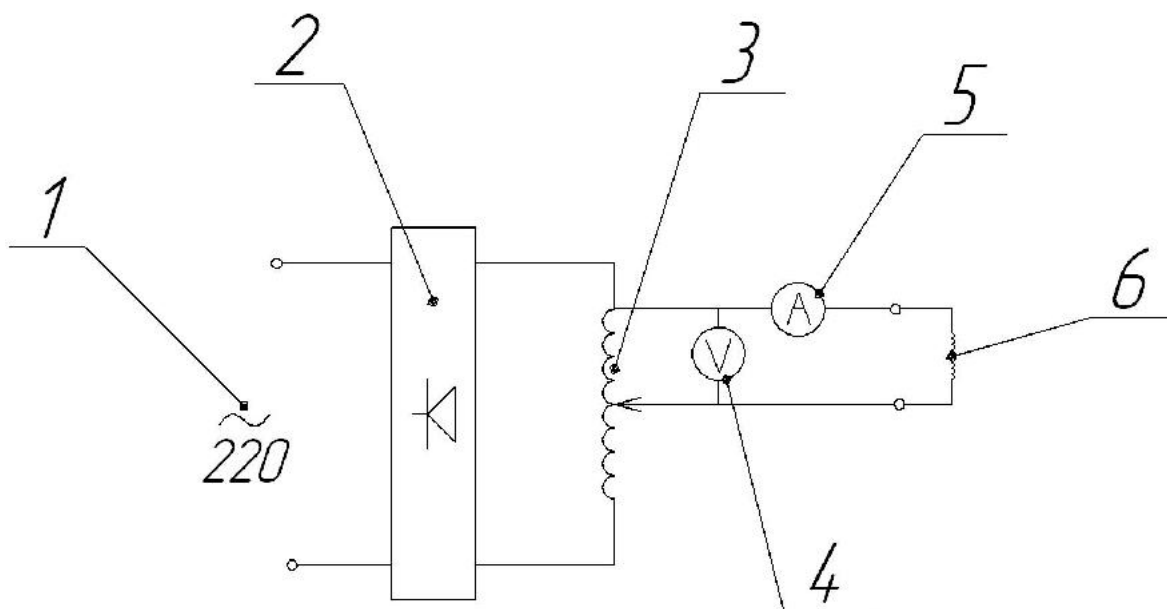


Рис.29. Електрична схема підключення електромагнітного захоплювального пристрою:

- 1 - мережа (змінний струм);
- 2 - випрямляч (постійний струм);
- 3 - реостат;
- 4 - вольтметр;
- 5 - амперметр;
- 6 - електромагніт.

Електромагніт підключається до мережі через випрямляч 2, який трансформує змінний струм у постійний. За допомогою реостату 3 ми маємо можливість змінювати силу струму під час проведення дослідів, а на вольтметрі 4 та амперметрі 5 – знімати показання.

### *III.2. Методика проведення експерименту.*

Для проведення експерименту по визначенню приблизної сили відриву банки від поверхні електромагніту було вибрано два типи банок:

1. банки масою  $m_6 = 340$  г (вміст – консервована кукурудза);
2. банки масою  $m_6 = 565$  г (вміст – консервовані кільця ананасів).

Визначаємо кількість дослідів за формулою:

$$N=2^n$$

де  $n$ -кількість факторів, в нашому випадку  $n=1$

$$N=2^1=2 \text{ Кількість дублюючих}$$

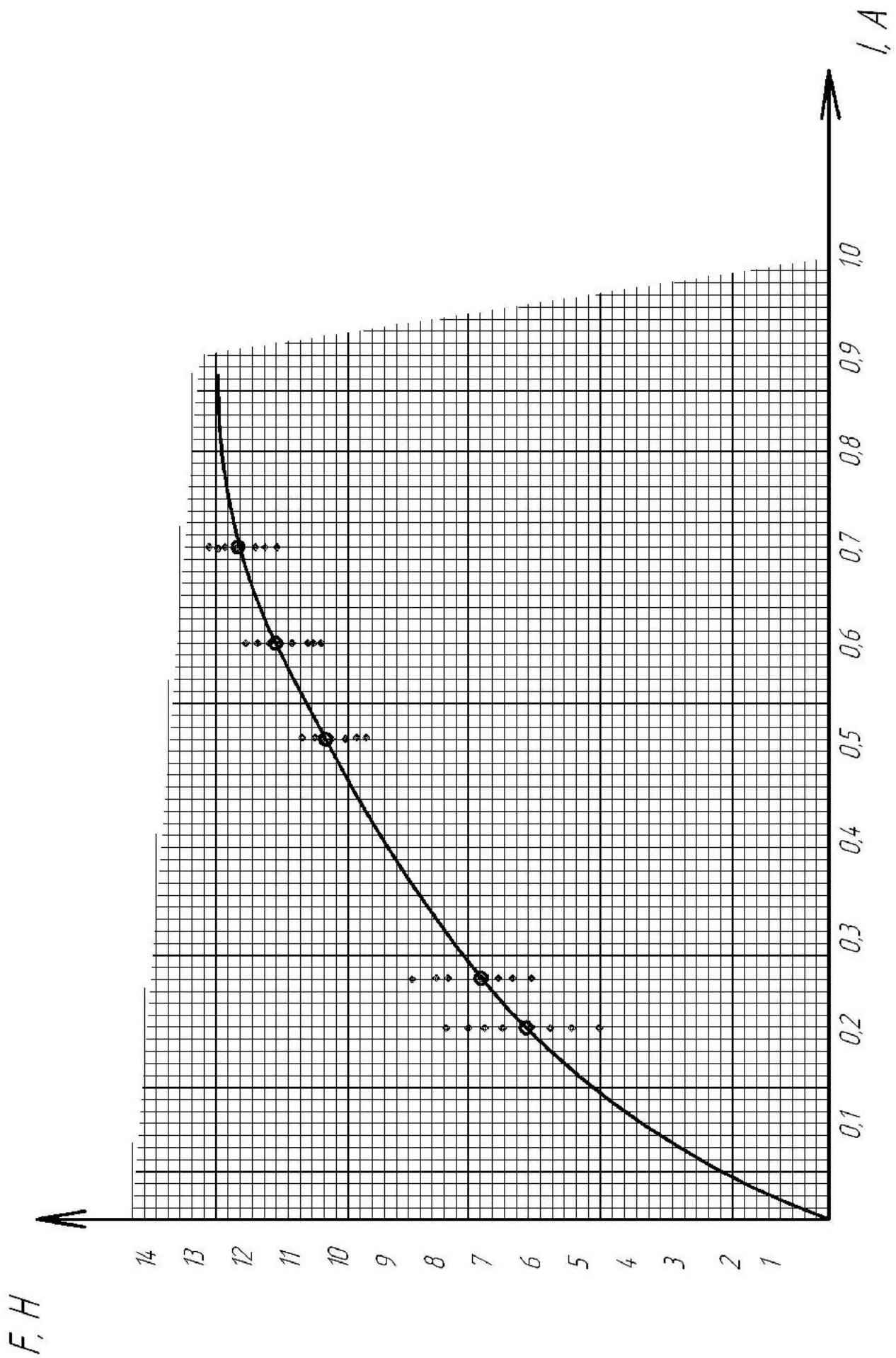
дослідів, візьмемо  $m=7$

Сила відриву вимірювалась за значень сили струму: 0,2; 0,25; 0,5; 0,6; 0,7.

