

УДК 621.87

М. В. ЯКИМЧУК, к.т.н.

Національний університет харчових технологій

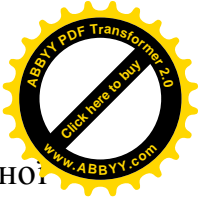
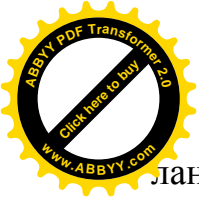


ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЬ УТРИМАННЯ УПАКОВОК ВАКУУМНИМИ ЗАХОПЛЮЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ

Сьогодні пакувальної галузі характеризується розробкою та використанням великої номенклатури упаковок, які мають різні форми, розміри, маси, фізичні та механічні характеристики матеріалів з яких вони виготовлені, оригінальні споживчі елементи. Для укрупнення вантажних одиниць з різних по типорозміру упаковок, значної номенклатури продукції, та необхідністю переналагодження системи при зміні форм, розмірів, ваги, циклу укладання використовуються роботизовані комплекси.

Одним із основних модулів промислових роботів є захоплюючі пристрої. Захоплюючі пристрої здійснюють захоплення та утримування в певному положенні об'єкт переміщення і використовуються як змінні елементи промислових роботів. Всі захоплюючі пристрої умовно, в залежності від класифікаційних ознак, поділяються на групи (рис.1). Кожна група розрізняється способом контактування робочих органів з елементами упаковки. До їх числа відносяться механічний, камерний, вакуумний, магнітний, комбінований та пасивний способи.

Механічні і камерні захоплюючі пристрої працюють за рахунок притискаючих зусиль та сил тертя. Робочими елементами в таких пристроях є губки, пальці, кліщі, важелі або гумові камери. В якості утримуючих пристроїв використовують захоплюючі пристрої важільного, важільно-плунжерного, клино-плунжерного, рейково-важільного, кулісно-важільного і клино-важільного самоцентруючого типу. Між приводом захоплюючого пристрою і його робочим органом, який контактує з об'єктом, встановлюють допоміжні пружні елементи. Пружні елементи, у вигляді спеціальних тросів, пасових або



ланцюгових передач забезпечують передачу крутного моменту та рушійної сили.

В особливу групу виділяються підтримуючі механічні захоплюючих пристроїв. В них для утримання об'єкта використовуються

