

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ДИЗАЙНУ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ЗАВЕРТАННИЙ БОГДАН СЕРГІЙОВИЧ**

УДК 677.053

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ НАМОТУВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ  
ПЕРЕМОТУВАЛЬНИХ МАШИН**

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування  
технічні науки

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Завертанний Б.С.

(підпис)

Науковий керівник - Манойленко Олександр Петрович, кандидат технічних  
наук, доцент

Київ – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Завертанний Б.С.* Структурний синтез намотувальних механізмів перемотувальних машин. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021.

Дисертація присвячена структурному синтезу, дослідженню, розробці та вдосконаленню намотувальних механізмів перемотувальних машин. А саме аналітичне визначення критичних швидкостей обладнання, моделювання процесів намотування, розробка нових конструкцій механізму та надання рекомендацій щодо їх конструювання, експериментальне підтвердження отриманих аналітичних моделей.

**Мета і завдання дослідження.** Дослідження впливу технологічних та конструктивних параметрів механізму намотування на динамічні характеристики в механізмі намотування в процесі напруцювання повновісного пакування, розробка та впровадження рекомендацій з проєктування та модернізації механізмів перемотувальних машин з підвищеною швидкістю намотування.

Для досягнення зазначеної мети поставлені такі завдання:

- розробити класифікацію намотувальних механізмів на базі аналізу літературних джерел та існуючого обладнання;
- визначити та перевірити експериментально аналітичні залежності критичних швидкостей намотування нитки бобінотримачем та розробити алгоритм автоматизованого визначення його інерційних параметрів, експериментально визначити жорсткісні характеристики бобінотримача;
- провести кінетостатичний аналіз намотувального механізму з урахуванням конструкції укочуючого ролика в залежності від товщини тіла намотування та конструктивних його параметрів;
- визначити та перевірити власні частоти коливань підвісу (укочуючого ролика з коромислом) з врахуванням пружності тіла намотування та визначити коефіцієнт динамічності;

- визначити власні частоти коливань підвісу з урахуванням пружних характеристик тіла намотування;
- визначити власні та вимушені частоти коливань підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика;
- розробити нові раціональні структури механізмів намотування на основі базової перемотувальної машини;
- дослідити та порівняти кращий розроблений механізм намотування з механізмом базової конструкції за функціональними та динамічними показниками.

**Об'єкт дослідження** – кінематичні та динамічні параметри бобінотримача.

**Предмет дослідження** – структурний синтез намотувальних механізмів перемотувальної машини.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Отримані в процесі дослідження наукові результати в сукупності дозволили розв'язати важливе науково-прикладне завдання структурного синтезу намотувальних механізмів перемотувальних машин. За підсумками проведеного дослідження отримано наукові результати, які містять елементи наукової новизни, а саме:

*удосконалено:*

- метод аналізу процесу намотування ниток, що дозволило уточнити величину частот власних коливань обладнання в залежності від товщини пакування, що в свою чергу дало змогу визначити оптимальні робочі швидкості намотування;
- алгоритм для визначення критичних швидкостей бобінотримача з трьох конусним пакуванням з врахуванням укочуючого ролика;
- алгоритм для визначення динамічних характеристик підвісу бобінотримача з урахуванням різних конструкцій укочуючого ролика. Проведено дослідження величини впливу параметрів намотувального механізму на динамічну складову сили притискання укочуючого ролика до бобінотримача. Показано ефективність використання пружного кріплення ролика на заключному етапі напрацювання пакування;

- класифікацію перемотувальних машин, яка полегшила вибір їх типу при проектуванні механізмів намотування в залежності від поставлених задач;

- конструкцію пристроїв укочуючого ролика та визначено основні їх конструктивні параметри в залежності від типу ниток, що дозволяють підвищити продуктивність намотувальних машин та покращити якість пакування (пат. № 137209, пат. № 136737, пат. № 136673, пат. № 136735, № пат. 136674.);

- конструкцію базової перемотувальної машини з новим укочуючим роликом та встановлено вплив його параметрів на величину проковзування укочуючого ролика по пакуванню;

*дістали подальшого розвитку:*

- наукових положень оснований на методі «напівжорсткого» шпинделя, запропонованого проф. Я.І. Коритисским, що дозволяють визначити дві критичні швидкості бобінотримача (ротора), та можуть бути застосовані для роторів, які мають в своїй конструкції масивну «жорстку» частину, що перевищує в декілька разів інші частини ротора.

- наукових положень трибології, зокрема процесів тертя, проковзування і зношування при контакті пакування із укочуючим роликом при напрацюванні як конічного, так і циліндричного пакування;

- методи структурного синтезу обладнання засновані на поєднанні та гібридизації механічних систем призначені для знаходження оптимальної та раціональної структури технічного об'єкта для реалізації заданих функцій у рамках обраного принципу дії.

**Практичне значення отриманих результатів.** Застосування нової конструкції механізму притиску укочуючого ролика та конструкції укочуючого ролика при перемотування пряжі дозволило отримати пакування збільшеної маси і рівномірної структури, підвищити швидкості намотування та знизити вібрації намотувального механізму.

Отримані в дисертації матеріали можуть бути впроваджені при розробці та вдосконаленні намотувальних механізмів перемотувальних машин для пакувань з пряжі різної лінійної щільності і різного сировинного складу.

*Основний практичний результат:*

- розроблено цілісний алгоритм проєктування намотувальних механізмів перемотувальних машин;
- розроблено конструкції укочуючих роликів намотувального механізму базових перемотувальних машин;
- розроблена експериментальна установка на базі машини «Полікон» для визначення критичних швидкостей намотування, величини проковзування укочуючого ролика, впливу посадки бобіни на бобінотримачі на вагу пакування;
- розроблено рекомендації з експлуатації базового та нового обладнання з метою отримання збільшеної ваги пакування.

*Впровадження основних результатів:*

- результати, отримані в дисертації, впроваджені в навчальний процес Київського національного університету технологій та дизайну при підготовці фахівців зі спеціальностей 133 Галузеве машинобудування освітня програма «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування»;
- ТОВ «ПЕТ Технолоджиз»;
- ТОВ «42 ДЕЙ».

Робота проводилася відповідно до наукового напрямку Н/н 12 «Удосконалення технологічного обладнання та прикладних механіко-технологічних систем» Київського національного університету технологій та дизайну 2016-2020рр. та ініціативної теми НДР «Розробка та удосконалення текстильного обладнання для перемотування ниток» (Державний реєстраційний номер 0120U105648).

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження. Вказана наукова новизна та практична цінність отриманих результатів. Наведено відомості щодо апробації роботи, особистого внеску здобувача та публікацій. Зазначено зв'язок роботи з науковими програмами та темами.

У **першому розділі** наведено аналітичний огляд різних конструкцій намотувальних механізмів перемотувальних машин, робіт присвячених

удосконаленню та синтезу роторних механізмів за тематикою дисертаційної роботи, де також визначений та встановлений напрямок та основні задачі дослідження.

Основні положення роботи викладені у розділах 2–4.

У **другому розділі** описано метод розрахунку частот коливань різних складових частин механізму намотування та механізму намотування в цілому. Виведені залежності зміни інерційних параметрів бобінотримача в процесі напрацювання пакування. Отримані аналітичні залежності проковзування укочуючого ролика по поверхні конічного пакування.

**Третій розділ** присвячено моделюванню динамічних процесів, які відбуваються під час напрацювання пакування на обладнанні за допомогою методу напівжорсткого шпинделя, а також проаналізовано зміну величини критичних швидкостей від товщини пакування. Представлено результати експериментальних досліджень розроблених пристроїв укочуючого ролика з використанням створеного дисертантом алгоритму розрахунку критичних швидкостей та нові структури механізму кріплення укочуючого ролика.

Для визначення достовірності розрахунку впливу зміщення бобіни на вагу пакування та динамічні характеристики намотувального механізму проведено виміри маси пакувань отриманих при перемотуванні. Також визначені практичні значення допустимих швидкостей перемотування на базовому обладнанні.

**Четвертий розділ** присвячено комп'ютерному моделюванню механізмів укочуючого ролика у Solidworks. Результати були співставленні з аналітичними та експериментальними дослідженнями та отримали підтвердження теоретичних припущень, працездатності нових конструкцій укочуючого ролика та можливість застосування сучасних технологій для моделювання механізмів перемотувальних машин.

**Основні результати роботи.** В результаті аналітичного огляду існуючих конструкцій намотувальних механізмів перемотувальних машин розроблено їх класифікацію. Отримані аналітичні залежності для визначення критичних швидкостей для базового обладнання на прикладі базових машин БП-340 та

«Полікон». Визначені динамічні характеристики бобінотримача намотувального механізму з урахуванням товщини тіла намотування на пакуванні та його жорсткості, у випадку застосування конструкцій з жорстким та пружним кріпленням укочуючого ролика. Визначено оптимальні параметри жорсткості пружного елемента для базових машин БП-340 та «Полікон».

Аналітично визначено та підтверджено експериментально величину впливу посадки бобіни на бобінотримачі на вагу пакування та максимальне значення критичних швидкостей. Було встановлено, що зміщення пакування на величину  $\pm 5 \cdot 10^{-3}$  м призводить до зміни ваги пакування на  $\pm 2\%$ .

Для запропонованих конструкцій укочуючого ролика намотувальних механізмів були аналітично визначено залежності проковзування укочуючого ролика по поверхні конічного пакування. Результати розрахунків показують зменшення проковзування і витрат енергії на тертя у випадку використання вдосконаленої конструкції укочуючого ролика із трьох сегментів.

Проведений аналіз запропонованих пристроїв укочуючого ролика показав, що вони також дозволяють зменшити вібрації механізму та забезпечити кращий контакт укочуючого ролика з пакуванням порівняно з базовим пристроєм.

Розроблені пристрої, в результаті зменшення власних частот коливань коромисла на 70÷85%, дозволяють зменшити динамічне навантаження від коромисла з укочуючим роликом (підвісу) на механізм намотування.

Визначено динамічні характеристики укочуючого ролика з підвісом, швидкість намотування нитки механізмом, власні коливання підвісу при лінійній характеристиці пружності тіла намотування, власні коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика. Показана ефективність використання пружного кріплення ролика особливо на заключному етапі напрацювання пакування.

Зменшення геометричного проковзування на 18% і витрат енергії на тертя у випадку використання вдосконаленої конструкції укочуючого ролика із трьох сегментів. Отримані результати аналізу дозволяють визначити оптимальні характеристики механізмів намотування базової та нових конструкцій.

Для підтвердження результатів аналітичних розрахунків розроблено експериментальну установку на базі машини «Полікон» та отримані експериментальні дані.

**Публікації.** Основні положення і результати дисертаційного дослідження відображено у 27 наукових працях, з них 1 наукова праця оприлюднена у фахових наукових виданнях, 3 наукові праці вийшли у світ в іноземних фахових наукових виданнях, відносяться до науко–метричної бази Scopus 2, 18 тез доповідей та отримано 5 патентів на корисну модель України. Наукові публікації відповідають вимогам п. 11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167).

**Ключові слова:** пакування, бобіна, бобінотримач, укочуючий ролик, проковзування, перемотування ниток, механізм намотування, динаміка, критичні швидкості намотування.



## ANNOTATION

Zavertannyi B.S. Structural synthesis of winding mechanisms of rewinding machines. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the Doctor of Philosophy in the field of knowledge 13 Applied mechanics on a specialty 133 Branch mechanical engineering. - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to structural synthesis of winding mechanisms of rewinding machines and researchment, development and improvement of winding mechanisms of rewinding machines. Namely, it is devoted to the definition of critical speeds of working equipment, modeling of winding processes, development of new structures of the mechanism and providing recommendations for the design of equipment.

**The purpose and objectives of the study.** Research of influence of technological and constructive parameters of the winding mechanism on dynamic characteristics in the winding mechanism in the course of development of full-fledged packing, development and implementation of recommendations on designing and modernization of mechanisms of rewinding machines with the increased winding speed.

To achieve this purpose the following tasks are set:

- develop a classification of winding mechanisms based on the analysis of literature sources and existing equipment;

- to determine and check experimentally analytical dependences of critical speeds of winding of a thread by the bobbin holder and to develop algorithm of the automated definition of its inertial parameters, to determine experimentally rigid characteristics of the bobbin holder;

- to carry out the kinetostatic analysis of the winding mechanism taking into account the design of the rolling roller depending on the thickness of the winding body and its design parameters;

- to determine and check the natural frequencies of oscillations of the suspension (rolling roller with rocker arm) taking into account the elasticity of the winding body and determine the coefficient of dynamism;

- to determine the natural frequencies of oscillations of the suspension, taking into account the elastic characteristics of the winding body;

- to determine the natural and forced frequencies of oscillations of the suspension during the elastic mounting of the rolling roller;

- to develop new rational structures of winding mechanisms on the basis of the basic rewinding machine;

- to investigate and compare the best developed winding mechanism with the mechanism of the basic structure in terms of functional and dynamic indicators.

**The object of study** – is the kinematic and dynamic parameters of the bobbin holder.

**The subject of study** - is the structural synthesis of the winding mechanisms of the rewinding machine.

**Scientific novelty of the obtained results.** The scientific results obtained in the course of the research together allowed to solve an important scientific and applied problem of structural synthesis of winding mechanisms of rewinding machines. According to the results of the study, scientific results were obtained, which contain elements of scientific novelty, namely:

*improved:*

- method of analysis of the process of winding threads, which allowed to specify the magnitude of the frequencies of natural oscillations of the equipment depending on the thickness of the package, which in turn allowed to determine the optimal operating winding speeds;

- algorithm for determining the critical speeds of the bobbin holder with three conical packing taking into account the rolling roller;

- algorithm for determining the dynamic characteristics of the bobbin winder suspension taking into account different designs of the rolling roller. A study of the magnitude of the influence of the parameters of the winding mechanism on the dynamic component of the pressing force of the rolling roller to the bobbin holder.

The efficiency of using the elastic fastening of the roller at the final stage of the packaging operation is shown;

- classification of rewinding machines, which facilitated the choice of their type in the design of winding mechanisms depending on the tasks;

- design of stiffening roller devices and their main design parameters are determined depending on the type of threads, which allow to increase the productivity of winding machines and improve the quality of packaging (patent 20 137209, patent № 136737, patent № 136673, patent № 136735, № pat. . 136674.);

- the design of the basic rewinding machine with a new rolling roller and the influence of its parameters on the amount of slippage of the rolling roller on the package;

*received further development:*

- scientific provisions based on the method of "semi-rigid" spindle, proposed by prof. Ya.I. Koritisskim, which allows to determine the two critical speeds of the bobbin holder (rotor), and can be used for rotors that have in their design a massive "rigid" part, several times higher than other parts of the rotor.

- scientific provisions of tribology, in particular the processes of friction, slippage and wear during contact of the package with the stiffening roller during the development of both conical and cylindrical packaging;

- methods of structural synthesis of equipment based on the combination and hybridization of mechanical systems are designed to find the optimal and rational structure of the technical object to implement the specified functions within the selected principle of operation.

**The practical significance of the results.** The use of a new design of the clamping mechanism of the rolling roller and the design of the rolling roller when rewinding the yarn allowed to obtain packaging of increased weight and uniform structure, increase winding speeds and reduce the vibration of the winding mechanism.

The materials obtained in the dissertation can be implemented in the development and improvement of winding mechanisms of rewinding machines for packaging of yarn of different linear density and different raw material composition.

*The main practical result:*

- the integral algorithm of designing of winding mechanisms of rewinding machines is developed;
- designs of stiffening rollers of the winding mechanism of basic rewinding machines are developed;
- developed an experimental installation based on the machine "Polycon" to determine the critical winding speeds, the amount of slippage of the rolling roller, the effect of landing the reel on the reel holder on the weight of the package;
- developed recommendations for the operation of basic and new equipment in order to obtain increased weight of the package.

*Implementation of the main results:*

- the results obtained in the dissertation, introduced into the educational process of the Kyiv National University of Technology and Design in the training of specialists in the specialties 133 Industrial Engineering educational program "Equipment of light industry and consumer services";
- LLC "PET Technologies"
- LLC "42DAY"

The work was carried out in accordance with the scientific direction N / n 12 "Improvement of technological equipment and applied mechanical and technological systems" of the Kyiv National University of Technology and Design 2016-2020. and the initiative theme of the research "Development and improvement of textile equipment for rewinding threads" (State registration number 0120U105648).

**The introduction** substantiates the relevance of the dissertation topic, formulates the purpose and objectives of the study. The scientific novelty and practical value of the obtained results are indicated. Information on approbation of work, personal contribution of the applicant and publications is given. The connection of work with scientific programs and topics is indicated.

**The first section** provides an analytical review of various designs of winding mechanisms of rewinding machines, work on the improvement and synthesis of rotary mechanisms on the topic of the dissertation, which also defines and establishes the direction and main objectives of the study.

The main provisions of the work are set out in sections 2-4.

**The second section** describes the method of calculating the oscillation frequencies of the various components of the winding mechanism and the winding mechanism as a whole. The dependences of the change of inertial parameters of the bobbin holder in the process of packing operation are derived. The analytical dependences of the sliding of the rolling roller on the surface of the conical package are obtained.

**The third section** is devoted to the simulation of dynamic processes that occur during the development of packaging on the equipment using the method of semi-rigid spindle, and also analyzes the change in the value of the critical velocities from the thickness of the package. The results of experimental researches of the developed devices of a rolling roller with use of the algorithm of calculation of critical speeds created by the dissertation and new structures of the mechanism of fastening of a rolling roller are presented.

To determine the reliability of the calculation of the effect of bobbin displacement on the weight of the package and the dynamic characteristics of the winding mechanism, measurements of the mass of packages obtained during rewinding were performed. The practical values of permissible rewind speeds on the basic equipment are also determined.

**The fourth section** is devoted to computer modeling of rolling roller mechanisms in Solidworks. The results were compared with analytical and experimental studies and confirmed the theoretical assumptions, the performance of new designs of the rolling roller and the possibility of using modern technologies to model the mechanisms of rewinding machines.