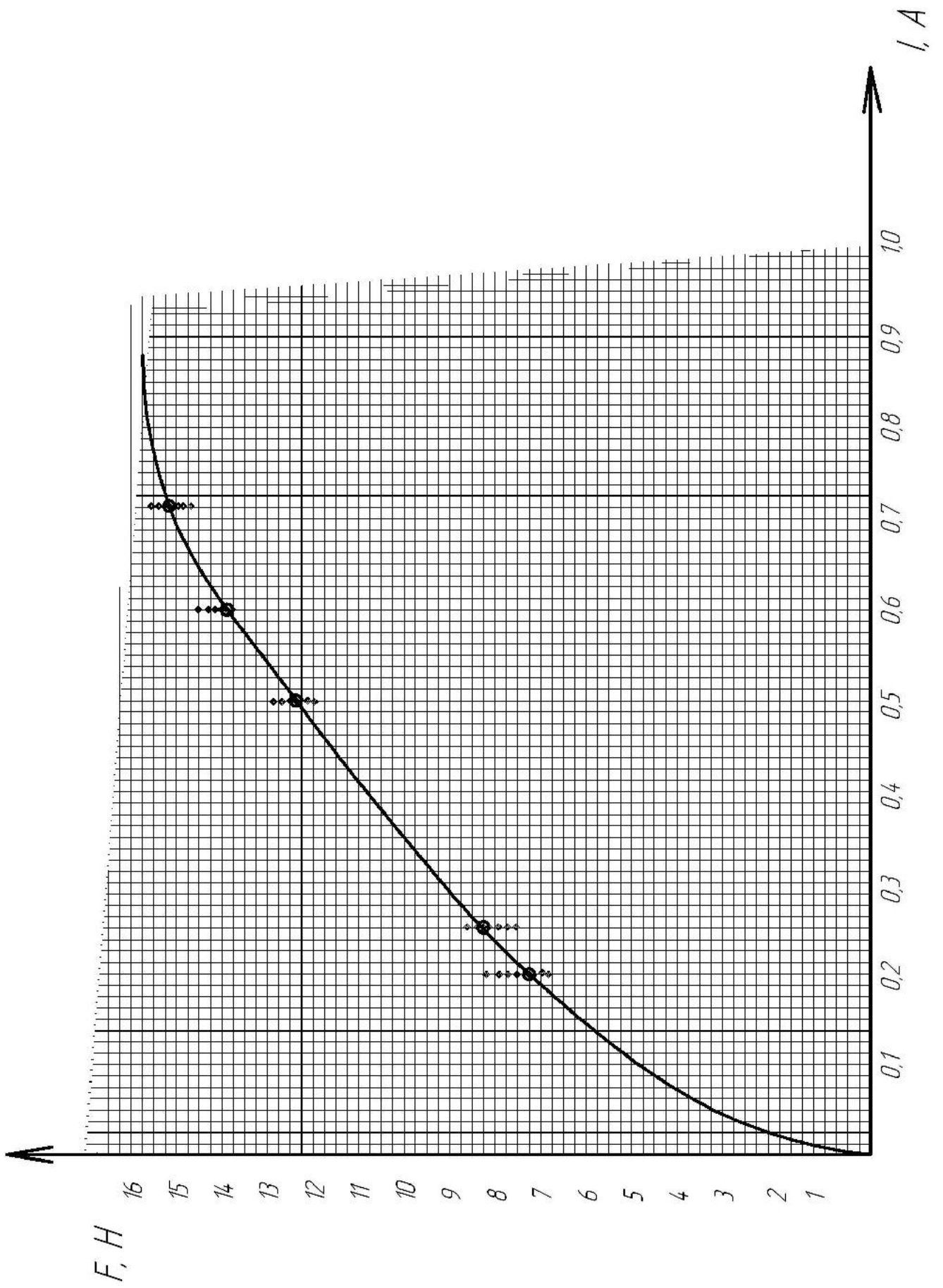
### III. 3. Обробка результатів експерименту

Маса магніту  $m_m = 340$  г

Маса банки $m_6 = 340$ г					
I	0,2	0,25	0,5	0,6	0,7
F <sub>1</sub>	6	9	10	11	13
F <sub>2</sub>	6,5	8	9,5	11	12,5
F <sub>3</sub>	6	8,5	10	10	13
F <sub>4</sub>	6	9	10	10,5	13
F <sub>5</sub>	6,5	8	11	10	13
F <sub>6</sub>	6	9	9,5	10,5	12,5
F <sub>7</sub>	6	8	10,5	10	13,5
F <sub>c</sub>	6,2	8,7	10,5	11,2	12,9
U	2,3	3	6	7,6	9,6



Маса банки $m_6 = 565$ г					
I	0,2	0,25	0,5	0,6	0,7
F <sub>1</sub>	8	9	11	15	16
F <sub>2</sub>	7	9,5	11,5	15	16,5
F <sub>3</sub>	8	8,5	11	15,5	16
F <sub>4</sub>	8,5	9	10,5	15,5	16
F <sub>5</sub>	7,5	9	11	14,5	15,5
F <sub>c</sub>	7,8	9	11	15,1	16
U	2,3	3	6	7,6	9,6



## ***Висновки***

Отже, при виконанні операцій перевантаження феромагнітної тари більш доцільно використовувати електромагнітні захоплювальні пристрої, оскільки до основних переваг електромагнітних захватів відносяться:

- висока швидкодія операцій захвату й звільнення вантажу,
- малі габарити захвату,
- простота конструкції й надійність у роботі,
- невелика вартість,
- легкість автоматизації.