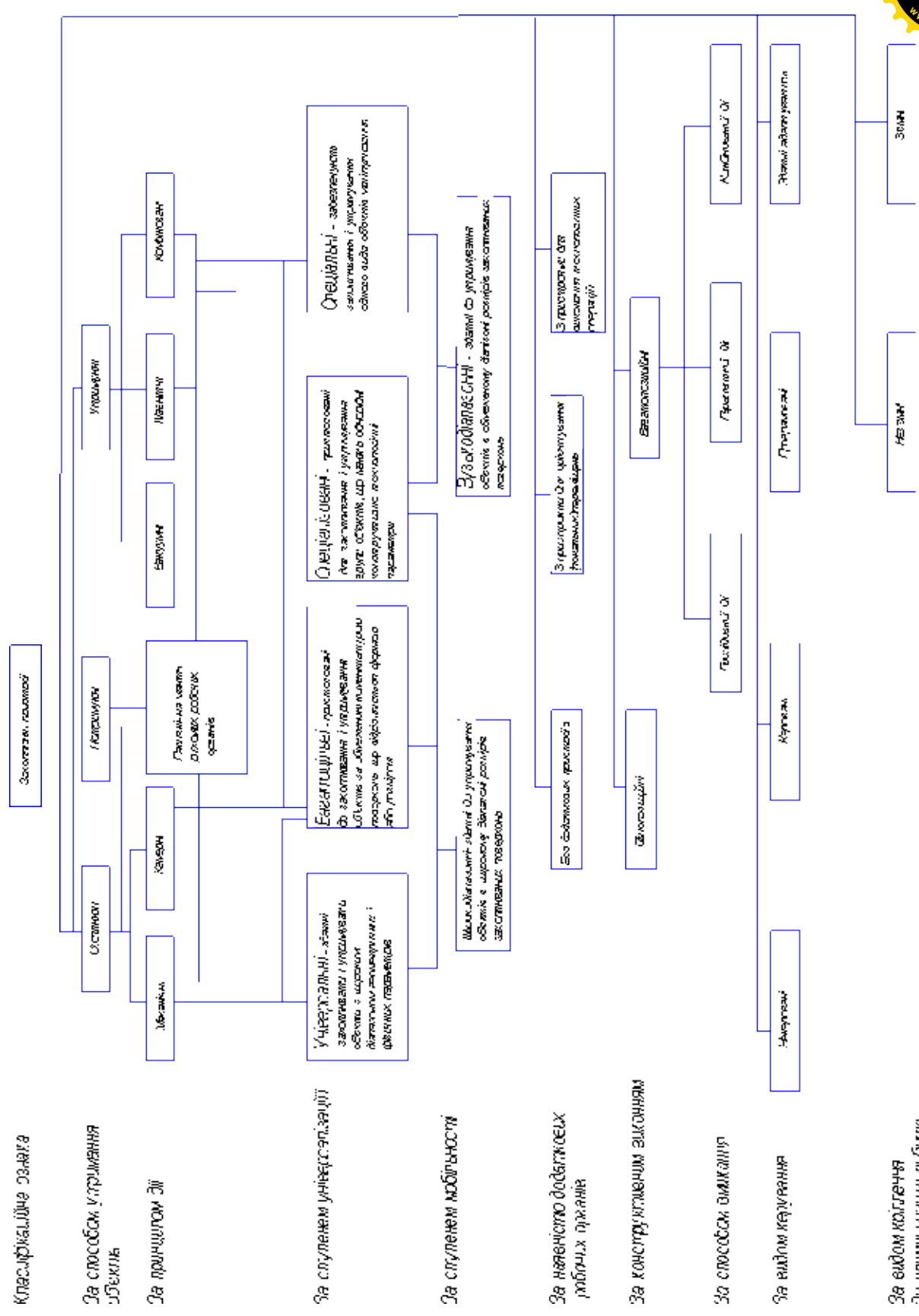
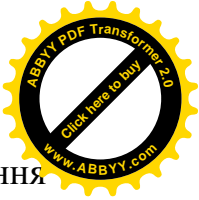
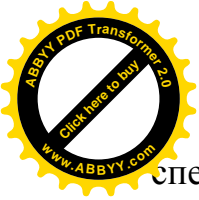


Рис. 1. Класифікація захоплюючих пристроїв



спеціальні рухомі поверхні, які за рахунок механічного переміщення потрапляють під днища упаковок або в спеціальні отвори чи виступи, які є конструктивними складовими упаковок. Робочими елементами в таких пристроях здебільшого є лопатки, вилки, перфоровані площини, петлі, гаки, стулки. Вакуумні та магнітні захоплюючі пристрої працюють за рахунок сил, природа яких базується на явищах електростатичного притягування, адгезії, ежекції.

За видом керування захоплюючі пристрої умовно поділяють на чотири групи:

1. Некеровані: захоплення об'єктів в таких пристроях відбувається за рахунок постійних сил, утворених за допомогою пружинних механічних пристроїв, постійних магнітів тощо. Для відриву об'єктів від захоплюючої головки необхідно прикласти до об'єкту силу, більшу за силу утримування.

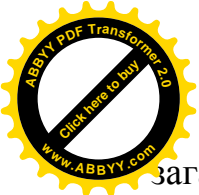
2. Командні захоплюючі пристрої: конструкція таких пристроїв забезпечує захват та звільнення упаковок лише за попередньою командою, отриманою від додаткового робочого органу. До додаткових органів відносяться пневмоциліндри, електродвигуни, електромагнітні котушки і тощо.

3. Програмовані захоплюючі пристрої: конструкція таких пристроїв може забезпечити зміну зусилля притискання, корегування положення виконавчих органів у відповідності з попередньо заданими розмірами упаковок. Контроль та зміна параметрів досягається програмним забезпеченням та спеціальними робочими органами з можливістю контролю за рахунок датчиків зворотного зв'язку.

4. Адаптовані захоплюючі пристрої: такі пристрої в своїй конструкції містять різні давачі, які формують інформацію про процес захоплення, визначають форму упаковок, його масу, зусилля притискання, крок між упаковками та їх положення під час транспортування.

Захоплюючий пристрій може виконувати наступний вид руху: плоско паралельний, поступальний, обертальний.