The main results of the work. As a result of analytical review of the existing designs of winding mechanisms of rewinding machines, their classification is developed. Analytical dependences for determination of critical speeds for basic equipment on the example of basic machines BP-340 and "Polycon" are obtained. The dynamic characteristics of the bobbin holder of the winding mechanism are determined taking into account the thickness of the winding body on the package and its rigidity, in the case of the use of structures with rigid and elastic fastening of the

rolling roller. The optimal parameters of the stiffness of the elastic element for the basic machines BP-340 and "Polycon" are determined.

The magnitude of the influence of bobbin landing on the bobbin holder on the packing weight and the maximum value of critical speeds were analytically determined and confirmed experimentally. It was found that shifting the package by  $\pm 5 \cdot 10^{-3}\text{m}$  leads to a change in the weight of the package by  $\pm 2\%$ .

For the proposed designs of the rolling roller of the winding mechanisms, the dependences of the slippage of the rolling roller on the surface of the conical package were analytically determined. The results of the calculations show a reduction in slip and energy consumption for friction in the case of using an improved design of the rolling roller of three segments.

The analysis of the proposed devices of the rolling roller showed that they also reduce the vibration of the mechanism and provide better contact of the rolling roller with the package compared to the basic device.

The developed devices, as a result of reduction of natural frequencies of oscillations of a rocker arm by 70÷85%, allow to reduce dynamic loading from a rocker arm with a rolling roller (suspension) on the winding mechanism.

The dynamic characteristics of the rolling roller with suspension, the winding speed of the thread by the mechanism, the natural oscillations of the suspension at the linear characteristic of the elasticity of the winding body, the natural oscillations of the suspension at the elastic attachment of the rolling roller are determined. The efficiency of using the elastic fastening of the roller is shown, especially at the final stage of packaging development.

Reduction of geometric slip by 18% and energy consumption for friction in the case of using an advanced design of the rolling roller of three segments. The obtained results of the analysis allow to determine the optimal characteristics of the winding mechanisms of the basic and new structures.

To confirm the results of analytical calculations, an experimental setup based on the Polycon machine was developed and experimental data were obtained.

**Publications.** The main provisions and results of the dissertation research are reflected in 27 scientific works, of which 1 scientific work was published in

professional scientific journals, 3 scientific works were published in foreign professional scientific journals, belong to the scientific-metric base Scopus 2, and 18 abstracts. Received 5 patents for a utility model of Ukraine. Scientific publications comply with the requirements of paragraph 11 of the Procedure for conducting an experiment for awarding the degree of Doctor of Philosophy (Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of March 6, 2019 № 167).

**Key words:** packing, bobbin, bobbin holder, stiffening roller, slipping, thread rewinding, winding mechanism, dynamics, critical winding speeds.

### Список публікацій здобувача

1. **Завертанний Богдан Сергійович**, Манойленко Олександр Петрович, Акимов Олександр Олександрович. Порівняльний аналіз пристроїв укочуючого ролика механізму намотування бобінажноперемотувальних машин (34-44). *Восточно Европейский Научный Журнал*. Технические науки. 2020/02/17;53(3):34-44. (Особистий внесок – розробка структур, проведення аналітичних досліджень, обробка результатів). <https://eesa-journal.com/2020/02/17/porivnyalniy-analiz-pristro%D1%97v-ukochuyuchogo-rolika-mexanizmu-namotuvannya-bobinazhoperemotuválnix-mashin-34-44/>

2. The research of the process of forging a rolling roller through the pack of the final form of rewinding machines / O.P. Manoilenko, B.S. **Zavertannyi** and O.O. Akymov // *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*. – 2020. – № 2, Vol. 28, June. – ISSN: 1335-0617 2585-8890. (Особистий внесок – проведення аналітичних досліджень, обробка результатів, моделювання процесу). [http://vat.ft.tul.cz/2020/2/VaT\\_2020\\_2\\_12.pdf](http://vat.ft.tul.cz/2020/2/VaT_2020_2_12.pdf)

3. **Завертанний Б. С.** Дослідження впливу зміщення пакування вздовж осі бобіноотримача на критичні швидкості [Текст] / Б. С. Завертанний, О. П. Манойленко, О. О. Акимов // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Серія Технічні науки. - 2020. - № 2 (144). - С. 13-23. (Особистий внесок – проведення аналітичних досліджень, обробка результатів, моделювання процесу). <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/16227>

4. Research of the influence of the treatment process of three-cone packing on critical speeds of bobbin holder of the winding machine / **B.S. Zavertannyi**, O.O. Akymov, O.P. Manoilenko, M.A. Zenkin, Y.A. Kovalev and S.A. Pleshko // *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*. – 2020. – № 4, Vol. 28, December. – ISSN: 1335-0617 2585-8890. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення аналітичних досліджень, статистична обробка результатів, моделювання процесу). [http://vat.ft.tul.cz/2020/4/VaT\\_2020\\_4\\_20.pdf](http://vat.ft.tul.cz/2020/4/VaT_2020_4_20.pdf)

5. Акимов О.О. Дослідження впливу пружності пакування на критичні швидкості бобінотримача / Акимов О.О., **Завертаний Б.С.**, Оборський І.Л. // *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2015)*: матеріали тез доповідей V міжнародної науково-практичної конференції (19–22 травня 2015 р., м.Чернігів). – Чернігів: ЧНТУ, 2015. С 170-173. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу). <https://www.stu.cn.ua/media/files/conference/Tezy%20-%202015.pdf>

6. Акимов О.О. Дослідження впливу пружності кріплення укочуючого ролика на динамічну складову сили притискування / Акимов О.О., **Завертаний Б.С.**, Наумчик С.А., Оборський І.Л. // *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2016)*: матеріали тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції (26–29 квітня 2016 р., м. Чернігів). – Чернігів: ЧНТУ, 2016.С 187-188. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення аналітичних досліджень, моделювання процесу). <https://www.stu.cn.ua/media/files/conference/kzya16-tezi.pdf>

7. Акимов О.О. Дослідження впливу параметрів укочуючого ролика та бобінотримача перемотувальної машини БП-340 на динамічні характеристики намотувального механізму [Текст] / О.О. Акимов, В.В. Кальченко, **Б.С. Завертаний**, М.В. Лапа // *Системи розроблення та поставлення продукції на виробництво* : матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, м. Суми, 17-20 травня 2016 р. / Ред.кол.: О.Г. Гусак, К.О. Дядюра. - Суми : СумДУ, 2016. - С. 113-114. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення експериментальних досліджень, статистична обробка результатів, моделювання



процесу).

[https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/46842/1/Akimov\\_Kalchenko.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/download/123456789/46842/1/Akimov_Kalchenko.pdf)

8. **Завертаний Б.С.** Дослідження впливу пружності механізму фіксації бобін на критичні швидкості бобінотримача / Б. С. Завертаний, М. В. Лапа, О. О. Акимов // Тези доповідей XV Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів "*Наукові розробки молоді на сучасному етапі*". Т. 2 : 28-29 квітня 2016 р. — К. : КНУТД, 2016. — С. 202. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).

[https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/5342/1/20160428-29\\_TEZY\\_V2\\_P202.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/5342/1/20160428-29_TEZY_V2_P202.pdf)

9. Акимов О.О. Вплив похибки фіксування трьохконусного пакування перемотувальної машини бп-340 на її працездатність / О.О. Акимов, О.П. Манойленко, **Б.С. Завертаний** // *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2017* : тези доповідей Дванадцятій міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 26–29 червня 2017 р.) / М-во освіти і науки України, Нац. акад. наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. – Чернігів : ЧНТУ, 2017. С 212-216. (Особистий внесок – проведення аналізу наукової літератури за напрямком досліджень, постановка завдань досліджень).

<https://www.stu.cn.ua/media/files/conference/mods17-tezi.pdf>

10. **Завертаний Б. С.** Дослідження критичних швидкостей перемотувальних машин / Б. С. Завертаний, О. П. Манойленко, О. О. Акимов // *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг* : тези доп. міжнар. наук.-практ. конф. (15 червня 2017 р., м. Київ) / відп. за вип. М. А. Зенкін. - К. : КНУТД, 2017. - С. 81-82. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).

[https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/6681/1/MSIE2017\\_P081-082.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/6681/1/MSIE2017_P081-082.pdf)

11. **Zavertanny B.S.** Research of landing influence of bobbin on the dynamic characteristics of the bobbin holder / Zavertanny B.S., Manojlenko A.P., Akimov A.A. // *Актуальні проблеми інженерної механіки* : тези доп. IV Міжнар.наук.-практ. конф. / під заг. ред. М. Г. Сур'янінова.. — Одеса : ОДАБА, 2017 С 219-

222. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).

<https://drive.google.com/file/d/1H8IxOsGZLauDKdH2dDgCo4yk43bhBzO5/view>

12. **Завертанний Б. С.** Дослідження впливу посадки бобіни на динамічні характеристики бобінотримача / Б. С. Завертанний ; наук. кер. О. П. Манойленко, О. О. Акимов // *Наукові розробки молоді на сучасному етапі* : тези доповідей XVI Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (27-28 квітня 2017 р., Київ). - К. : КНУТД, 2017. - Т. 2 : Мехатронні системи і комп'ютерні технології. Ресурсозбереження та охорона навколишнього середовища. - С. 364-365. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).

[https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/8589/1/NRMSE2017\\_V2\\_P364-365.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/8589/1/NRMSE2017_V2_P364-365.pdf)

13. **Завертанний Б. С.** Дослідження впливу пружності кріплення укочуючого ролика намотувального механізму перемотувальної машини БП-340 на динамічні характеристики / Б. С. Завертанний ; О. П. Манойленко, О. О. Акимов// Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність» (12-17 вересня 2017 р.): Херсон: Видавництво ХНТУ, 2017. – 162 с. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).

14. **Завертанний Б. С.** Дослідження зміни інерційних параметрів механізму намотування нитки при зміні асортименту оброблюваної продукції / Б. С. Завертанний, О. П. Манойленко, О. О. Акимов // *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг* : тези доповідей II-ої Міжнар. наук.-практ. конф. (15 червня 2018 р., м. Київ) / відп. за вип. М. А. Зенкін. - Київ : КНУТД, 2018. - С. 54-55. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу). [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/9686/1/MSIE2018\\_P054-055.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/9686/1/MSIE2018_P054-055.pdf)

15. **Завертанний Б. С.** Кінетостатичний аналіз намотувального механізму бобінажно-перемотувальної машини / Б. С. Завертанний; наук. кер. О. П. Манойленко, О. О. Акимов // *Наукові розробки молоді на сучасному етапі* :

тези доповідей XVII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (26-27 квітня 2018 р., Київ). - Київ : КНУТД, 2018. - Т. 2 : Мехатронні системи і комп'ютерні технології. Ресурсозбереження та охорона навколишнього середовища. - С. 415-416. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).  
[https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/11631/1/NRMSE2018\\_V2\\_P415-416.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/11631/1/NRMSE2018_V2_P415-416.pdf)

16. **Завертанний Б.С.** Визначення власних коливань підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика / Завертанний Б.С., Манойленко О.П., Акимов О.О. // *Актуальні проблеми інженерної механіки* : тези доп. V Міжнар.наук.-практ. конф. / під заг. ред. М. Г. Сур'янінова.. — Одеса : ОДАБА, 2018. С361-364. I С90-93 (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).  
<https://drive.google.com/file/d/1W7ZJN1ee3yifN65tIR47p0PhbOWA9wJ7/view>

17. Акимов О. О. Дослідження впливу кінематики перемотувального механізму машини БП-340 на статичну силу притискування укочуючого ролика до бобінотримача / Акимов О. О., Манойленко О. П., **Завертанний Б.С.** // *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2018)* : матеріали тез доповідей VIII міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів , 10–12 травня 2018 р.) : у 2-х т. / Чернігівський національний технологічний університет [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів : ЧНТУ, 2018. – Т. 2. – С 56-58. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).  
<https://www.stu.cn.ua/media/files/conference/Tezy%20-%202018%20Part%202.pdf>

18. **Завертанний Б. С.** Дослідження механізму фіксації бобіни бобінажно-перемотувальних машин / Б. С. Завертанний ; наук. кер. О. П. Манойленко, О. О. Акимов // *Наукові розробки молоді на сучасному етапі* : тези доповідей XVIII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (18-19 квітня 2019 р., Київ). - Київ : КНУТД, 2019. - Т. 2 : Мехатронні системи і комп'ютерні технології. Ресурсозбереження та охорона

навколишнього середовища. - С. 360-361. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).  
[https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/13973/3/NRMSE2019\\_V2\\_P360-361.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/13973/3/NRMSE2019_V2_P360-361.pdf)

19. Мотузов М. Ю. Розробка та дослідження механізмів уключуючого ролика перемотувальних машин / М. Ю. Мотузов, **Б. С. Завертанний** ; наук. кер. О. П. Манойленко // *Наукові розробки молоді на сучасному етапі* : тези доповідей XVIII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (18-19 квітня 2019 р., Київ). - Київ : КНУТД, 2019. - Т. 2 : Мехатронні системи і комп'ютерні технології. Ресурсозбереження та охорона навколишнього середовища. - С. 358-359. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).  
[https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/13942/1/NRMSE2019\\_V2\\_P358-359.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/13942/1/NRMSE2019_V2_P358-359.pdf)

20. **Завертанний Б.С.** Моделювання комплексного впливу геометричних та силових параметрів на механізм кріплення бобіни перемотувальних машин / Завертанний Б.С., Манойленко О.П., Акимов О.О., Новрузова А.П. // *Актуальні проблеми інженерної механіки* : тези доп. VI Міжнар.наук.-практ. конф. / під заг. ред. М. Г. Сур'янінова.. — Одеса : ОДАБА, 2019. С361-364. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).  
[https://drive.google.com/file/d/1\\_rxghP7H9kLG-mJImjPtn5b8GEVdBwjO/view](https://drive.google.com/file/d/1_rxghP7H9kLG-mJImjPtn5b8GEVdBwjO/view)

21. **Zavertannyi B. S.** New rolling roller devices for winding machine mechanisms / B. S. Zavertannyi, O. P. Manoilenko, O. O. Akimov // *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг* : тези доповідей III-ої Міжнар. наук.-практ. конф. (10 жовтня 2019 р., м. Київ) / відп. за вип. М. А. Зенкін. - Київ : КНУТД, 2019. - С. 79-80. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).  
[https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/14602/1/MSIE2019\\_P079-080.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/14602/1/MSIE2019_P079-080.pdf)

22. **Zavertannyi B.S.** Research of the influence of the treatment process of three-cone packing on critical speeds of bobbin holder of the winding machine / Zavertannyi B.S., Manoilenko O.P., Akymov O.O., Zenkin M.A. // *Актуальные*

*проблемы инженерной механики* / Тезисы докладов VII Международной научно-практической конференции. Общая редакция —Н.Г. Сурьянинов. Одесса: ОГАСА, 2020. — С 236-240. (Особистий внесок – розробка ідеї, проведення досліджень, моделювання процесу).

<https://drive.google.com/file/d/1RIruKchAIDCfvCfEtoi33HkeKcIpoLSx/view>

23. Пристрій для намотування нитки у бобіни: пат. 137209 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201903356; заявл. 03.04.2019 ; опубл. 10.10.2019, Бюл. № 19.

24. Пристрій для намотування нитки у бобіни : пат. 136737 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201903355; заявл. 03.04.2019 ; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.

25. Пристрій для намотування нитки у бобіни: пат. 136673 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201902864; заявл. 22.03.2019 ; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.

26. Пристрій для намотування нитки у бобіни: пат. 136735 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201903353; заявл. 03.04.2019 ; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.