## Список використаної літератури

1. Khalifa H. Harib, Kamal A.F. Moustafa, A.M.M. Sharif Ullah and Salah Zenieh: Parallel, Serial and Hybrid Machine Tools and Robotics Structures: Comparative Study on Optimum Kinematic Designs - 110-124p.
2. Бойко В.І. та ін. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої 1-3 том. 2004
3. Бойко В.І. та ін. Основи технічної електроніки.2007
4. Будіщев М.С. Електроніка, електротехніка та мікропроцесорна техніка. 2001
5. Гавва О.М. Пакувальне обладнання. Обладнання для групового пакування / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. – К.: ІАЦ “Упаковка”, 2007. – 136 с.
6. Гавва О.М. Пакувальне обладнання. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. – К.: ІАЦ “Упаковка”, 2008. – 436 с.
7. Гавва О.М., Пакувальне обладнання. Обладнання для обробки транспортних пакетів / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. – К.: ІАЦ “Упаковка”, 2006. – 96 с.
8. Енергоматеріальні потоки харчових і мікробіологічних виробництв: монографія / А.І. Соколенко, В.А. Піддубний, К.В. Васильківський та ін. ; за ред. д-ра техн. наук, проф. Соколенка А.І. – К. : Кондор-Видавництво, 2016. – 326 с.
9. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка. Теорія і практикум. 2003.
10. Кривопляс-Володіна Л.О. Основи наукових досліджень у прикладних задачах: навч. посіб. для студ. вищ.навч.зак./Кривопляс-Володіна Л.О., Гавва О.М., Яровий В.Л., Токарчук С.В. – К.: Сталь, 2016. – 271 с.

11. Магнітні захоплювальні пристрої у пакувальному обладнанні / О. М. Гавва, Г. Р. Валіулін // Упаковка. - 2011. - № 5. - С. 48-52. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upakovka\\_2011\\_5\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upakovka_2011_5_14)
12. Марчевський В.М. Конструкторська документація курсових і дипломних проектів: навч. посіб. / Марчевський В.М. – К.: Норіта-плюс, 2006. – 280 с.
13. Моделювання процесів пакування: підручник / А. І. Соколенко, В. Л. Яровий, В. А. Піддубний, К. В. Васильківський ; за ред. А. І. Соколенка ; НУХТ. – Вінниця : Нова книга, 2004. – 272 с.
14. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підруч. / В. Т. Павлице. – 2-е вид., перероб. – Львів : Афіша, 2003. — 560 с.
15. Павленко І.І., Годунко Н.А. Конструктивна і силова структура захоплюючих пристроїв промислових роботів. Кіровоград - 2006 - 44-49 с.
16. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технічні комплекси / Под ред. Павленко І.І. - Навчальний посібник 2012 - 393с.
17. Пакувальне обладнання: підруч. / О. М. Гавва, А. П. Беспалько, А. І. Волчко, О. О. Кохан. – Київ : ІАЦ "Упаковка", 2010. – 744 с.
18. Пакувальні матеріали та їх фізико-хімічні властивості: підручник / А. І. Соколенко, В. С. Костюк, К. В. Васильківський та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. – К. : Кондор, 2015. – 396 с.
19. Пальчевський Б.О. Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів): навч. посіб. / Пальчевський Б.О. – Львів: Світ, 2007. – 392 с.
20. Поліщук Є.С. та ін. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин. 2008
21. Сертифікація, гігієнічне забезпечення та метрологічна атестація пакувального обладнання: навч. посіб. / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, С. В. Токарчук ; МОН України, Нац. ун-т харч. технол. – К. : НУХТ, 2014. – 268 с.

22. Стахів П.Г. та ін. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування. 2003
23. Термінологічний словник пакувальника / Сторіжко Й.І., Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. – Київ: ІАЦ “Упаковка”, 1999. – 80 с.
24. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / А.І. Соколенко, А.І. Українець, В.А. Піддубний ; За ред. А.І. Соколенка. – К.: АртЕк, 2002. – 304 с.
25. Фізико-хімічні методи обробки сировини і харчових продуктів: підруч. для студ. ВНЗ / А.І. Соколенко, В.А. Піддубний, В.М. Гіджеліцький та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. – К. : Кондор-Видавництво, 2015. – 324 с.
26. Функціонально-модульне проектування пакувальних машин: монографія / О.М. Гавва, Л.О. Кривопляс-Володіна, С.В. Токарчук та ін. ; за ред. О. М. Гавви ; Нац. ун-т харч. технол. – К. : Сталь, 2015. – 547 с.