Вимоги до захоплюючих пристроїв умовно можна поділити на дві групи:



загальні та спеціальні [3]. До загальних вимог відносять надійність захоплення та утримання об'єкту, неможливість пошкодження його товарного виду чи часткового руйнування упаковки. Спеціальні вимоги пов'язані з особливістю технологічного процесу та виробничих умов формування групової упаковки. В разі, якщо групова упаковка формується з виробів різної форми або маси, для її переміщення застосовують універсальні захоплюючі пристрої або захоплюючі пристрої, що мають змінні робочі органи.

Проведений аналіз конструкцій захоплюючих пристроїв показав, що найбільш вживаними є пневматичні захоплюючі пристрої, а серед них домінують пристрої, в яких для утримання упаковок використовується вакуум.

Такі пристрої є найбільш універсальними щодо вимог форм та матеріалу об'єкту захоплення та прості в експлуатації і конструкції. Сам пристрій та система керування ним складається лише із двох основних елементів – присосок та пристрою для отримання вакууму. Матеріал присосок вибирають в залежності від виду матеріалу упаковки, форми її поверхні та режиму роботи. Для отримання вакууму використовують компресор або вакуумний генератор. Вибір пристрою утворення вакууму залежить від глибини вакууму та його витрат. Так великі витрати по вакуумуванню забезпечує компресор, а невеликі – вакуумний генератор.

За результатами проведених досліджень можна стверджувати, що основним недоліком вакуумних захоплюючих пристроїв є можливість відриву упаковок в процесі їх переміщення. Відриви можливі лише за умови надмірного впливу кінематичних та динамічних навантажень, величини яких перевищують допустимі, а також у випадку, коли замала сила утримання. Для не уможливлення відриву, як правило, обмежують кінематичні та динамічні параметри процесу переміщення, що суттєво зменшує продуктивність обладнання або збільшують величину зусилля захоплення.

Метою даної роботи є дослідження зміни зусилля захоплення упаковки вакуумними захоплюючими пристроями в залежності від величини тиску та геометричних розмірів присосок.

Так під час переміщення упаковки на неї з боку присоски діють наступні сили (рис.2): сила переміщення N , сила тертя ковзання між упаковкою та присоскою $F_{тер}$, сила адгезії упаковки з присоскою A . Одночасно на упаковку додатково діють сили, які прагнуть відірвати або зрушити її відносно присоски. Це сила тяжіння G упаковки, сили інерції $J_{и}$, сила опору $W_{в}$ повітря і сила пружності Q_y присоски.

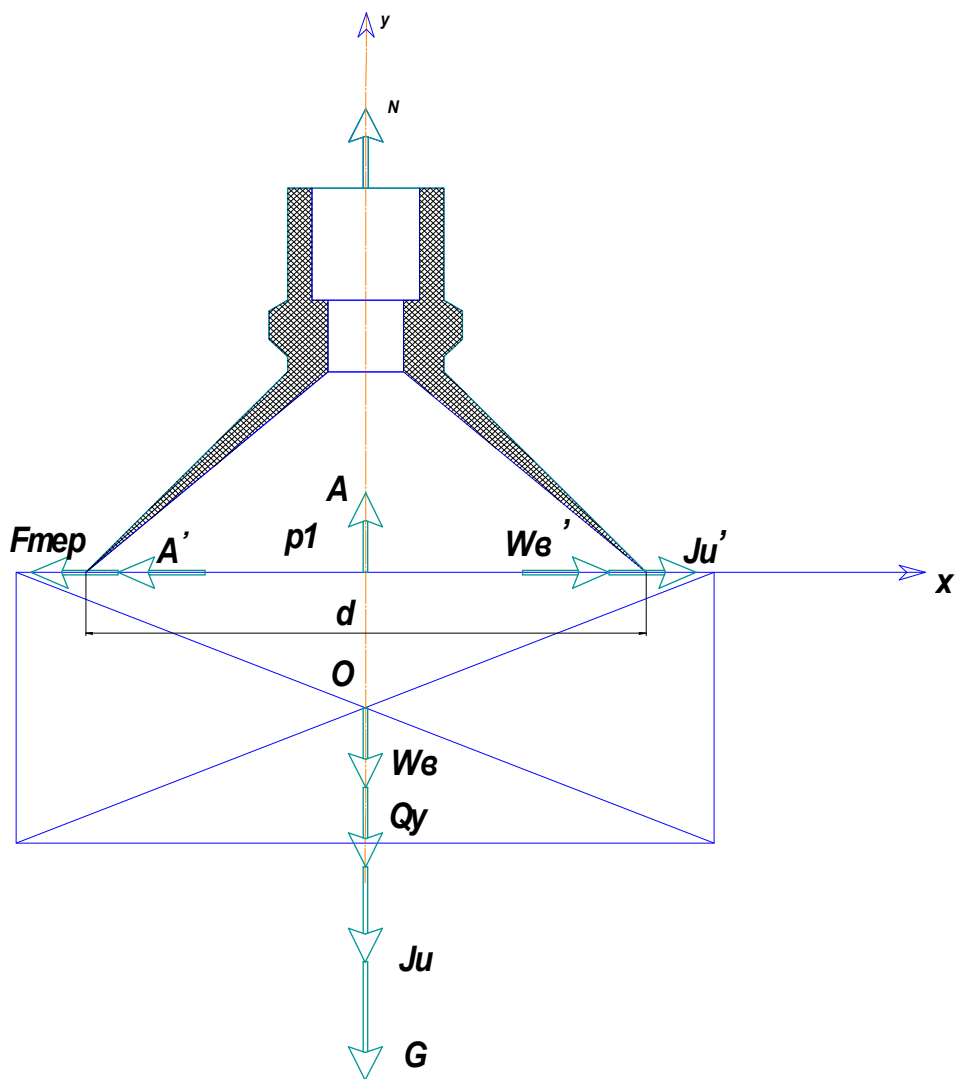
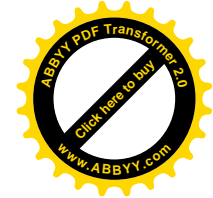
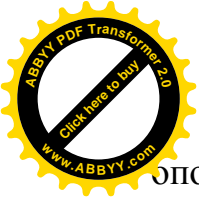