27. Пристрій для намотування нитки у бобіни: пат. 136674 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201902866; заявл. 22.03.2019; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	26
<b>РОЗДІЛ 1</b>	
<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	33
1.1 Форма і структура пакувань, які застосовуються при перемотуванні .....	33
1.2 Типи та конструкції перемотувальних та бобінажно-перемотувальних машин .....	39
1.3 Конструкції приймально-намотувальних механізмів перемотувальних машин.....	44
1.4 Конструкцій бобінотримачів намотувальних механізмів.....	54
1.5. Огляд робіт по дослідженню механізмів перемотувальних машин.....	61
1.5.1. Огляд робіт по дослідженню проковзування укочуючого ролика по поверхні пакування .....	62
1.5.2. Огляд робіт з визначення критичних швидкостей роторів.....	63
1.5.2.1. Метод послідовних наближень формами коливань .....	64
1.5.2.2. Метод Релея .....	64
1.5.2.3 Графічна форма методу Релея.....	64
1.5.2.4. Метод послідовних наближень формами коливань для знаходження вищих частот (метод ітерацій).....	64
1.5.2.5. Метод гармонійних коефіцієнтів впливу.....	65
1.5.2.6 Метод Дункерлея .....	65
1.5.2.7 Метод скінчених елементів.....	65
1.5.2.8. Метод початкових параметрів .....	66
1.5.2.9. Метод напівжорсткого шпинделя .....	66
Висновки до розділу 1 .....	67

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ НАМОТУВАННЯ БОБІНАЖНО-ПЕРЕМОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ ТИПУ БП-340 ..... 68

2.1 Дослідження впливу параметрів автономного бобінотримача на його динамічні характеристики.....	68
2.1.1. Завдання, які вирішуються при проведенні досліджень впливу параметрів автономного бобінотримача на його динамічні характеристики .....	68
2.1.2. Розробка динамічної моделі бобінотримача, як “напівжорсткого” шпинделю .....	70
2.1.3. Визначення коефіцієнтів жорсткості бобінотримача.....	72
2.1.4. Врахування податливості підшипників .....	73
2.1.5. Врахування жорсткості пружних опор .....	74
2.1.6. Визначення жорсткості бобінотримача.....	76
2.1.7. Дослідження впливу особливостей розрахункових схем на коефіцієнти впливу .....	77
2.1.7.1. Визначення коефіцієнтів впливу для динамічної моделі бобінотримача, закріпленого на пружній осі.....	77
2.1.7.2. Визначення коефіцієнтів впливу для динамічної моделі бобінотримача, закріпленого на пружному валу.....	78
2.1.7.3. Визначення коефіцієнтів впливу для динамічної моделі бобінотримача з врахуванням пружності валу всередині оправки .....	79
2.1.8. Визначення інерційних параметрів бобінотримача та пакування.....	80
2.2. Алгоритм визначення критичних швидкостей .....	84
2.3. Кінетостатичний аналіз намотувального механізму .....	85
2.3.1. Залежність кута повороту важеля бобінотримача та маси пакування від товщини пакування.....	85
2.3.2 Визначення відстані від осі важеля до перпендикуляра, що з’єднує центри обертання бобінотримача та укочуючого	

ролика (плече сили реакції від притискування укочуючого ролика до бобінотримача) .....	86
2.4. Визначення динамічних характеристик укочуючого ролика з підвісом .....	87
2.4.1. Власні коливання підвісу при лінійній характеристиці пружності тіла намотування.....	87
2.4.1.1. Коефіцієнт динамічності .....	89
2.4.2. Власні коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика.....	90
2.4.3. Вимушені коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика .....	91
2.5. Аналіз проковзування укочуючого ролика по пакуванню конічної форми .....	94
Висновки до розділу 2 .....	101
<b>РОЗДІЛ 3</b>	
<b>АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ НАМОТУВАННЯ ПЕРЕМОТУВАЛЬНИХ МАШИН ....</b>	
3.1. Розробка класифікації механізмів намотування перемотувальних машин.....	102
3.2. Визначення критичних швидкостей бобінотримача .....	103
3.3. Дослідження впливу зміщення бобінотримача на величину критичних швидкостей бобінотримача.....	106
3.3.1. Аналітичне дослідження впливу зміщення бобінотримача на величину критичних швидкостей бобінотримача.....	107
3.3.2. Експериментальне дослідження впливу зміщення бобінотримача на масу пакування.....	110
3.3.3. Експериментальне визначення густини намотування Пакування.....	112
3.3.4. Експериментальне дослідження критичних швидкостей бобінотримача .....	113
3.4. Залежність кута повороту важеля бобінотримача та маси пакування від товщини пакування .....	115



3.5. Визначення динамічних характеристик укочуючого ролика з підвісом .....	117
3.5.1. Розрахунок частот власних коливань підвісу при лінійній пружній характеристиці тіла намотування.....	117
3.5.1.1. Визначення жорсткості пакування.....	119
3.5.1.2. Визначення моменту інерції укочуючого ролика з підвісом ....	121
3.6. Розробка структури нових пристроїв укочуючого ролика .....	125
3.6.1. Аналіз літературних даних та постановка проблеми .....	126
3.6.2. Результати розробки пристроїв укочуючого ролика.....	127
3.7. Власні коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика.....	136
3.8. Вимушені коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика.....	137
3.9. Аналіз проковзування 3-х ланкової конструкції укочуючого ролика по пакуванню конічної форми .....	140
3.9.1. Дослідження проковзування 3-х ланкової конструкції укочуючого ролика по пакуванню конічної форми.....	142
Висновки до розділу 3 .....	147
<b>РОЗДІЛ 4</b>	
<b>КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАМОТУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ .....</b>	
<b>КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАМОТУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ .....</b>	<b>149</b>
4.1. Створення геометричної моделі намотувального механізму .....	150
4.1.1. Створення комп'ютерної моделі пакування .....	150
4.1.2. Створення комп'ютерної моделі укочуючого ролика.....	152
4.2. Накладення обмежень та фізичних параметрів взаємодії деталей механізму .....	156
4.3. Результати комп'ютерного моделювання .....	159
Висновки до розділу 4 .....	161
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>162</b>
<b>СПИСОК ВИКОРАСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>165</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>176</b>

## ВСТУП

На сьогоднішній день українська легка промисловість один із найпотужніших багатогалузевих комплексів виробництва товарів народного споживання. Також ця галузь відноситься до галузей із досить швидким обертанням капіталу. Орієнтація сектору економіки – кінцевий споживач. У підприємств легкої промисловості досить високий потенціал до виробництва товарів народного споживання, які здатні не тільки задовольнити потреби внутрішнього ринку, але і конкурувати на міжнародних [1,2]. Нажаль у технічній та науковій складовій підприємства відстають через відсутність наукових досліджень галузі в цілому та через відсутність конкурентоспроможних заводів-виробників обладнання. Здебільшого оновлення парків виробництв відбувається за рахунок морально застарілого та відпрацьованого обладнання з європейських підприємств, а також скуповуванням обладнання підприємств банкрутів. Через цю низку факторів необхідним являється модернізація наявного обладнання для інтенсифікації технологічних процесів та розробка власної бази наукового потенціалу для створення нового та модернізації наявного обладнання [3,4].

Головними тенденціями розробки та модернізації приймально-намотувальних механізмів машин легкої промисловості на сучасному етапі розвитку є збільшення швидкостей приймання і намотування нитки на носії, тобто інтенсифікація процесу намотування. Також важливу роль відіграє збільшення маси отримуваних пакувань, збільшення асортименту виготовленої продукції ниток. З цього витікає необхідність глибокого дослідження приймально-намотувальних механізмів, адже вирішення питань модернізації виробничого обладнання неможливо здійснити без достатнього наукового забезпечення галузі легкої промисловості.

**Актуальність теми.** Процес намотування є одним з основних етапів підготовки ниток (пряжі) до подальшої переробки. З появою високошвидкісних способів та механізмів для намотування [5] для збереження якості повновісних пакувань до процесу намотування висувається підвищений ряд вимог.

Намотування ниток (пряжі) в сучасній технології здійснюється на намотувальних механізмах, які входять до складу багатьох машин, на яких формуються пакування паралельного і перехресного способу намотування. На сьогодні найбільшого розповсюдження отримали пакування перехресного намотування, оскільки вони мають дуже стійку структуру пакування при досить великих розмірах тіла намотування.

Через це велика кількість підприємств легкої промисловості країни оснащена хрестомотальними машинами і автоматами. Намотувальні механізми дуже широко використовуються в ткацькому, трикотажному, стрічковкацькому виробництвах, в процесі перемотування ниток для фарбування, формування ниток з різними дизайнерськими та декоративними ефектами, або ниток із хімічних волокон. Але при експлуатації намотувальних механізмів досить часто виникає низка проблем. Основною проблемою є обмеження швидкості перемотування, що в свою чергу призводить до зменшення продуктивності обладнання для перемотування.

Підвищення швидкості перемотування ниток приводить до необхідності збільшувати частоту обертання бобінотримача, що викликає необхідність проводити розрахунки критичних швидкостей. Специфічною особливістю бобінотримача бобінажно-перемотувальної машини це формування трьохконусного пакування, яке супроводжується зміною моменту інерції, що і призводить до певних труднощій при розрахунках критичних швидкостей і потребує розробки алгоритму автоматизованого визначення його інерційних параметрів.

Збільшення частоти обертання бобінотримачів приводить також до підвищення віброактивності всього механізму намотування. Проведення розрахунків віброактивності та дослідження впливу конструктивних параметрів на динамічні характеристики бобінотримача дозволять зменшити затрати при проектуванні механізмів та підвищити якість намотуваних пакувань при модернізації та розробці нового високопродуктивного обладнання.

Дослідженням даної тематики глибоко займався д.т.н., проф. Коритисский Я.І. для намотувальних механізмів [6,7], використовуючи

винайдений ним метод напівжорсткого шпинделя, який заснований на рівняннях Лагранжа другого роду. Також дана тематика досліджувалася його колегами Кушулем М. Я., Регельманом Е. З. і їх учнями Трощановским А. А., Акимовим О. О. і ін.

У зв'язку з цим тема роботи присвячена дослідженню, розробці та вдосконаленню намотувальних механізмів перемотувальних машин. А саме визначенню критичних швидкостей робочого обладнання, моделювання процесів намотування, розробка нових конструкцій механізму та надання рекомендацій що до конструювання обладнання.

Актуальність теми визначається необхідністю інтенсифікації процесу намотування [3], що досягається шляхом врахування якомога більшої кількості технологічних та геометричних параметрів обладнання виробництва, за рахунок чого, відбувається скорочення часу намотування повновісного пакування, а також підвищення його якості.

#### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Робота проводилася відповідно до наукового напрямку Н/н 12 «Удосконалення технологічного обладнання та прикладних механіко-технологічних систем» Київського національного університету технологій та дизайну 2016-2020рр. та ініціативної теми НДР «Розробка та удосконалення текстильного обладнання для перемотування ниток» (Державний реєстраційний номер 0120U105648).

Роль автора полягає у вирішенні проблеми вдосконалення конструкцій бобінажно-перемотувальних машин, розробці математичної моделі критичних швидкостей намотування пакувань хрестонамотування та дослідження коливань механізму намотування.

#### **Мета і завдання дослідження.**

Дослідження впливу технологічних та конструктивних параметрів механізму намотування на динамічні характеристики в механізмі намотування в процесі напрацювання повновісного пакування, розробка та впровадження рекомендацій по проектуванню та модернізації механізмів перемотувальних машин з підвищеною швидкістю намотування.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі завдання:

- розробити класифікацію намотувальних механізмів на базі аналізу літературних джерел та існуючого обладнання;
- визначити та перевірити експериментально залежності критичних швидкостей намотування нитки бобінотримачем та розробити алгоритм автоматизованого визначення його інерційних параметрів, експериментально визначити жорсткісні характеристики бобінотримача;
- провести кінетостатичний аналіз намотувального механізму з врахуванням укочуючого ролика: для цього визначити залежність кута повороту важеля укочуючого ролика від товщини тіла намотування; визначити відстань від осі важеля до перпендикуляра, що з'єднує центри обертання бобінотримача та укочуючого ролика (плече сили реакції від притискування укочуючого ролика до бобінотримача); розрахувати параметри намотувального механізму;
- визначити та перевірити власні частоти коливань підвісу з врахуванням пружності тіла намотування та визначити коефіцієнт динамічності;
- визначити власні частоти коливань підвісу при лінійній пружній характеристиці тіла намотування;
- визначити власні частоти коливань підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика та розрахувати вимушені коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика;
- розробити нові раціональні структури механізмів намотування на основі базової перемотувальної машини;
- дослідити та порівняти кращий розроблений механізм намотування з механізмом базової конструкції за функціональними та динамічними показниками.

Об'єкт дослідження - кінематичні та динамічні параметри бобінотримача.

Предмет дослідження – структурний синтез намотувальних механізмів перемотувальної машини.

## **Методи дослідження**

Експериментальні дослідження критичних швидкостей проведені на базі намотувального механізму перемотувальної машини. Обробка результатів всіх видів випробувань виконана з використанням методів математичної статистики.

При проведенні аналітичного дослідження критичних швидкостей намотувальних механізмів перемотувальних машин використані методи теоретичної механіки, опору матеріалів, інтегрального і диференціального числення, теорії коливань, а також метод напівжорсткого шпинделя, рівнянь Лагранжа другого роду.

Розрахунки та моделювання проводилися з використанням персонального комп'ютера в середовищі Microsoft Excel, Mathcad, SolidWorks.

## **Практичне значення отриманих результатів.**

Застосування нової конструкції механізму притиску уключуючого ролика при перемотування пряжі дозволило отримати пакування збільшеної маси і рівномірної структури, підвищити швидкості намотування та знизити вібрації намотувального механізму.

Отримані в дисертації матеріали можуть бути впроваджені при розробці та вдосконаленні намотувальних механізмів перемотувальних машин для пакувань з пряжі різної лінійної щільності і різного сировинного складу.

*– розроблено цілісний алгоритм визначення коливань намотувальних механізмів перемотувальних машин ;*

*– виконано порівняльний аналіз механізмів базової та розробленої конструкції;*

*– результати, отримані в дисертації, впроваджені в навчальний процес Київського національного університету технологій та дизайну при підготовці фахівців зі спеціальностей 133 Галузеве машинобудування освітня програма «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування»;*

*– впроваджено результати дослідження з теми дисертації на ТОВ «ПЕТ Технолоджиз»;*

*– впроваджено результати дослідження з теми дисертації на ТОВ «42ДЕЙ».*

*Особистий внесок здобувача.* У роботах, виконаних зі співавторами, особистий внесок здобувача полягає в теоретичному вивченні існуючого рівня розвитку обладнання для формування пакувань; розробці нової конструкції пристрою укочуючого ролика намотувального механізму; проведенні випробувань експериментальної установки і розробки математичних моделей розрахунку критичних швидкостей; створенні математичної моделі проковзування укочуючого ролика по пакуванню та розробці вдосконаленої конструкції укочуючого ролика; проведенні дослідження форми і структури пакувань; отриманні теоретичної моделі процесу намотування нитки із застосуванням нової конструкції кріплення укочуючого ролика; обробці експериментальних даних методами математичної статистики з використанням комп'ютерних технологій; формулюванні висновків і рекомендацій.

**Апробація результатів дисертації.** Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2015). V міжнародна науково-практична конференція 19–22 травня 2015 р., м. Чернігів.

Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. VI міжнародна науково-практична конференція. 26–29 квітня 2016 р., м. Чернігів

Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2017. Дванадцята міжнародна науково-практична конференція. Чернігів, 26–29 червня 2017 р.

Системи розроблення та поставлення продукції на виробництво. I Міжнародна науково-практична конференція, м. Суми, 17-20 травня 2016 р.

Мехатронні системи: інновації та інжиніринг. Міжнар. наук.-практ. конф. 15 червня 2017 р., м. Київ.

Актуальні проблеми інженерної механіки : IV Міжнар.наук.-практ. конф. Одеса .2017.

Наукові розробки молоді на сучасному етапі : XVI Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених та студентів. 27-28 квітня 2017 р.

XV Всеукраїнська наукова конференція молодих учених та студентів "Наукові розробки молоді на сучасному етапі". 28-29 квітня 2016 р. — Київ.

III Міжнародна науково-практична конференція «Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність». 12-17 вересня 2017 р. Херсон.

Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : II-га Міжнар. наук.-практ. конф. 15 червня 2018 р., м. Київ.

Наукові розробки молоді на сучасному етапі. XVII Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених та студентів. 26-27 квітня 2018 р., Київ.

Актуальні проблеми інженерної механіки. V Міжнар. наук.-практ. конф. Одеса. 2018.

Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. VIII міжнародна науково-практична конференція .м. Чернігів , 10–12 травня 2018 р.

Наукові розробки молоді на сучасному етапі. XVIII Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених та студентів. 18-19 квітня 2019 р., Київ.

Наукові розробки молоді на сучасному етапі. XVIII Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених та студентів. 18-19 квітня 2019 р., Київ.

Актуальні проблеми інженерної механіки . VI Міжнар. наук.-практ. конф. Одеса : ОДАБА, 2019.

Актуальные проблемы инженерной механики. Международная научно-практическая конференция. Одесса, 2020.

Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : III-тя Міжнар. наук.-практ. конф. 10 жовтня 2019 р., м. Київ.

**Публікації.** Положення дисертаційної роботи викладено в 9 публікаціях:

- статей – 4, з них за кордоном: 3, відносяться до Scopus 2;
- патентів на корисні моделі України – 5;
- тез доповідей на конференціях – 18, з них: на міжнародних конференціях - 13.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота втілена на 175 сторінках друкованого тексту, включає 64 рисунки, 17 таблиць, список використаних джерел із 98 найменувань на 11 сторінках та додатки обсягом 53 сторінок. Повний обсяг дисертації – 228 сторінки.



# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

### ДОСЛІДЖЕННЯ

На сучасному етапі розвитку ринкових відносин в легкій промисловості важливою є проблема, пов'язана з підвищенням конкурентної спроможності товарів текстильного виробництва. Підвищення якості продукції, яка виготовляється, та ефективності виробництва [2] сприяє вдосконаленню обладнання та технології переробки текстильних напівфабрикатів на всіх етапах промислового виробництва. Ці операції передбачають отримання на кожному переході пакувань оптимальної форми і структури, які можуть забезпечити в подальшому технологічному ланцюгу наступні вимоги [8-10]:

1. Пакування має бути транспортабельної форми, яка повинна бути зручною для зберігання і подальшої обробки матеріалу, з якого вона сформована.

2. Форма і структура пакування мають сприяти легкому, безперервному і вільному зсковзуванню (зніманню) нитки з пакування при змотуванні.

3. Пакування має бути досить великим та ємним, вмщати в себе матеріал як можна більшої довжини та мати як можна менший час напрацювання пакуванні для інтенсифікації технологічних процесів.

Необхідно враховувати наведені вимоги для інтенсифікації процесів легкої промисловості при розробці нових механізмів намотування та вдосконаленні наявного обладнання.

#### **1.1. Форма і структура пакувань, які застосовуються при перемотуванні**

У процесі перемотування нитка знімається з пакувань отриманих при передуючих перемотуванню процесах прядіння або формування у вигляді паковок або мотків і напрацьовується на обертові циліндричні або конічні патрони (бобіни), перед цим проходячи через контрольні-вимірювальні, очисні

прилади та механізми натягу нитки. Паралельно із обертальним рухом під час намотування нитки їй надається зворотно-поступальний рух вздовж вісі бобіни. Зворотно-поступальний рух нитка отримує через нитководій, що і дозволяє розкладку нитки по гвинтовій лінії.

У виробництві найбільш розповсюджені наступні форми намотування ниток [8, 10-12]:

- на прядильних бобінах – циліндрична (рис. 1.1, а, б) і циліндрична з конічними краями форми (рис. 1.1, в-ж, и) ;

- в куличах – циліндрична з неявно вираженим загальним конусом по всій висоті намотування (рис. 1.1, ї) ;

- на крутильних шпулях - форма початка (рис. 1.1, н) або пляшкова форма. (рис. 1.1, з)

Фланцева катушка (рисунок 1.1, а) має циліндричну прецизійну паралельну намотку на патронах з обох сторін яких розміщені фланці. Відстань між сусідніми витками нитки рівна діаметру нитки і по всьому діаметру напрацювання пакування постійна, отримувана катушка має максимальну питому щільність намотування нитки. Бічні фланці (стілки)забезпечують необхідну стабільність нитки на пакуванні. Кут підйому витків ( $\alpha$ ) досить незначний, та при збільшенні діаметра пакування кут підйому витків зменшується. В основному фланцеві катушки застосовуються при виготовленні та подальшій переробці ниток з натурального шовку. Вони також використовуються в стрічковому ткацтві, виготовленні швейних ниток, в текстильно-галантерейній промисловості.

Однофланцева катушка (рисунок 1.1 б). Вона забезпечує прецизійне намотування на патрони, які мають наступну будову: внутрішня торцева поверхня намотування спирається конічну насадку патрона. Зовнішня торцева поверхня однофланцевої катушки має конічну форму і проходить паралельно до конічної торцевої поверхні фланця. Однофланцеві катушки досить широко застосовуються для намотування синтетичних швейних ниток.

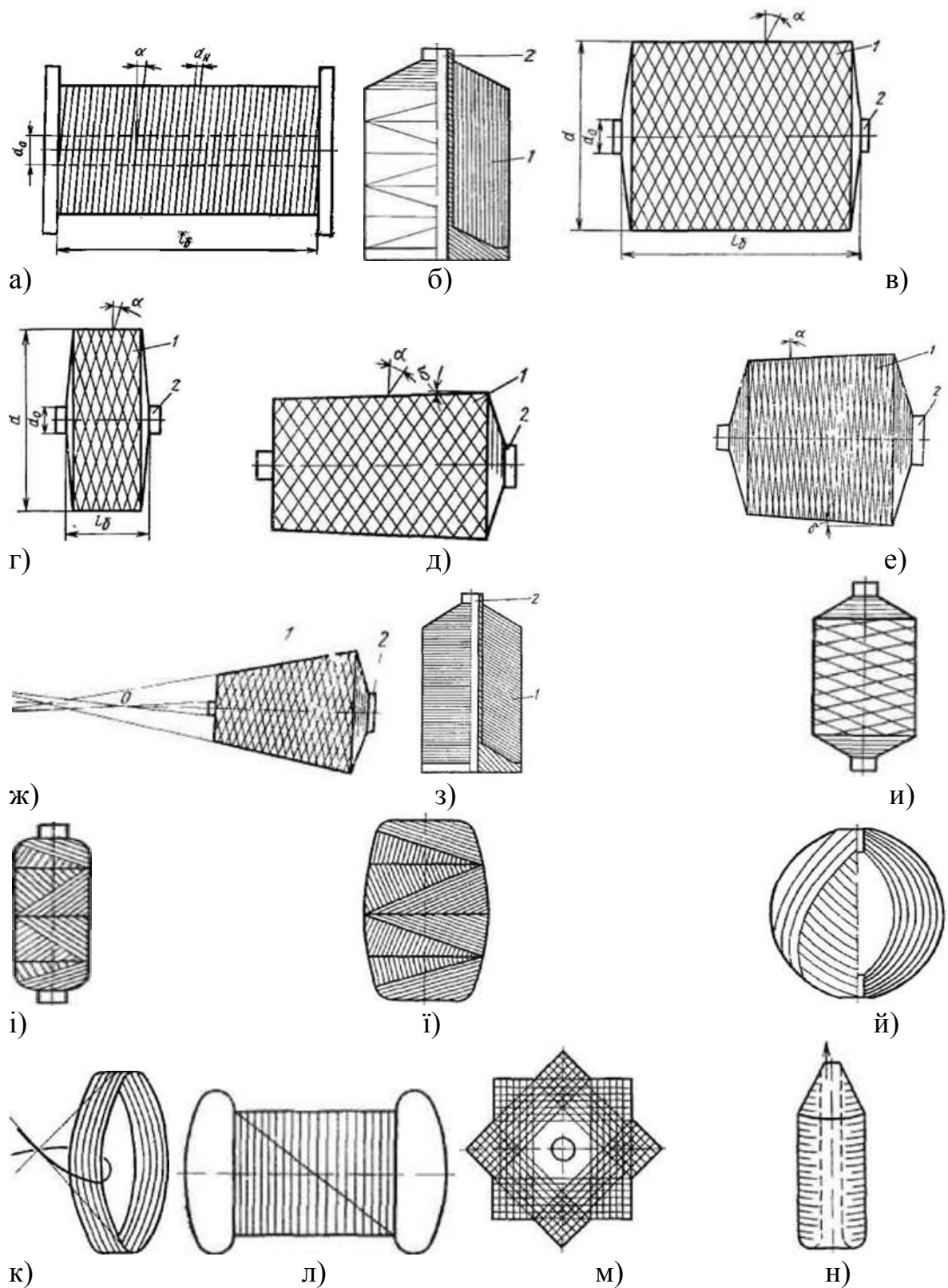


Рисунок 1.1. Форма та структура пакувань, які використовуються в процесі перемотування [14]: а – фланцева; б – однофланцева катушка; в – циліндрична бобіна; г – плоска бобіна; д – конічна бобіна; е – біконічна бобіна; ж – варіоконічна бобіна; з – пляшкова бобіна; и – двоконусне циліндричне пакування; і – діжкоподібна катушка; ї – моток; й – клубок; к – пасмо; л – моток на картоні; м – моток на картоні зіркоподібної форми; н – трубчатий початок

Циліндрична бобіна (рисунок 1.1 в). У цих бобінах намотування нитки здійснюється на циліндричні патрони (бобіни), а намотані нитки в кожному шарі при постійному діаметрі перехрещуються відносно один одного під постійним кутом. Циліндричну бобіна перехресного намотування можна охарактеризувати тим, що хід нитководія по всьому діаметру намотування постійний, завдяки чому боки бобіни виходять паралельні один до одного в теорії, а на практиці помітна несиметричність (випуклість) сторін пакування, яка виникає через тиск шарів намотування один на одного, але для подальшої переробки ця випуклість значення не має і не впливає на її стабільність намотки. Такі бобіни мають універсальне застосування. Вони використовуються головним чином в крученні, де нитка змотується як дотично до пакування, так і вздовж осі. Також такі пакування можуть використовуватися при фарбуванні ниток за умови використання спеціальних перфорованих патронів.

Плоска бобіна (рисунок 1.1 г), що являє собою циліндричну бобіну перехресного намотування у якої досить невелика висота намотування при великому діаметрі. Плоскі бобіни використовуються переважно в прядінні. Крім того, їх використовують в виробництві сіток для рибацтва як нитки утка.

Конічна бобіна (рисунок 1.1 д). Через постійну інтенсифікацію процесів і зростання швидкостей змотування ниток в ткацтві та трикотажній промисловості конічні бобіни набули досить великого значення. Їх відносять до бобін зі спеціальною формою перехресного намотування, у яких твірні лінії намотування формують усічений конус. Твірна лінії намотування 1 має такий же кут нахилу ( $\delta$ ), що і патрон 2, завдяки чому намотування у великого і малого діаметрів бобіни має однакову щільність. Конічні бобіни застосовуються в майже усіх галузях легкої промисловості.

Біконічна бобіна (рисунок 1.1 е). Утворена намотуванням на конусоподібний патрон у вигляді усіченого конуса із конусоподібною формою торців бобіни. Намотка на таких бобінах стабільна за рахунок геометрії розкладання нитки, тому вона застосовується для синтетичних та штучних

ниток. Також досить часто такі бобіни використовуються у трикотажній та ткацькій промисловості.

Варіоконічна бобіна ( рисунок 1.1 ж). Даний вид пакування являє собою форму конічної бобіни хрестового намотування. Але кут нахилу патрона та кут нахилу намотування неоднаковий. Це досягається різною питомою густиною з різних сторін бобіни. Застосовуються у трикотажному та ткацькому виробництвах.

Пляшкова бобіна (рисунок 1.1 з). Дане пакування подібне до однофланцевого, але відмінність полягає у паралельній намотці нитки на патрон. Застосовуються в основному на ручних трикотажних машинах.

Двоконусне циліндричне пакування ( рисунок 1.1 и). Такі бобіни можливо виготовляти із застосуванням паралельного та ромбовидного намотування. Можна виконувати прицевійне намотування ниток .

Пакування форм зображених на рисунку 1.1, і-н в основному використовуються у народному господарстві, у галузі пошиття та ремонту одягу.

При утворенні пакування нитка здійснює складний рух: поступальний внаслідок обертання пакування навколо своєї вісі та відносний рух внаслідок переміщення нитки уздовж вісі отриманого пакування. При паралельному намотуванні витки пряжі і ниток не можуть триматися на поверхні пакування, особливо на його торцях, і при незначних зовнішніх зусиллях пакування може зруйнуватися. Тому пряжа і нитки намотуються на катушки з фланцями, які утримують крайні витки від сповзання і надають пакуванню відповідну форму.

Паралельне намотування підрозділяється на два види: розімкнуте і зімкнуте. При розімкнутому намотуванні суміжні витки пряжі і ниток укладаються на пакуванні з певними проміжками. При зімкнутому намотуванні крок витків нитки, намотуваним на пакування, дорівнює її діаметру і витки укладаються на поверхні пакування один біля іншого. Зі зменшенням кута підйому витків нитки щільність намотування пакування збільшується. При зімкнутому намотуванні досягається найбільша питома щільність пакування.

Хрестове намотування в порівнянні з паралельним намотуванням виділяється рядом переваг, таких як: можливість змотування нитки з нерухомої бобіни при великих швидкостях; коміркоподібна структура отриманого при намотуванні пакування, що дає можливість виконувати технологічні процеси фарбувати нитки в бобінах; набагато більша довжина нитки в намотаній бобіні, ніж довжина нитки отримувана на звичайній катушці; можливість виявлення таких дефектів, як намотування ниток з різним відтінком та намотування ниток з різною лінійною щільністю [12, 8].

Виходячи з вищевказаного перспективними можна розглядати конічні пакування (бобіни) хрестового намотування у зв'язку із властивостями стабільності намотування. Також у зв'язку із широким використанням останніх у різних галузях легкої промисловості.

Розкладка нитки, що формує вищевказані намотки пакування, може виконуватися – різними способами технологічних операцій. Відповідно до вищенаведеного розрізняють наступні способи намотування [11]:

- з постійною амплітудою ходів нитководія (воронки, кільця тощо) з можливістю періодичною зміною швидкості його руху вздовж вісі;
- з періодичними змінами амплітуди ходів нитководія, а також з можливістю зсуву нитководія в обидві сторони вздовж вісі пакування;
- з амплітудою ходів нитководія, величина якої поступово і рівномірно зменшується повздовж всього циклу намотування пакування;
- стільниковий утворений шляхом синхронізації частот обертання бобін і нитководія з поступовим скороченням величини ходу нитководія;
- з амплітудою ходів нитководія, величина якої поступово зменшується або розширюється в часі циклу і одночасними періодичним зміщенням нитководія в обидві сторони;
- з постійною величиною амплітуди ходів нитководія з поступовим зсувом їх в одну сторону.

Для гарантування найбільш раціонального виробничого процесу при переробці ниток, намотане пакування повинно відповідати наступним вимогам:

- стабільність намотаної нитки на носії (відсутність сходу витків з пакування);
- максимальна питома щільність намотування в залежності від матеріалу;
- можливість безперешкодного змотування нитки з пакування;
- по можливості постійна щільність по ширині тіла намотування.

Технологічно найбільш придатною для подальшого використання формою пакування, отриманого на перемотувальних машинах, є конічна [12]. Завдяки своїй геометрії з конічного пакування можливе змотування нитки з високою швидкістю при відсутності руху самого пакування, що в свою чергу забезпечує рівномірний натяг нитки при розмотуванні без зайвих ривків, на відміну від циліндричного пакування. Це є досить вагомий фактор при пуску та зупинці обладнання у зв'язку із відсутністю інерційного обертання пакування.

## **1.2. Типи та конструкції перемотувальних та бобінажно-перемотувальних машин**

При виробництві синтетичних та штучних волокон традиційний спосіб перемотування зберігається через обробку складних по структурі ниток та через необхідність отримання ниток підвищеної якості та з підвищеними вимогами до механічних властивостей [11, 13-26].

Для перемотування хімічних ниток, ниток основи і ниток утка з натуральних волокон застосовуються високошвидкісне мотальне та перемотувальне обладнання різних конструкцій [26, 27]. Обладнання відрізняється за формою і будовою отриманих при перемотуванні пакувань (рисунок 1.1).

Для здійснення якісного процесу перемотування на будь-якій перемотувальних (мотальних) машинах мають бути передбачені наступні робочі органи [5, 16, 28]:

- 1) тримач для розміщення перемотуваних пакувань;

- 2) направляючі прутки і пристосування у вигляді пластин для обмеження балона;
- 3) направляючі для нитки;
- 4) контрольно-очисні пристрої;
- 5) привід механізму намотування;
- 6) механізм зупинки при обриві нитки;
- 7) механізм розкладання нитки по вихідному пакуванню.

### **Перемотувальні машини.**

У тому випадку, якщо нитки піддаються крученню на крутильно-поверхових машинах типу КЭ, їх необхідно перемотати з бобін на фланцеві катушки з паралельним намотуванням. Дане пакування необхідне для установки на крутильну машину та проведення процесу кручення. Перемотують нитки з бобін на фланцеві катушки на перегонно-мотальних машинах типу ПМ-240-ШЛ. Ця машина для перемотування має осьовий привід, розкладка нитки - ниткорозкладником. Машина одностороння на 16 веретен. Швидкість перемотування не більше 600 м/хв. [16].

Після кручення нитки на машинах КЭ (Росія)- отримують циліндричну бобіну масою не більше 130 грам. Отримані бобіни необхідно перемотати у конічні бобіни масою 2,5-3 кг на машинах бобінажно-перемотувальних БП-340-К ( Росія) або БП-340-0 (Росія) [8, 15, 16, 29, 30].

Перемотувальні машини моделей «Полікон» (Німеччина) , КЭ та інші працюють з постійною частотою обертання намотувального механізму, а лінійна швидкість нитки, що перемотується зростає з напрацюванням бобіни по діаметру, що призводить до зниження якості пакування та травмування нитки [10, 15, 16]. На сьогодні перемотувальні машини працюють з постійною лінійною швидкістю перемотування нитки, а частота обертання механізму намотування (кутова швидкість) при збільшенні діаметру бобіни зменшується. Також існує третій тип машин, що має можливість контролювати механізм намотування машини таким чином, що при збільшенні діаметру пакування лінійна швидкість перемотування незначно зростає (до 25%), а частота обертання механізму намотування знижується [14, 24, 29, 31].



При застосуванні біконусного пакування, довжина ходу нитководія вздовж пакування зі збільшенням товщини намотування скорочується за допомогою механізму скорочення ходу нитководія, завдяки чому торці пакування мають форму усіченого конуса. Зазвичай перемотування здійснюється при постійній швидкості змотування нитки 250- 400 м/хв, тобто при зменшенні числа обертів механізму намотування, що досягається шляхом використання фрикційного приводу або індивідуального приводу для кожного веретена [32]. Конструкція машини забезпечує автоматичну запинку механізму намотування при обриві нитки та при закінченні напрацювання пакування.

**Мотальні автомати.** На сучасних мотальних автоматах трудомістка частина або усі операції виконуються автоматизовано. Застосування мотальних автоматів знижує вартість переробки ниток на 20% і підвищує продуктивність праці в цілому у 2,5 - 3 рази [8, 13, 15, 16, 26, 32,33].

У сучасній текстильній промисловості країн членів СНД і за кордоном використовують мотальні автомати різних конструкцій, які за принципом дії вузлов'язального пристрою можна розділити на 3 типи [16]:

- 1) Індивідуальні;
- 2) Пересувні;
- 3) Стаціонарні.

У індивідуальних мотальних автоматах кожна мотальна голівка має власний, приєднаний до індивідуального мотального механізму вузлов'язальник. В свою чергу у пересувних мотальних автоматах вузлов'язальник переміщається двома способами - навколо або вздовж мотальних голівок, зв'язує кінці ниток, які обірвалися. У стаціонарних мотальних автоматах встановлений один вузлов'язальник, до якого по конвеєру надходять мотальні головки для їх з'єднання [16].

За ступенем автоматизації розрізняють чотири ступені мотальних автоматів [16, 34].

Перший ступінь: автоматичне визначення і зв'язування обірваних ниток; автоматична подача повних пакувань для перемотування і видалення порожніх нитконосіїв. Автомати “Аутосук” (Чехія) моделей 2005, 2006 і 2007 відносяться

до 1-ої ступені автоматизації і відрізняються один від одного конструкцією окремих механізмів [8, 13]. Призначені для перемотування бавовни, вовни і їх сумішей з хімічними волокнами лінійної щільності від 14 до 100 текс з діапазонами робочих швидкостей 500-800 і 800-1200 м/хв. Автомат має три виконання: А - для перемотування пряжі з прядильних початків; В - для перемотування пряжі з бобін пневмомеханічного безверетенного способу прядіння; С - для перемотування залишків пряжі з бобін. Вихідне пакування - конічна бобіна хрестового намотування, масою до 2,9 кг і діаметром бобіни до 280 мм [8, 13, 15, 16, 26].

Друга ступінь: до вказаних операцій першої ступені додається операція автоматичного знімання напрацьованих бобін і установка порожнього нитконосія. Мотальний автомат Autoconer-338 (Німеччина) відноситься до автоматів 2-ої ступені автоматизації з індивідуальним вузлов'язальником і індивідуальним приводом на кожен мотальну голівку. Призначений для перемотування одинарної і крученої пряжі з натуральних та синтетичних штапельних волокон в діапазоні лінійної щільності від 5,9 до 333 текс. Автомат односторонній, секційний. Від однієї до шести секцій по 10 мотальних головок в кожній [8, 13, 15, 16, 26].