Рис.2. Схема сил в дії процесі захоплення упаковки вакуумною присоскою

Умова надійного переміщення упаковки має вигляд:

$$N > G + J_{и} + W_{в} + Q_y - A \tag{1}$$

Вплив сил інерції $J_{и}$ та опору повітря $W_{в}$ не повинні зрушувати вантаж відносно кромки присоски. Умова переміщення з урахуванням додаткового



опору має вигляд:

$$\mu N > J'_H + W'_B - A', \quad (2)$$

де μ — коефіцієнт тертя між кромкою присоскою та упаковкою; A' — сила адгезії між присоскою та упаковкою у напрямі зрушення.

Теоретичне зусилля захоплення визначається, як

$$TN = (p_a - p_1)S_3, \quad (3)$$

де, p_1 - тиск всередині порожнини захвату; p_a - тиск довкільля; S_3 — площа зрізу захвату у місці стикання з виробом

Якщо підставити умови (1) і (2) в рівняння (3) з якого визначимо, величину перепаду тиску в порожнині присосок під час перенесення упаковки :

$$p_a - p_1 \geq \frac{1}{S_3} \left(G + J_H + Q_y + \frac{J_H + W_B}{\mu} + W_B - A' \right) \quad (4)$$

Якщо за умовами роботи вакуумного захоплюючого пристрою зрушуюче зусилля з упаковкою відсутнє, що може мати місце, наприклад, в робото технічних комплексах під час підйому упаковки з невеликою швидкістю то для такого випадку необхідна різниця тиску визначається з формули:

$$p_a - p_1 \geq \frac{1}{S_3} (G + J_H + Q_y + W_B - A) \quad (5)$$

З рівнянь (4) і (5) видно, що величина сил, які протидіють силам, що прагнуть відірвати упаковку від присоски або зсунути її, пропорційні площі присоски S_3 , а за наявності додаткової рушійної сили ще і коефіцієнту тертя μ .

Результати експерименту довели, що еластична присоска має меншу вантажопідйомність в порівнянні з жорсткою такого ж розміру. Пояснюється це тим, що дійсна (ефективна) площа S_{31} присоски менша за геометричну площу поверхні зрізу за рахунок ущільнюючого пояса на поверхні контакту присоски з вантажем, який забезпечує герметичність порожнини. Для такої присоски зусилля захоплення визначається з виразу:

$$N_1 = S_3 (p_a - p_1) = \frac{\pi(d - 2b)^2}{4} (p_a - p_1), \quad (6)$$

де d — діаметр зовнішньої кромки захвату; b — ширина ущільнюючого поясочка.