Третя ступінь: до вказаних операцій другої ступені додається операції: автоматичне живлення вхідними пакуваннями з бункера; підготовка кожного пакування; розподіл пакувань по мотальним головкам. До третього типу відноситься автомат мотальний карусельний АМК- 150-3 (Таджикистан) «Таджиктекстильмаш»). Автомат може мати чотири виконання: А - з механічним ниткоочищувачем, Б - з пристроєм для парафінування пряжі, В - з електронним ниткоочищувачем, Г - з електронним ниткоочищувачем і пристроєм для парафінування пряжі. Для перемотування пряжі з великих прядильних пакувань з безверетенних прядильних машин може використовуватися автомат: АМКБ- 150.

Автомат АМК-150-3 має остов, призначений для напрямлення руху конвеєра з мотальними голівками. Робоча швидкість ланцюга не регулюється і складає 16 м/хв. Мотальна голівка, на якій відбувається обрив нитки,

відключається. Швидкість перемотування складає 400-1000 м/хв. [8, 13, 15, 16, 26].

Четверта ступінь: використання прядильно-мотальних агрегатів, коли усі операції перших трьох ступенів виконуються автоматично без втручання оператора обладнання. У мотальних автоматах четвертого ступеня автоматизації передбачена їх агрегація з кільцепрядильними, формувальними машинами, завдяки чому забезпечується автоматичне транспортування прядильних початків до мотальних голівок. В цьому випадку роль мотальниці зводиться до спостереження за процесом і, у випадку неспрацьовування автоматики, - до виконання ручного виконання технологічної операції. До мотальних автоматів четвертого ступеня автоматизації відносяться автомати Autoconer - 338v, Autoconer X5 фірми "Schlafhorst" (Німеччина), Link - Coner фірми "Murata" (Японія), Espero I, Orion I і Polar I фірми "Savio" (Італія), SSM (Швейцарія) [8, 26, 31].

Але наведене обладнання не може бути застосоване при перемотуванні більшості хімічних волокон [5, 11, 30, 35]. Це спричинено утворенням перехрещень ниток на торцях пакування, які особливо легко виникають при намотуванні пакувань з прямими торцями. Тому в конструкції обладнання повинен бути механізм скорочення ходу ниткорозкладника для отримання біконусної бобіни. Також якість пакування знижується через дуже велике проковзування мотального ролика по пакуванню через низький коефіцієнт тертя при перемотуванні штучних та синтетичних волокон [8, 15, 30, 32, 35].

### **1.3. Конструкції приймально-намотувальних механізмів перемотувальних машин**

Згідно робіт [16, 37, 38] приймально-намотувальні механізми поділяють на два типи: фрикційні (рисунок 1.2), у таких механізмів обертання бобінотримачу передається через фрикційний циліндр за допомогою сил тертя; без фрикційні (рисунок 1.3), у яких обертання бобінотримачу передається від електродвигуна на пряму, або через механічні передачі. Машини першого типу (такі як мотальні автомати розділ 1.2) застосовуються для перемотування усіх видів ниток з натуральних волокон. Машини другого типу (перемотувальні машини розділ 1.2) застосовуються для перемотування штучних і синтетичних ниток. Але в літературних джерелах [35, 36] автори виділяють і третій тип механізмів - комбінований. У цих механізмах бобінотримач приводиться у рух як власним електродвигуном, так і від фрикційного циліндра.

На обладнанні з фрикційним приводом через його безінерційність можливо отримати досить високі і постійні середні швидкості перемотування (до 1200 м/хв.). Проте на обладнанні не забезпечується постійність кута зсуву витків при розкладці нитки на поверхні пакування і виникає стирання пряжі по поверхні мотального барабанчика або фрикційного циліндра, особливо це помітно на торцях пакування. Прямий привід не має таких недоліків як фрикційний, але він не забезпечував отримання високих швидкостей намотування (більше ніж 600 м/хв.) через високу інерційність, але на сьогоднішній день із застосуванням сучасних технологій та пружних опор ці проблеми частково вирішені.

Фрикційний циліндр також забезпечує прикочування пакування, для забезпечення його щільності. У без фрикційних приймально-намотувальних механізмах для прикочування пакування використовують укочуючий ролик (на рисунку 1.3 укочуючий ролик не зображено), який також слугує механізмом відводу ниткорозкладника. Укочуючий ролик можливо використовувати і для демпфування коливань намотувального механізму [39].

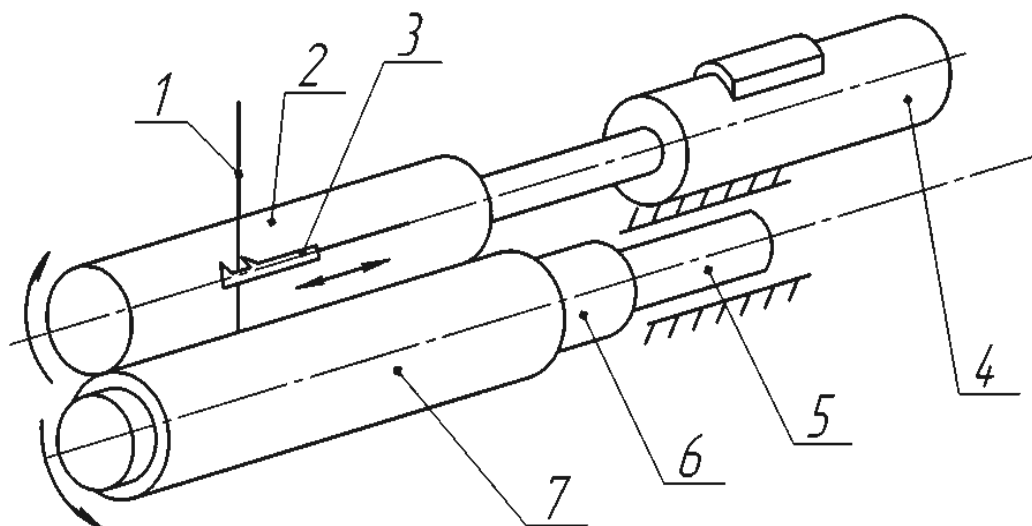


Рисунок 1.2. Схема фрикційного намотування ниток.

1 – нитка; 2 – фрикційний циліндр; 3 – нитководій ниткорозкладника; 4 – синхронний електродвигун або електродвигун з постійними магнітами; 5 – бобінотримач; 6 – бобіна; 7 – пакування.

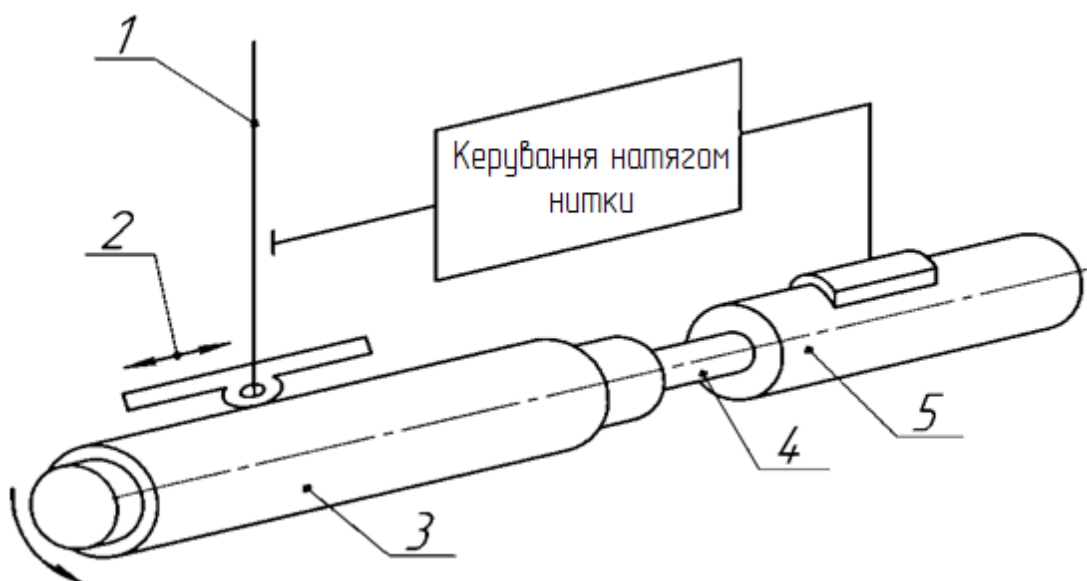


Рисунок 1.3. Схема без фрикційного намотування ниток.

1– нитка; 2 – нитководій ниткорозкладника; 3 – пакування; 4 – бобінотримач; 5 – електродвигун.

Підвіси, які використовуються при фрикційному способі намотування служать для створення оптимальної сили притискання між пакуванням та фрикційним циліндром. Це необхідно для вирівнювання густини пакування та

забезпечення роботи механізму без проковзування пакування відносно фрикційного циліндра.

Підвіси приймально-намотувальних механізмів найчастіше поділяють на три групи [35,37,38]:

- маятникового типу (рисунок 1.4);
- з кареткою поступального лінійного руху (рисунок 1.5);
- з чотириланковим підвісом бобінотримача (рисунок 1.6).

Конструкція підвісів маятникового типу, має вигляд важеля, який коливається на опорі, яку встановлено на корпусі машини. На кінці важеля закріплено фрикційний циліндр або бобінотримач для напрацювання пакування. Як видно з рисунку, особливість конструкції при роботі пристрою полягає у тому, що пакування (чи фрикційний циліндр) переміщається по дузі кола (рисунок 1.4). Для створення необхідного зусилля притиску пакування до фрикційного циліндра в основному використовується противага. Підвіси цього типу знайшли широке поширення в промисловості (через простоту виготовлення і використання).

Майже усі види конструкцій механізмів з підвісом маятникового типу прості у виконанні [30], але з їх допомогою проблематично отримувати пакування великих розмірів і маси. Труднощі виникають у тому, що рух пакування відбувається по дузі, при цьому у деяких механізмів змінюється відстань від вічка нитководія до точки входу нитки на пакування. Формоутворення пакування при цьому порушується. Але на сучасному етапі розвитку обладнання дані проблеми вирішуються модернізацією механізмів ниткорозкладника.

Підвіси другого типу [35, 38] відрізняються тим, що фрикційний циліндр, або пакування встановлено на каретці, яка при намотуванні нитки на пакування переміщається прямолінійно по направляючих (рисунок 1.5). Залежно від руху

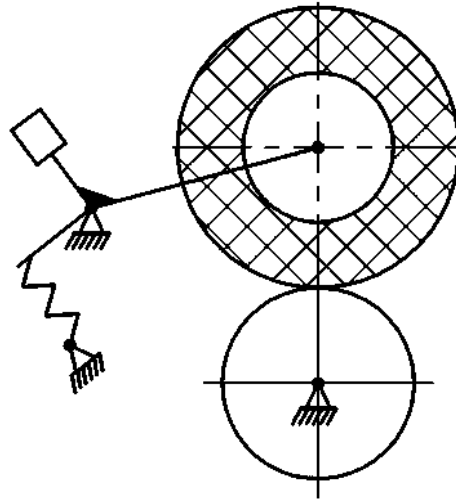


Рисунок 1.4-Підвіс маятнікового типу

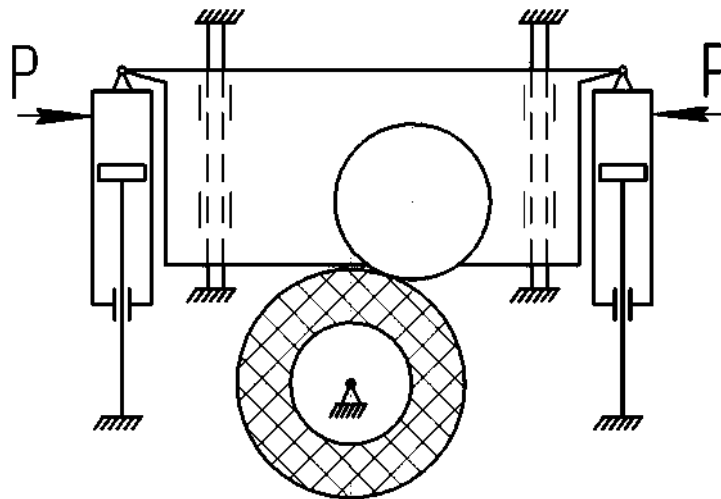


Рисунок 1.5. Намотувальний пристрій з кареткою на вертикальних направляючих

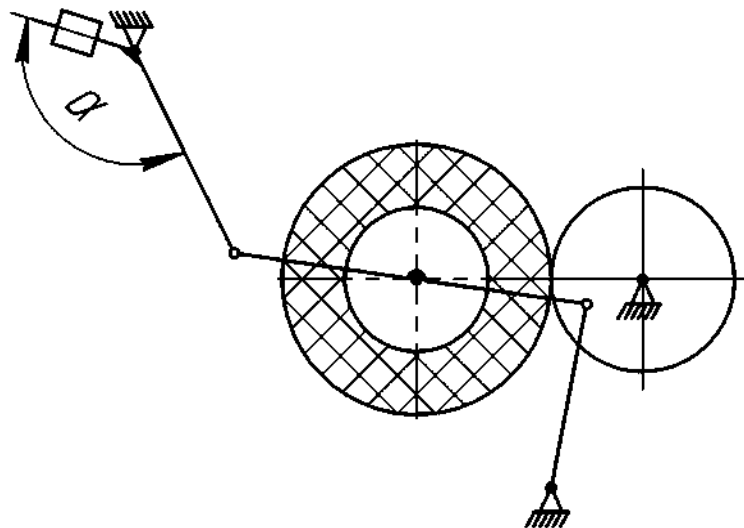


Рисунок 1.6. Схема намотувального механізму з чотириланковим підвісом бобінотримача

каретки такі підвіси діляться на три типи: підвіси, каретка яких переміщується по горизонтальним направляючим, підвіси, каретка яких переміщається похилим направляючим та підвіси, каретка яких переміщається по вертикальним направляючим.

Основним недоліком пристроїв з кареткою поступального руху є складність системи керування, що забезпечує необхідний притиск пакування до фрикційного циліндра або навпаки. На рисунку 1.6 зображено конструкцію чотирьохланкового підвісу [35, 38], на середній ланці якого розміщений бобінотримач з пакуванням. Цей підвіс застосовується при виробництві хімічних волокон на машинах ПН-600-КШ24, ПН-1000-КС18, та ін.

Представлений механізм дозволяє отримувати необхідне зусилля притиску пакування до фрикційного циліндра, також можливе напрацювання пакувань вагою до 36 кг. Механізм досить стійкий до динамічних навантажень, але при зростанні радіусу пакування міняється відстань від вічка нитководія до точки входу нитки на пакування. Саме це являється недоліком механізму даного типу.

Вибір конструкції бобінотримача залежить від процесу намотування нитки, матеріалу намотуваної нитки, швидкостей намотування, умов роботи намотувального пристрою та технології переробки нитки на виробництві. Існує досить велика різноманітність конструктивних виконань пристроїв для намотування нитки. Кожен з них має переваги і недоліки. Деякі, найбільш перспективні, розглянуті нижче. Однією з основних цілей при проектуванні приймально-намотувальних пристроїв є підвищення якості пакування і підвищення швидкостей намотування, зменшення енерговитрат при намотуванні та в окремих випадках необхідно збільшити масу пакування.

Особливості роботи механізму намотування нитки, представленого на рисунку 1.7. [40], полягає в тому, що під час роботи механізму сформована нитка 1, огинаючи прядильні диски, опиняється на нитководії ниткорозкладника 2 і намотується на бобіну 3, встановлену на бобінотримач 4.



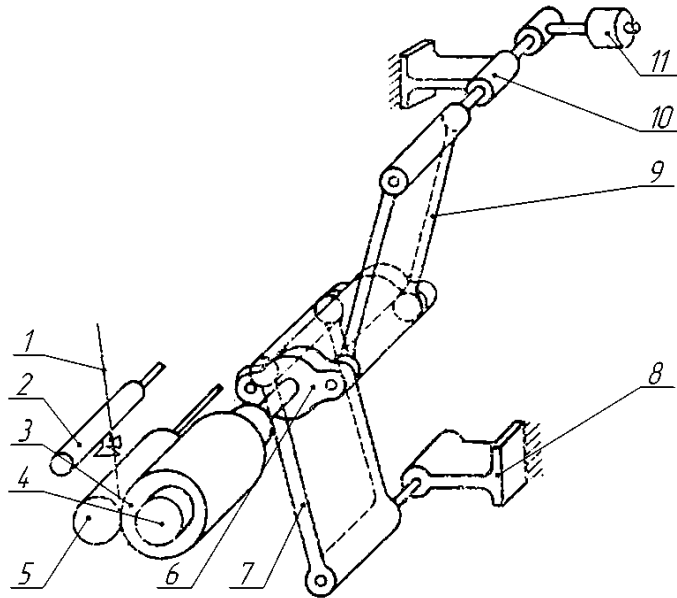


Рисунок 1.7–Схематичне зображення механізму намотування [40]

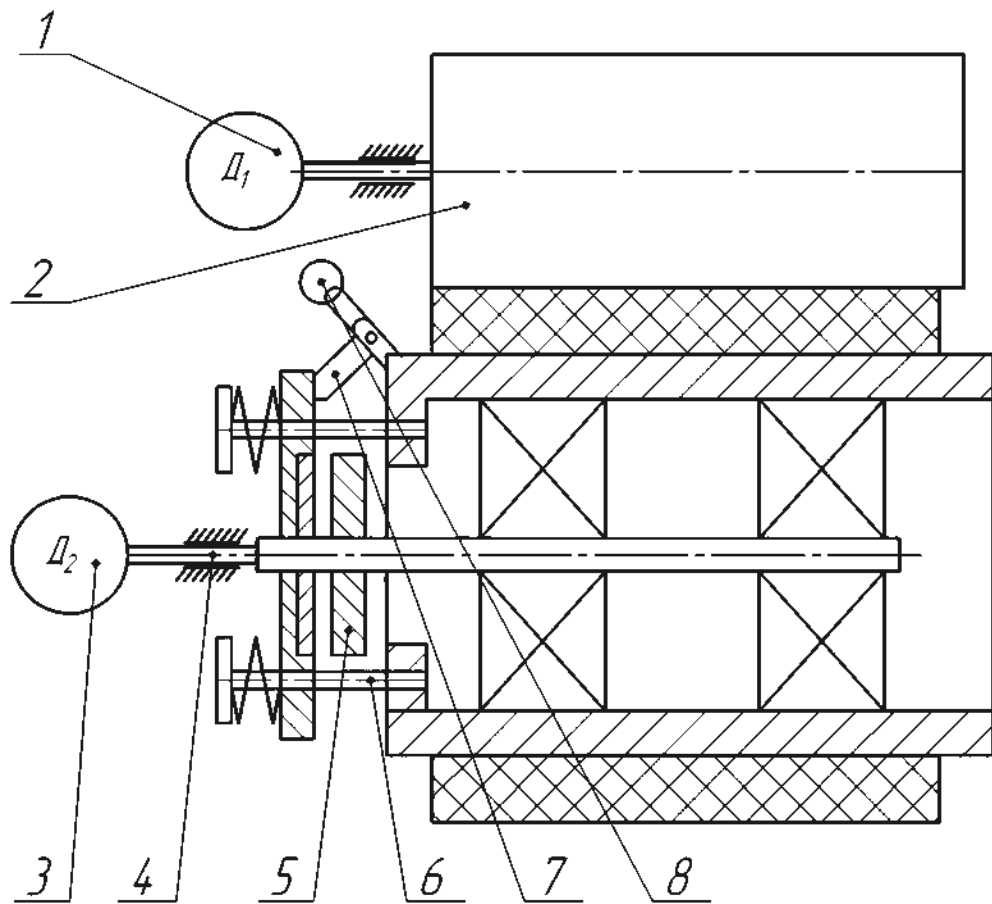


Рисунок 1.8 - Приймально-намотувальний механізм з комбінованим приводом бобінотримача [36,45]

З напрацюванням пакування, бобіна відхиляється від приводного фрикційного циліндра 5 по горизонтальній лінії. Це забезпечує постійну відстань між точкою контакту приводного фрикційного циліндра 5 з ниткою 1 і нитководієм ниткорозкладника 2. Також це забезпечує правильну форму пакування незалежно від діаметру намотування.

Горизонтальне переміщення пакування яке напрацьовується забезпечується тим, що бобінотримач 4 закріплений в центрі опори 6, що є середньою ланкою чотирьох ланкового механізму 7, 8, 9, 10, який забезпечує положення бобінотримача в рівноважному стані під час усього часу намотування пакування незалежно від ваги останнього. Під час напрацювання бобіни необхідний притиск бобіни до приводного фрикційного циліндра 4 забезпечується противагою 11.

Також авторами роботи [41] розроблено механізм для намотування нитки, що відрізняється від попереднього тим, що співвідношення довжин крайніх важелів шарнірного багатоланкового механізму знаходиться в межах 1.1-1.8, з метою підвищення якості пакування.

Так пристрій описаний у [42], дозволяє отримати пакування збільшеної маси, при збереженні хорошої якості пакування, що також дозволяє скоротити частоту знімань пакувань.

Для отримання якісного напрацьовуваного пакування важливо, щоб під час намотування сила взаємодії між приводним фрикційним циліндром і пакуванням була практично постійна. Це необхідно для отримання однакової по діаметру щільності пакування та зменшення проковзування пакування відносно фрикційного циліндра. З цією метою було розроблено пристрій [43].

Також під час проєктування намотувальних механізмів намагаються зменшити габарити пристрою і спростити його обслуговування. Приклад подібних пристроїв [44].

У механізмі [36,45], зображеному на рисунку 1.8, обертання бобіни передається від фрикційного циліндра 2, приведеного в обертання електродвигуном 1 і від додаткового осьового приводу, що складається з електродвигуна 3, сполучної муфти (на рисунку не показана), валу

бобінотримача 4 і кільцевої індукційної магнітної муфти з відцентровим регулятором. Ведуча частина муфти 5 жорстко посаджена на валу 4, а ведена встановлена рухливо на пальцях 6 і підпружинена. На торці бобінотримача шарнірно закріплені двохплечі важелі 7, несучі вантажі 8. По торцю кола провідної напівмуфти вмонтовані постійні магніти (на рисунку 1.8 не показані) з чергуванням полюсів і замкнутим магнітопроводом. У середині веденої напівмуфти вмонтовано феромагнітне кільце.

Приведення бобіно тримача до робочої швидкості здійснюється в два етапи одночасно від обох приводів. На першому етапі напівмуфти притиснуті одна до одної під дією пружин і сил магнітного тяжіння, що сприяє швидкому розгону бобінотримача. Досягши швидкості, що відповідає максимальному діаметру пакування, двохплечі важелі розходяться від осі обертання бобінотримача під дією відцентрової сили вантажів, утворюючи проміжок між напівмуфтами. На другому етапі встановлюється максимальний проміжок. В процесі намотування нитки у міру зростання радіуса пакування відбувається поступове зменшення кутової швидкості бобінотримача, що призводить до зменшення проміжку і збільшення крутного моменту за рахунок муфти.

Приймально-намотувальний механізм наведений в роботі [38] (рисунок 1.9) надає можливість намотувати пакування різної висоти діаметру. Для цього на намотувальній головці встановлено два сервоприводи 1 і 2, поворотна опора 3 і патрон 4 які в свою чергу встановлені на плиті 5. Циліндр 6 встановлений на горизонтальних лінійних направляючих 7 з двома платформами 8 і 9. Зміна положення платформ 8 та 9 на горизонтальних направляючих 7 забезпечує можливість намотування пакувань різного діаметру.

Недоліком цього механізму являється висока собівартість за рахунок сервоприводів та платформ. Також необхідні спеціальні датчики контролю та програмне забезпечення.

У роботі [46] доволі широко розглянуті промислові зразки намотувальних механізмів, які застосовуються на сучасному обладнанні. Представлено обладнання для напрацювань 2,4,6-ти пакувань на одному приймально-

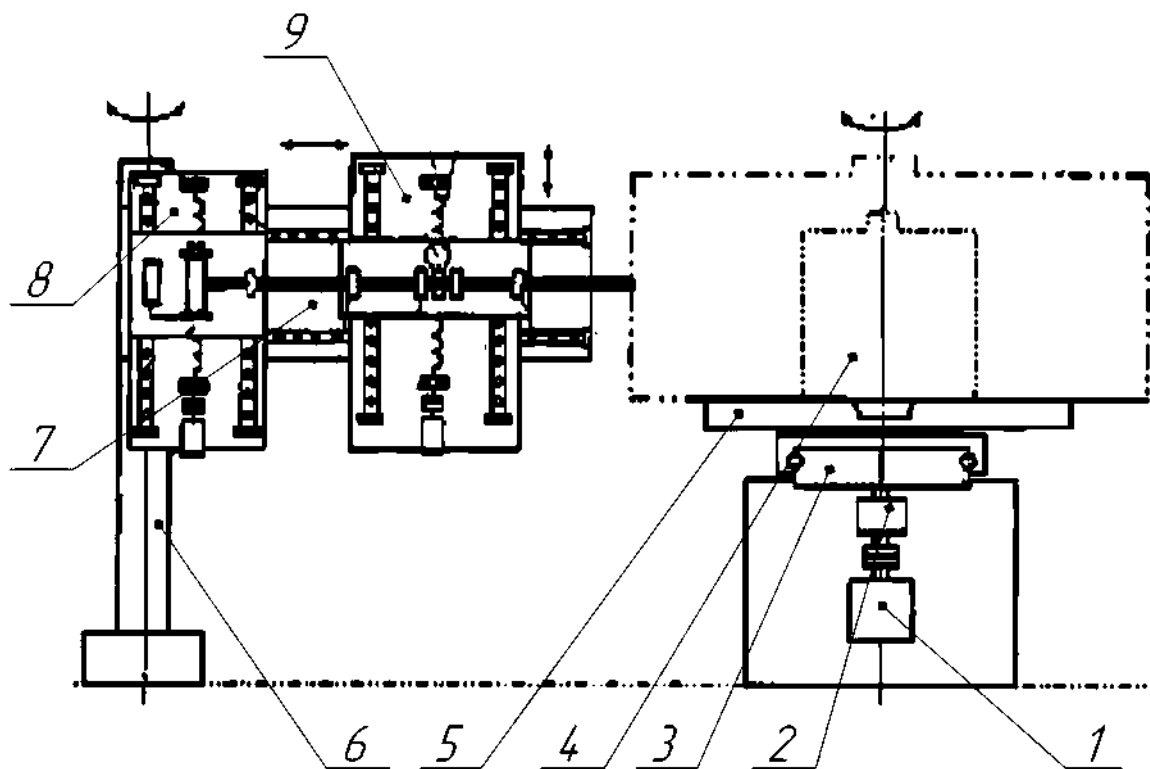


Рисунок 1.9. Приймально-намотувальний механізм для намотування пакувань різного діаметру

намотувальному механізмі. Також описані механізми револьверної зміни намотувальних головок та механізми розкладки нитки по пакуванню.

Вдосконалення приймально-намотувального механізму машини НВ 1000-КЖ9 встановленням додаткових вантажів та зміною динамічної моделі показано у роботі [47]. У [48] показані конструкції високошвидкісних бобінотримачів фрикційного та безфрикційного приводу і аргументоване їх застосування на формувальних машинах і агрегатах, що виробляють синтетичні і мінеральні нитки зі швидкістю вище 25 м/с і можливість формування вихідних пакувань масою більше 5 кг.

Механізм для напрацювання нитки на хрестомотальній машині, що містить мотальний барабан, встановлений на приводному валу, та бобінотримач з закріпленим нитконосієм, встановлені на мотальний барабан представлено [49]. Особливість механізму в тому, що мотальний барабан виконано у вигляді усіченого конуса, при цьому вісі мотального барабана та веретена перетинаються в одній точці. Конструктивне рішення має досить просту конструкцію, забезпечує підвищення якості намотування, але не дозволяє перемотувати синтетичні та штучні нитки без використання приводу мотального барабана.[50]представлено пристрій для намотування ниткоподібного матеріалу аналогічний попередньому, але із застосуванням циліндричного мотального барабана та наявністю механізму перешкоджання джгутовому намотуванню.

Також слід зазначити, що конструкція приймально-намотувального механізму повинна у відповідності [31,35] забезпечувати:

- необхідну форму і структуру пакування;
- міцне закріплення, точне центрування і надійне утримання бобіни з пакуванням під час намотування пакування;
- швидко і легку установку бобін (патронів) і знімання готових пакувань;
- складатися по можливості з мінімальної кількості вузлів і деталей;
- бути безвідмовною, довговічною, безпечною в роботі;
- забезпечувати просту заправку і перезаправку нитки при зміні пакування чи обриві нитки;

- по можливості не мати резонансних (критичних) частот в робочій області частот обертання пакування, на що буде акцентовано увагу в цій роботі;
- низький травматизм нитки в процесі намотування як фрикційним приводом так і безфрикційним методом, на що буде акцентовано увагу в цій роботі;
- мінімальний можливий рівень вібрації обладнання в процесі роботи, на що також буде акцентовано увагу в цій роботі.

#### **1.4 Конструкції бобінотримачів намотувальних механізмів**

Бобінотримач служить для центрування і фіксації бобіни в заданому положенні. Бобіна представляє собою порожнистий тонкостінний циліндр виготовлений з металу, пресованого картону, пластмаси, на зовнішню поверхню якої намотується нитка. Розміри бобіни залежать від загальної висоти отриманого пакування, маси намотаної нитки, способу обробки її на бобінах і фізико-механічних властивостей намотуваної нитки.

Фрикційні механізми намотування мають такі переваги, як простота регулювання швидкості намотування та висока надійність у роботі. При фрикційному способі бобіна одержує обертання від приводного фрикційного циліндра, до якого вона притискається з певним необхідним зусиллям [51].

Поліамідні нитки через свої фрикційні властивості погано працюють на тертя, тому застосування фрикційних бобінотримачів в устаткуванні для виробництва неможливо.

На формувальних машинах штучних волокон застосовують бобінотримачі кулачкового типу й бобінотримачі з рухливим гумовим кільцем [52]. Існує велика кількість різноманітних механізмів фіксації, серед яких можна виділити розпірні конуси, гумові фіксатори, фіксатори у вигляді ламелей.

Бобінотримачі відцентрового типу з фіксатором у вигляді ламелей. Фіксація бобіни здійснюється за допомогою фіксаторів, виконаних у вигляді пластин (ламелей 1) (рисунок 1.10), розміщених у пазах бобінотримача 2 [52].

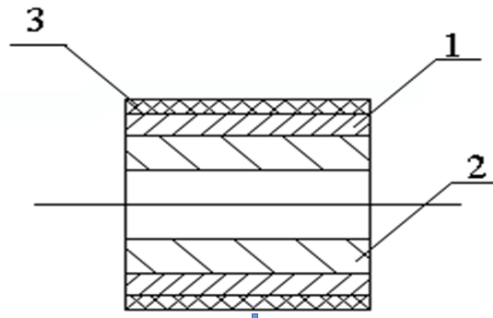


Рисунок 1.10. Схема бобінотримача з фіксаторами у вигляді ламелей [52]

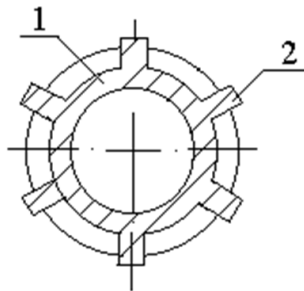


Рисунок 1.11. Схема бобінотримача з фіксатором у вигляді гумового кільця [52]

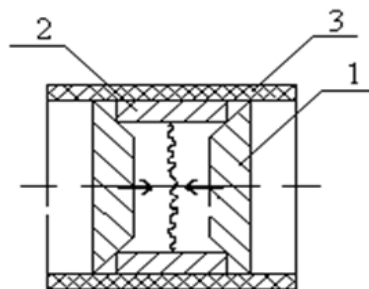


Рисунок 1.12 - Схема бобінотримача з розпірними конусами [52]

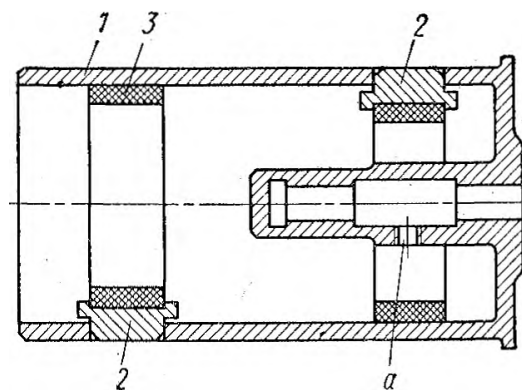


Рисунок 1.13 - Бобінотримач кулачкового типу

1 - корпус; 2 - кулачки; 3 - кільце гумове; 4 - отвір під гвинт

Під дією відцентрової сили ламелі виступають із корпусу бобінотримача і утримують бобіну 3. Переваги такого методу затискання: універсальність, стабільність у часі; недоліки: важкий бобінотримач, складність виготовлення конструкції, необхідність захисту проти потрапляння бруду під ламелі.

Також у виробництві поліамідних ниток використовуються бобінотримачі відцентрового типу, що дозволяють не тільки фіксувати м'яку бобіну, але й надавати їй правильної циліндричної форми. Застосовувані бобіни - м'яка пластмасова манжета (НАС-4) [52], твердий бакелітовий патрон (АСН-4) [52].

На рисунку 1.11 зображена схема бобінотримача з фіксаторами, виконаними у вигляді гумового кільця 1 з виступами 2.

Фіксація здійснюється за рахунок пружності гумових виступів і під дією відцентрової сили. Переваги такого методу фіксування: низька вартість виготовлення. Недоліки: недостатня стійкість гуми проти хімічних реагентів, дисбаланс бобінотримача.

В намотувальних апаратах для поліамідного волокна застосовуються фіксатори бобінотримача з розпірними конусами, що працюють незалежно від наявності відцентрової сили (рисунок 1.12) [52].

Під дією розпірних конусів 1 фіксуючі елементи 2 розходяться й утримують бобіну 3. Переваги такої фіксації: надійність фіксації, фіксація не залежить від наявності відцентрової сили. Недоліки: складність виготовлення, необхідність додаткового механізму, що діє на розпірні конуси.

Кулачковий бобінотримач [5,51] (рисунок 1.13) складається з корпусу 1, шести кулачків 2, двох гумових кілець 3 і гвинтів для кріплення корпусу на валу (на рисунку показаний отвір *a* під гвинт).

При встановленні бобіни із завальцьованими краями кулачок ущільнюється, стискаючи при цьому гумові кільця 3. Бобіна центрується на корпусі кінцями, а від осьового зсуву утримується кулачками 2. Корпус і кулачки виготовлені з ебоніту або пластмаси, а кільця 3 - з гуми.

Бобінотримач з рухомим гумовим кільцем [5,51], представлено на рисунку 1.14, складається з корпусу 1, втулки 2, гумового кільця 3 і гвинта. Корпус — пресований, з пластмаси, а втулка 2 - з металу.