Для визначення ефективної площі присосок була побудована експериментальна установка рис.3. Конструкція установки складається з

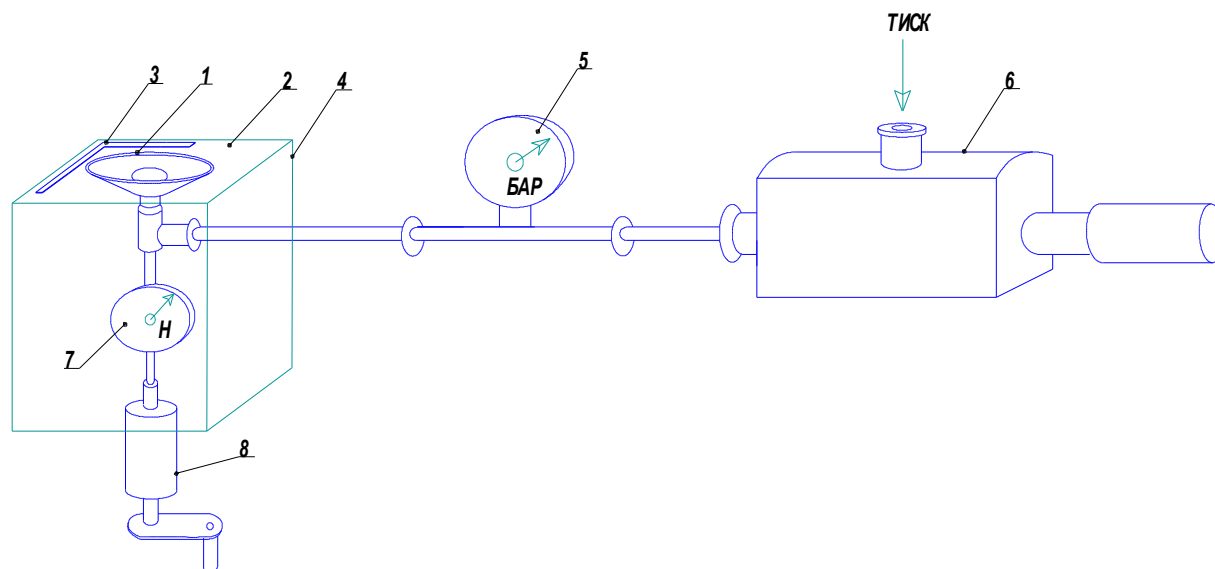


Рис.3. Схема експериментальної установки

корпуса 4, в якому встановлено прозоре листове скло 2, до якого знизу кріпилася присоска 1. Вакуум для установки забезпечував ежектор 6 через систему трубопроводів. Глибину вакууму вимірювали за допомогою вакуумметра 5. Для визначення зміни розмірів контакту присоски під час роботи, на склі були закріплені дві лінійки 3. Конструкція установки додатково передбачала прикладання зусилля відриву до присоски з можливістю його регулювання за допомогою гвинтової пари 8. Величина зусилля відриву вимірювалась динамометром 7.

У порожнину присоски подавали рідину чорного кольору. При включенні вакууму присоска притискалась до скла, а рідина давала чітке зображення вакуумованої площі і ущільнюючого поясочка.

При збільшенні відривного зусилля, змінювалася поверхня контакту присоски зі склом а відповідно і площа, яка фіксувалася.

Результати дослідження представлені у вигляді графіка на рис. 4 який показує залежність зміни ефективного діаметру d_e та діаметру зрізу присоски при різному значенні вакууму. Суцільною лінією на графіку показана зміна діаметрів присосок, виготовленої з жорсткої гуми, а штриховою — для присосок з м'якої гуми.

Було зроблено порівняльну характеристику теоретичних та експериментальних даних зусиль захоплення при різних значеннях вакууму. Результати аналізу представлено в таблиці 1. Для експериментів було задіяно

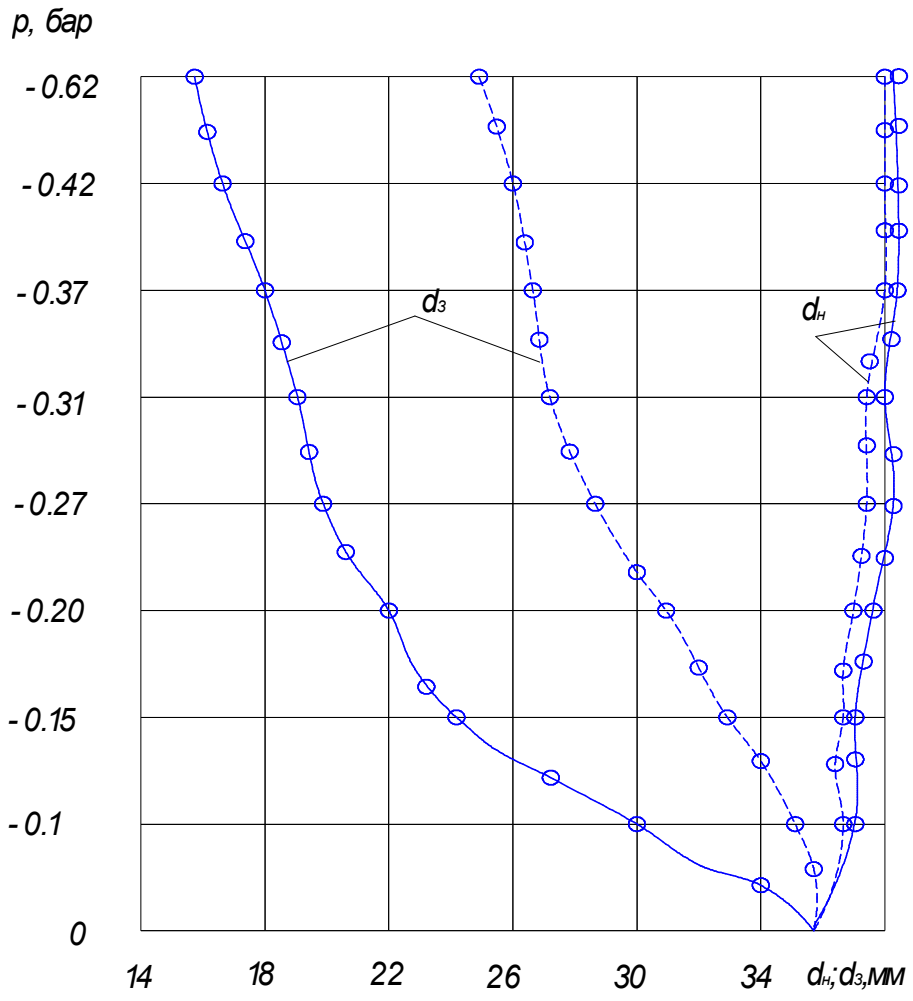
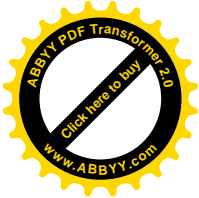


Рис 4. Графіки зміни ефективного і зовнішнього діаметрів присосок як функція вакууму

два типи присосок з діаметром 36 міліметрів, що відрізнялись товщиною стінок захоплюючої частини і маркою гуми.



Значення відривних зусиль, Н

Фактичне відривне зусилля, Н	Тип І жорсткий матеріал			Тип ІІ м'який матеріал		
	Розрідження в порожнині захвату, бар.					
	-0.2	-0.4	-0.6	-0.2	-0.4	-0.6
10	11,1	10,8	10,3	9,3	9,2	8,3
15	16,5	-	-	14,1	-	-
20	-	22,6	22	-	19,1	19,9
30	-	-	-	-	31,3	29,8
35	-	35,3	36,4	-	-	-

Висновки. Таким чином проведені дослідження показали, що для надійного захоплення та утримання упаковок, ущільнюючий поясочок присосок повинен мати ширину, яка задовольняє умову $b > (0,08 \div 0,12)d$. Ефективна площа присоски повинна задовольняти умову $S_3 > (0,6—0,7)d$

Дійсна величина сили захоплення менша за теоретичну і знаходиться в межах:

$$N_1 = (0,6 \div 0,7)N.$$

Вказані відхилення сили слід враховувати коефіцієнтом запасу $K = \frac{N_1}{N}$, який знаходиться в межах 1,3—1,4.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабич А.В., Баранов А.Г., Калабин И.В. и др. Промышленная робототехника: Под редакцией Шифрина Я.А. – М.: Машиностроение. – 1982. – 415 с.
2. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. – М.; Мир. – 1990. – 527 с.
3. Фу К., Гансалес Ф., Лик К. Робототехника: Перевод с англ. – М. Мир. – 1989. – 624 с.

Одержано редколлегією 25.01.11 р.