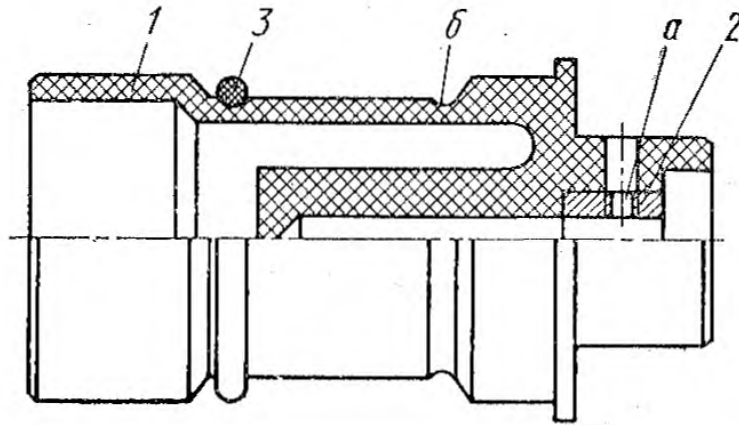


Рисунок 1.14 -Бобінотримач з рухомим гумовим кільцем

1 - корпус; 2 - втулка; 3 - кільце гумове;  
а - отвір під гвинт; б- кільцева канавка

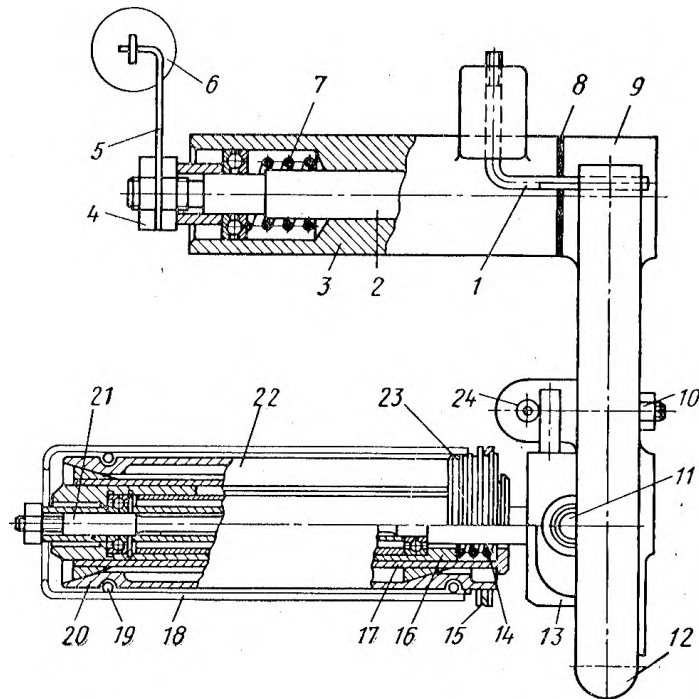


Рисунок 1.15-Бобінотримач машини ФЕ-125-І

1 - гачок; 2, 11, 21 - вісі; 3, 9 - кронштейни; 4 - гайка; 5 - важіль; 6 - вантаж;  
7, 14, 19, 23 - пружини; 8-фрикційне кільце; 10 -гвинт регулювальний; 12 -  
клямка; 13 - упор; 15 - затиск; 16. 17 - втулки; 18 -шпуля; 20, 22 - сегменти; 24 -  
рухомий фіксатор

Досить поширені бобінотримачі з рухомим гумовим кільцем. При встановленні бобіни із завальцьованими краями гумове кільце за рахунок сил тертя-зчеплення захоплюється бобіною з лівого положення в праве, при цьому бобіна своїми кінцями центрується на корпусі 1, а від осьового зсуву утримується гумовим кільцем 3, що западає в канавку б. При обертанні під дією відцентрових сил гумове кільце сильно притискається до бобіни, надійно утримуючи її в заданому положенні.

Недолік цієї конструкції: кріплення корпусу 1 з втулкою 2 на приводному валу за допомогою гвинта, схильне до впливу агресивних середовищ.

На рисунку 1.15 показана схема бобінотримача формувальної машини для капронового волокна. Останній конструктивно виконаний у вигляді поворотної цангової оправки, на якому центрується і утримується шпуля або бобіна.

Кронштейн 3 призначений для кріплення на ньому кронштейна 9 за допомогою вісі 2, жорстко сполученої з кронштейном 9, а також для кріплення зібраного бобінотримача до корпусу машини. Між поверхнями кронштейнів, що труться, прокладено фрикційне фіброве кільце 8, що виконує роль фрикційного гальма. Сила гальмування регулюється стисненням пружини 7 гайкою 4. Цей пристрій дозволяє забезпечити притиск шпулі або бобіни до фрикційного валу з таким зусиллям, при якому шпуля обертається спокійно. Крім того, збільшення сили притиску бобіни до фрикціону приводить до збільшення щільності намотування. Для зменшення сили притиску, а отже, і щільності намотування, становлений вантаж 6. Така конструкція бобінотримача дозволяє отримувати щільність намотування в діапазоні  $150-850 \text{ кг/м}^3$

Вісь 21 шарнірно сполучена віссю 11 з кронштейном 9. При повороті вісі 21 на певний кут проти годинникової стрілки навколо вісі 11 конусна втулка 17 цангового затиску своїм правим торцем притискається до упору 13 кронштейна 9. При подальшому повороті вісі 21 втулка 17 переміщається уздовж осі 21. Конуси втулки 17 цангового затиску звільняють сегменти 20, 22, які під дією спіральних пружин 19 зміщуються до центру і звільняють шпулю або бобіну. У цей момент напрацьовану шпулю замінюють порожньою і повертають шпиндель в початкове положення. Втулка 17, після припинення взаємодії з

упором 13, спеціальною пружиною 14 переміщається управо і своїми конусами розсовує сегменти 20, centruючи і затискаючи при цьому знов встановлену шпулю.

Для співвісної установки шпинделя 21 і фрикційних циліндрів служить рухомий фіксатор 24 і гвинт 10 з контргайкою. Кронштейн 9 утримується у верхньому положенні клямкою 12 і нерухомим гачком 1.

Схема високошвидкісного бобінотримача зображена на рисунку 1.16 [5]. У корпусі 19 на двох опорах кочення 2 й 18 змонтована труба 16, на яку надіті нерухомі 6 і рухливі 10 конічні диски, що утворять канали клиноподібної форми. У цих каналах розміщаються сегменти 8 із зовнішніми кільцевими канавками й внутрішніми поздовжніми пазами. Для втримання сегментів у клиновому каналі служить попередньо розтягнута пружина 9, розміщена в кільцевому каналі, а для запобігання кутового зсуву сегментів щодо рухливого диска служить штифт 11. Рухливий диск за допомогою трьох штифтів 12 з'єднаний зі склянкою 13, усередині якого перебуває попередньо стисла й надіта на вісь 1 спіральна пружина 15.

Співвісне розташування вісі 1 і труби 16 забезпечується дисками 14. Під дією сили пружини 15 рухомий диск притискається до сегментів і виштовхує їх із клиноподібного каналу. При відсутності бобіни 7 сегменти переміщаються в радіальному напрямку до упору їх буртиків у диски 6 й 10. При наявності бобіни сегменти центрують і затискають її.

Для звільнення бобіни від дії сегментів введена пневмокамера 21, з'єднана з корпусом 19. Після зміни бобіни подачу повітря припиняють, а нагнітаючу камеру з'єднують із атмосферою. Корпус 19 за допомогою осей 5 кріпиться на важелі 4. Осі встановлені в роликівих підшипниках 3.

Високошвидкісний бобінотримач з осьовим приводом складається з обертового барабана 1 (рисунк 1.17) [5, 51], вала 2 і корпусу 3, жорстко закріпленого на станині 4. На зовнішній поверхні барабана 1 у спеціальних пазах, рівномірно по колу розташовані затискні елементи 5, з можливістю невеликого радіального переміщення. При обертанні барабана під дією відцентрових сил на затискні елементи вони розходяться й забезпечують

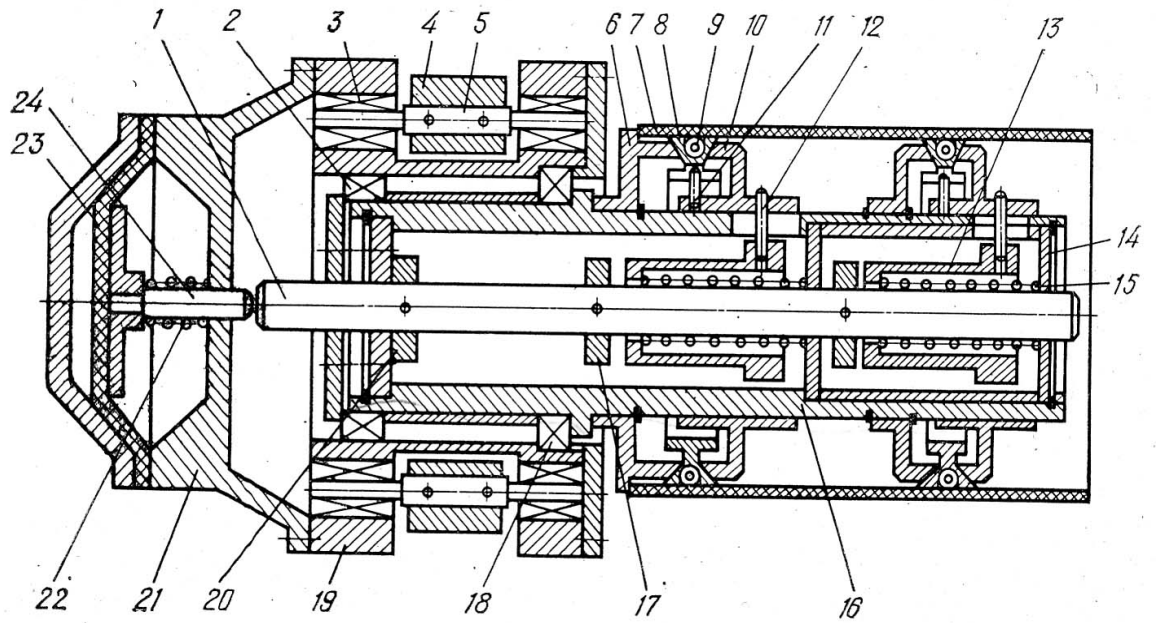


Рисунок 1.16 – Високошвидкісний бобінотримач [5]

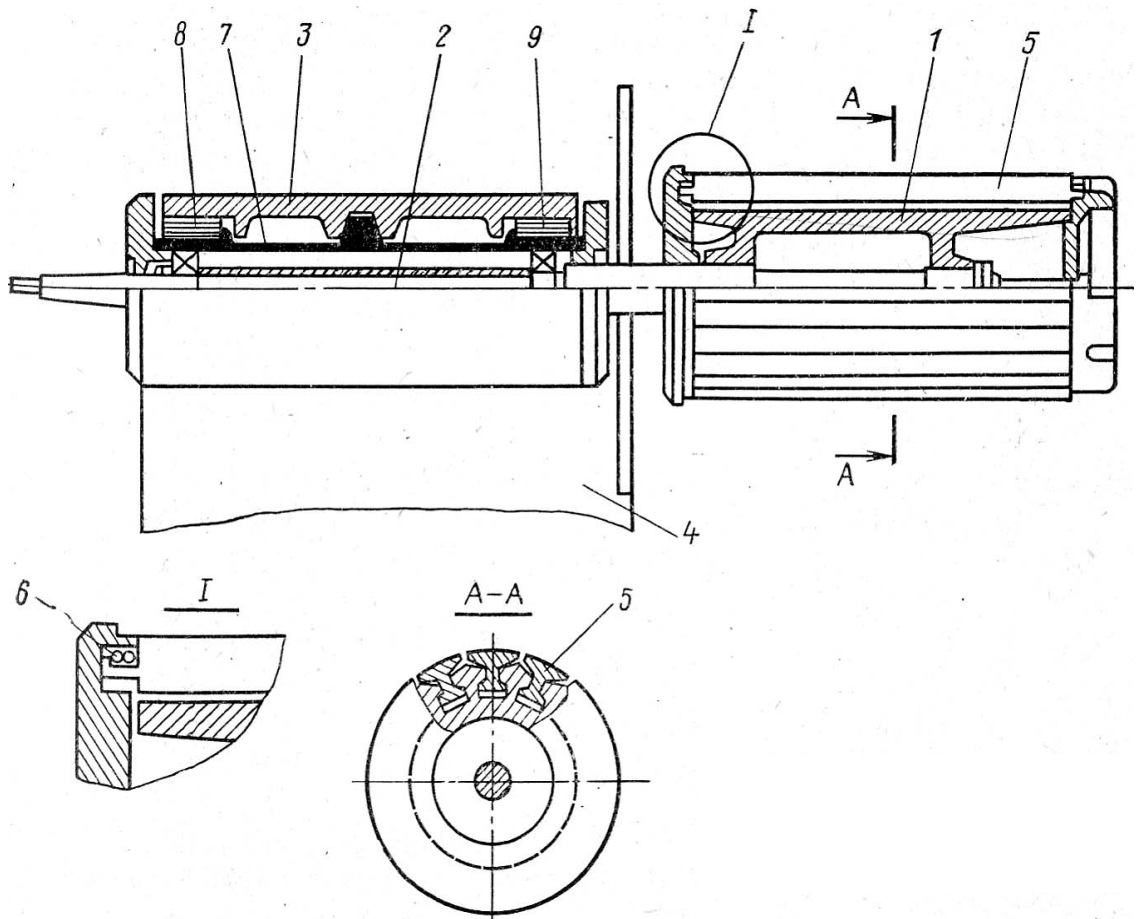


Рисунок 1.17 – Високошвидкісний бобінотримач з осьовим приводом [5, 51]

закріплення бобіни. При зупинці барабана під дією гумових кілець 6 затискні елементи повертаються у вихідне положення.

Для більш плавної роботи бобінотримача у режимі робочих швидкостей (до 75м/с) його опори закріплені в спеціальній гільзі 7 (амортизатор), що являє собою демпфер 8 й 9, виконаними у вигляді спіральних пружин.

### **1.5. Огляд робіт по дослідженню механізмів перемотувальних машин**

У великій кількості сучасних машин, які працюють в різних областях виробництва, дуже широке розповсюдження отримали роторні вузли, які використовуються для передачі крутного моменту, так і вузли які виконують технологічні операції. Через досить великі швидкості обертання, які пов'язані із необхідністю підвищення продуктивності обладнання, та їх доволі складною конфігурацією, роторні вузли є одним з основних джерел шкідливих вібрацій та електромагнітних випромінювань. Вони, при неправильному та не продуманому використанні, можуть призводити до підвищення віброактивності механізмів та обладнання взагалі. Проблемам дослідження, аналізу та моделювання коливань роторних вузлів присвячена велика кількість наукових робіт. До однієї з перших робіт можна віднести роботу Е. Л. Николаї [53], в якій досліджується динаміка гнучкого валу з встановленим на ньому диском.

Великий вклад внесли, у дослідження роторних вузлів, використовуваних в текстильній та в хімічній промисловості при виробництві і подальшій переробці хімічних волокон, Коритисский Я. И. [6,54,55], Кушуль М. Я. [56], Регельман Е. З. [35] і їх учні.

Дуже вагомий внесок у розвиток теорії веретен різних типів вклав Коритисский Я. И. Розроблена та запроваджена методика динамічного дослідження веретен, які мають напівжорсткий шпindel з жорстким недеформівним насадком, дозволила йому досліджувати веретена т бобіно тримачі найрізноманітніших видів і типів. Він виявив можливість виникнення режиму биття, субгармонійних коливальних резонансів і т. д. На основі проведених ним досліджень сформульовані інженерні рекомендації з

запобігання даних режимів, а також і по попередженню їх виникнення. Теорія напівжорсткого шпинделя застосовувалася ним і його учнями : Трощановским А. А. [57], Акимовим О. О. [58,59] і ін.

Роботи Регельмана Е. З. присвячені безфрикційним і фрикційним намотувальним механізмам прецизійного намотування. Але, за останні десятиліття глибоких та змістовних робіт з вивчення або дослідження динаміки приймально-намотувальних механізмів, в СНД та Україні, Невелика кількість. Це пов'язано із закриттям машинобудівних підприємств, що виготовляють текстильні машини і машини виробництва і переробки хімічних волокон та знищенням самих підприємств із виготовлення хімічних волокон [1,3].

### **1.5.1. Огляд робіт по дослідженню проковзування укочуючого ролика по поверхні пакування**

Основною величиною, що характеризує більшість параметрів передачі крутного моменту у фрикційній парі "мотальний барабанчик - конічна бобіна", являється контактний діаметр, тобто такий діаметр веденого пакування або веденого укочуючого ролика, лінійна швидкість точок якого дорівнює швидкості поверхні провідного барабанчика або відповідної бобіни з пакуванням.

У працях [60-62] показано, що положення контактного діаметру конічного барабанчика та циліндричного пакування впливає на структуру і форму пакування в процесі його напрацювання. У [60] отримано залежності для визначення контактного діаметру бобін, що формуються на мотальному автоматі "Аутосук".

Зміна положення контактного діаметру бобіни та укочуючого ролика має вплив на величину такого важливого параметра процесу перемотування, як проковзування, що неминуче виникає у фрикційній парі «циліндр-конус». Це питання вивчали багато дослідників [60,63,64] і на сьогодні залишається досить актуальним. Частина авторів при розрахунку окружної швидкості бобіни не враховують явище проковзування між конічною та циліндричною поверхнями.

Проте, як показали теоретичні [64] і експериментальні [60] дослідження, проковзування має суттєве значення в процесі формування пакування, безпосередньо пов'язано з контактним діаметром і, сильно впливає на фактичну продуктивність мотального та перемотувального обладнання.

У кінематичній парі «укочуючий ролик – бобіна» виникає геометричне ковзання внаслідок неоднакової зміни лінійної швидкості по довжині лінії контакту на укочуючому ролику і бобіні [63], а також проковзування за рахунок взаємодії моментів сил інерції і тертя. Прослизання від моментів сил тертя виникає при недостатньому зусиллі контактної взаємодії у фрикційній парі або в періоди вмикання і вимикання електродвигуна. Дослідники в статті [64] розрізняють ковзання торцевих поверхонь, яке призводить до зносу пряжі та укочуючого ролика на торцях, і серединне ковзання бобіни відносно укочуючого ролика, що значно зменшує фактичну швидкість намотування бобіни, і що впливає на втрати енергії електродвигуна. В цій роботі також приведено, що коефіцієнт ковзання на малому по діаметру торці за абсолютною величиною більше, ніж на великому. При цьому на малому торці бобіна випереджає барабанчик, що в процесі намотування контактує з нею, а на великому торці бобіни негативне ковзання. Дослідники прийшли до висновку, що при підвищенні швидкості перемотування нитки відбувається зменшення коефіцієнта ковзання нитки і це призводить до більш ефективного використання енергії електродвигуна. Але поряд з цим існування позитивного і негативного ковзання на торцях викликає крутний момент, що діє на пакування, що додатково погіршує умови намотування. Також на величину ковзання має вплив робота електродвигуна в періоди його включення і виключення.

### **1.5.2. Огляд робіт з визначення критичних швидкостей роторів**

Для визначення критичних швидкостей ротора розроблена велика кількість методів [65,53,7,67]. Розглянемо найбільш поширені методи для визначення критичних швидкостей роторів.

#### 1.5.2.1. Метод послідовних наближень формами коливань

Метод послідовних наближень формами коливань, або “метод ітерацій”, є одним з найбільш розповсюджених наближених методів визначення основної (найменшої) частоти систем з кінцевим числом ступенів свободи. В графічній формі він широко використовується у розрахунках перших критичних значень чисел обертів ступінчатих валів. За допомогою деяких попередніх перетворень вихідної системи рівнянь метод послідовних наближень формами коливань дозволяє знайти і будь-яку вищу частоту, причому з наперед заданою точністю і без попереднього визначення нижчих частот.

Для крутильних коливань приведенного валу або поперечних коливань прямих стержнів постійного перерізу обчислення цих коефіцієнтів особливих ускладнень не має. Однак більшість практичних задач на поперечні коливання відносяться до стержнів змінного перерізу.

#### 1.5.2.2. Метод Релея

Метод Релея є одним з варіаційних методів визначення наближених значень власних частот коливань. Зокрема, задача про знаходження основної (найменшої) частоти може бути вирішена як задача про абсолютний мінімум функції Релея [67,68].

#### 1.5.2.3 Графічна форма методу Релея

У графічній формі метод Релея застосовується головним чином при розрахунку основної частоти поперечних коливань і є одним з найпростіших способів її наближеного обчислення.

Розрахунок закінчується побудовою однієї пружної лінії вала від заданого навантаження й зняттям із креслення прогинів  $\lambda_i$ .

1.5.2.4. Метод послідовних наближень формами коливань для знаходження вищих частот (метод ітерацій)

Щоб з'ясувати умови, при яких метод ітерацій може бути використаний для розрахунку вищих частот, розглядається склад розкладань послідовних ітерацій по власних формах, трохи видозмінивши форму цих розкладань [69]. Розрахунок вимагає дуже високої точності обчислень, яка не може бути досягнута в звичайних технічних задачах на коливання.



### 1.5.2.5. Метод гармонійних коефіцієнтів впливу

Викладені вище методи визначення вищих частот вимагають попереднього знаходження власних форм і частот, що передують по черзі перед шуканим. У багатьох практичних задачах, наприклад, у дослідженнях безпеки роботи двигуна на заданому числі обертів, де потрібно лише оцінка відхилення робочого числа обертів від найближчого «критичного», розрахунок попередніх частот є зайвою, що ускладнює справу, процедурою. Тут важливо мати спосіб, що дозволяє знаходити будь-яку проміжну частоту незалежно від інших і, зокрема, попередніх частот системи. Одним з таких способів є метод гармонійних коефіцієнтів, що викладається далі. Цей метод дає можливість знайти відхилення від заданого числа найближчого до нього квадрата власної частоти системи, а разом з тим і самий квадрат цієї частоти.

### 1.5.2.6 Метод Дункерлея

За допомогою метода Дункерлея можливо визначити першу критичну частоту шпинделя з декількома кругами, знаючи частоти обертання шпинделя з кожним з кругів [65,67,68,69]. На відміну від метода Релея, даний метод дає занижені значення частот шпинделя.

$$\frac{1}{\omega_{кр}} = \frac{1}{\omega_{кр0}} + \frac{1}{\omega_{кр1}} + \frac{1}{\omega_{кр2}} + \dots + \frac{1}{\omega_{крn}}, \quad (1.1)$$

де:  $\omega_{кр1}, \omega_{кр2} \dots \omega_{крn}$  - нижчі критичні швидкості шпинделя з 1-м кругом, з 2-м кругом і з n- м кругом;

$\omega_{кр0}$  - частота власних коливань шпинделя без зосереджених мас.

### 1.5.2.7 Метод скінчених елементів

В останні роки паралельно з аналітичними методами вирішення задач динаміки та коливань механічних систем доволі великого розвитку набув метод скінчених елементів [70]. В основі даного методу покладено заміну системи з розподіленими параметрами дискретною системою зі скінченим числом ступенів вільності. Реальна конструкція (механізм) розбивається на певну кількість скінчених елементів, обмежених вузловими точками.

#### 1.5.2.8. Метод початкових параметрів

Метод початкових параметрів, зокрема в матричній формі, є одним з досить ефективних прийомів розрахунку динамічних навантажень в перерізах валу при будь-яких зосереджених або розподілених гармонійних навантаженнях [65,67,72,73,74,75]. У остаточних результатах розрахунку даний метод призводить до розгорнутого рівняння, що дає можливість використовувати його для знаходження усіх значень критичних чисел оборотів валу. За допомогою введення відповідних масштабів для довжин та навантажень розрахунки з цим методом стають легкими, навіть в ручну, не кажучи вже про сучасні комп'ютери, де ітеративна (повторювана) основа методу початкових параметрів виявляється досить пристосованою для програмування і виконання обчислень. Досить розгорнуто застосування методу початкових параметрів у матричній формі описано [75].

#### 1.5.2.9. Метод напівжорсткого шпинделя

Для практичних розрахунків критичних швидкостей широке поширення одержав метод “напівжорсткого” шпинделя, що дає дві критичні швидкості з погрішністю не перевищуючи 10 % [6]. Точність методу обмежена похибкою розрахункового визначення пружних характеристик бобіноотримача, що викликана зайвою ідеалізацією розрахункової схеми.

Метод “напівжорсткого” шпинделю знайшов широке застосування для роторів, які мають в своїй конструкції масивну “жорстку” частину, що перевищує в декілька разів інші частини ротора. Метод “напівжорсткого” шпинделю розроблений Я.І. Коритисским [5,6,54,55].

Метод «напівжорсткого шпинделя» враховує пружні характеристики валу ротора, підшипників, пружних опор та дозволяє отримати дві критичні швидкості для роторів з ізотропним пружними характеристиками та чотири для роторів з анізотропними пружними властивостями, що є достатнім для більшості роторів обладнання легкої промисловості. Метод дозволяє визначити критичні швидкості «прямої» та «зворотної» прецесії.

Алгоритми побудовані на цьому методі легко піддаються розрахункам та дослідженню на ПК за рахунок використання досконально розроблених процедур в популярних пакетах Маткад, Матлаб, Математика та ін.

Сутність методу викладена в п.2 при визначенні критичних швидкостей бобінотримача.

## **Висновки до розділу 1**

1 Проведений аналіз форм і структур пакувань, що застосовуються при перемотуванні показав, що найбільш вдалою формою пакування, що забезпечує змотування ниток на високій швидкості та недопущення зльоту витків ниток з пакування є трьох конусне пакування.

2 Проведений аналіз конструкцій перемотувальних та бобінажно-перемотувальних машин показав, що більш високу швидкість при змотуванні та якість ниток забезпечують бобінажно-перемотувальні машини типу БП.

3 Проведений аналіз конструкцій намотувальних механізмів перемотувальних машин показав, що намотувальні механізми бобінажно-перемотувальних машин, що формують трьохконусні пакування з хрестовою структурою тіла намотування та укочуванням поверхні пакування роликком забезпечують зберігання, транспортування та якісне розмотування пакувань.

4 Проведений аналіз конструкцій бобінотримачів намотувальних механізмів показав, що найбільш вдалим механізмом фіксації є конічна розрізна цанга, яка здійснює надійну фіксацію нитконосця (бобіни). До недоліків слід віднести деякі похибки фіксування в радіальному, та розміщення в осьовому напрямку.

5 Проведений аналіз методів розрахунку критичних швидкостей бобінотримачів намотувальних механізмів. Обраний оптимальний метод «Напівжорсткого шпинделя» розрахунку критичних швидкостей текстильного обладнання.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ НАМОТУВАННЯ БОБІНАЖНО-ПЕРЕМОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ ТИПУ БП-340

#### **2.1 Дослідження впливу параметрів автономного бобінотримача на його динамічні характеристики**

##### **2.1.1 Завдання, які вирішуються при проведенні досліджень впливу параметрів автономного бобінотримача на його динамічні характеристики**

У зв'язку з розвитком науки і техніки спостерігається значне підвищення продуктивності технологічного обладнання в усіх галузях виробництва. Також це спостерігається в текстильній і легкій промисловості. Продуктивність підвищується в основному за рахунок збільшення швидкісних режимів робочих і виконавчих механізмів машин [5,65,66].

Це вимагає від розробників обладнання врахування не лише статичних, але і динамічних навантажень, що діють в механізмах та в окремих деталях машини. При підвищенні швидкості необхідним являється зниження частотних навантажень, що передаються з боку машини на фундамент. Цю проблему вирішують, використовуючи віброізоляцію машини від фундаменту. Важливого значення набувають розрахунки з визначення власних частот вільних коливань складальних одиниць та деталей машин з метою вибору параметрів конструкції, що дозволяють виключити резонансні режими роботи там, де вони небажані, та з метою оптимізації конструкції.

Водночас використання зовнішніх коливань при власній частоті коливань системи іноді дозволяє отримати значний вигравш у використанні енергії і працювати на великих швидкостях без зниження або при незначному зниженні ресурсу механізму і машини. У легкій промисловості багато робочих і виконавчих механізмів відповідно до вимог технології обробки матеріалів здійснюють зворотно-поступальні, обертальні або комбіновані періодичні рухи. Підвищення швидкісних режимів таких механізмів являє собою досить складне технічне завдання, яке неможливо вирішити без урахування динаміки процесу.

Вміння розраховувати і керувати критичними швидкостями бобінотримачів дозволяє створювати сучасні високошвидкісні намотувальні механізми із частотами обертання бобінотримачів до двадцяти тисяч обертів за хвилину.

Особливості конструкції бобінотримачів впливають на їх динамічні характеристики.

У процесі напрацювання пакування:

- знижується кутова швидкість бобінотримача в процесі напрацювання пакування;

- змінюються інерційні параметри (маса пакування, моменти інерції);

- змінюються жорсткісні параметри вала ротора від зміщення положення центру мас пакування в осьовому напрямку,

- змінюються жорсткісні параметри опор ротора від дії ваги пакування на опори ротора у вертикальному напрямку.

- наявність радіальної сили, що діє на бобінотримач (сили притискування, яка змінюється за час напрацювання пакування по певному закону);

- змінюються жорсткісні параметри опор ротора від дії сили притискування на опори ротора у горизонтальному напрямку.

В процесі дослідження впливу параметрів бобінотримача на його критичні швидкості необхідно вирішити наступні завдання:

- 1 Обґрунтування динамічної моделі бобінотримача.

- 2 Дослідження впливу зміни інерційних параметрів бобінотримача за час напрацювання пакування на його критичні швидкості;

- 3 Дослідження впливу жорсткості підшипників та пружних опор бобінотримача на його критичні швидкості;

- 4 Дослідження впливу зміщення положення центру мас пакування в осьовому напрямку на критичні швидкості бобіно тримача;

- 5 Дослідження впливу радіальної сили, що діє на бобінотримач (сили притискування) на його критичні швидкості.

## 2.1.2 Розробка динамічної моделі бобінотримача, як “напівжорсткого” шпинделю

В методі "напівжорсткого шпинделя", який був з успіхом використаний для дослідження веретен та бобінотримачів [6], [54], [55] в текстильній промисловості, використана система координат аналогічна [53].

Динамічна модель бобінотримача представляє собою жорстку оправку з жорстко зафіксованим пакуванням консольно розміщену на пружному валу. Вал опертий на підшипники кочення, які можуть бути встановлені в пружні опори. Оправка має чотири ступені вільності – дві в вертикальному напрямку та дві в горизонтальному напрямку. На рисунку 2.1 зображена динамічна модель веретена з напівжорстким шпинделем.

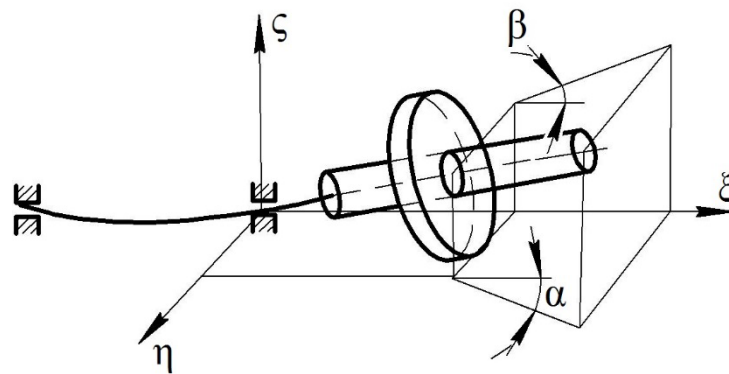


Рисунок 2.1 – Динамічна модель веретена з напівжорстким шпинделем

Коливальний рух бобінотримача характеризується наступними узагальненими координатами:  $\eta, \alpha, \zeta, \beta$ .

Для складання рівнянь, що описують вільні коливання, використаємо метод Лагранжа другого роду. Для чого необхідно скласти вирази кінетичної та потенційної енергій.

При складанні рівнянь впливом дисипації енергії в механічній системі нехтуємо з наступних причин:

- досвід дослідження конструкційного розсіювання енергії, показує, що на розсіювання енергії при коливаннях йде не більш 10% енергії [55].

- вплив дисипації енергії на значення критичних швидкостей реальних конструкцій намотувальних роторів, неістотний [55].

Кінетична енергія визначиться з виразу аналогічного [6]:

$$T_o = \frac{1}{2} [M_o(\dot{\eta}^2 + \dot{\zeta}^2) + A_o(\dot{\alpha}^2 + \dot{\beta}^2) + C_o\omega^2 + 2C_o\omega\dot{\alpha}\beta], \quad (2.1)$$

де  $M$  – маса насадка;

$C$  – полярний момент інерції насадка;

$A$  – екваторіальний момент інерції насадка;

$\eta, \alpha, \zeta, \beta$  – узагальнені координати, що характеризують положення центра мас динамічної моделі.

У рівняннях (2.1) інерційні параметри оправки, нитконосія і тіла намотування включені в інерційні параметри насадка. При намотуванні нитки на нитконосій збільшується маса пакування і, відповідно, інерційні параметри насадка. При цьому змінюється положення загального центру мас насадка, що приводить до зміни коефіцієнтів впливу пружної системи. Такі зміни приводять до зміни параметрів системи диференціальних рівнянь.

В роботах [7, 35, 51, 55, 76-78] досліджено вплив повільної зміни параметрів роторів на їх динамічні характеристики. При умові намотування ниток з великою лінійною щільністю (жгутів) можуть проявлятися ефекти типу «затягування» при переході через критичні швидкості. Конструкція бобінотримачів та технологічні параметрів їх роботи повинні забезпечувати їх роботу на гарантованому віддалені від критичних швидкостей. Лінійна щільність ниток, що намотуються на машині БП-340 низька - до 10Текс. В подальшому є припустимим розглядати дискретні стани бобінотримача з пакуванням в плинні всього процесу наробітки пакування, як дискретні.

Потенційна енергія механічної системи визначиться аналогічно [6] з виразу:

$$\Pi = \frac{1}{2} [m_1(\eta^2 + \zeta^2) - 2m_2(\alpha\eta - \beta\zeta) + m_3(\alpha^2 + \beta^2) + C_1(\zeta - l_1\beta)^2 + C_2(\zeta + l_2\beta)^2] \quad (2.2)$$

де  $m_1, m_2, m_3$  - коефіцієнти жорсткості пружної системи;

Коефіцієнти жорсткості враховують жорсткість валу, підшипників кочення, пружних опор.

Використовуючи вирази потенційної енергії деформованої механічної системи, кінетичної енергії насадка намотувального ротора, за допомогою рівнянь Лагранжа другого роду з урахуванням початкових умов, аналогічно [55], одержимо систему чотирьох диференціальних рівнянь другого порядку, що описують вільні коливання насадка намотувального ротора.

$$\begin{cases} M\ddot{\eta} + m_{1\eta}\eta - m_{2\eta}\alpha = 0; \\ M\ddot{\zeta} + m_{1\zeta}\zeta - m_{2\zeta}\beta = 0; \\ A\ddot{\alpha} + C\omega\dot{\beta} - m_{2\eta}\eta + m_{3\eta}\alpha = 0; \\ A\ddot{\beta} - C\omega\dot{\alpha} - m_{2\zeta}\zeta + m_{3\zeta}\beta = 0. \end{cases} \quad (2.3)$$

Система диференціальних рівнянь відрізняється від [53] більш глибокою деталізацією інерційних параметрів насадки бобінотримача, та врахуванням анізотропії пружності механічної системи в вертикальній та горизонтальній площинах.

### 2.1.3 Визначення коефіцієнтів жорсткості бобінотримача

Складовими частинами жорсткості бобіно тримача в центрі мас є:

- жорсткість валу бобінотримача;
- жорсткість підшипників бобінотримача;
- жорсткість пружних опор бобінотримача.

В основі визначення коефіцієнтів жорсткості бобіно тримача лежить визначення коефіцієнтів впливу в центрі мас насадка при прикладенні силових факторів там же.

Податливість бобінотримача в центрі мас насадка від деформації валу при прикладенні силових факторів в одній з площин в центрі визначиться наступними параметрами [55,7,35,51,76,77,78]:



-  $\delta_{11}$ —переміщення центра мас насадка від дії одиничної сили, прикладеної в центрі мас;

-  $\delta_{12}$  – кут повороту площини, що проходить через центр мас, від дії одиничної сили, прикладеної в центрі мас;

-  $\delta_{21}$ —переміщення центра мас насадка від дії одиничного моменту, прикладеного в площині, що проходить через центр мас;

-  $\delta_{22}$  – кут повороту площини, що проходить через центр мас, від дії одиничного моменту, прикладеного в площині, що проходить через центр мас;

Вирази коефіцієнтів впливу для конкретних розрахункових схем наведені нижче в 2.1.6.

#### 2.1.4 Врахування податливості підшипників

Податливість підшипника кочення однієї з опор під дією одиничного радіального навантаження складається з деформації кульок підшипника і деформації в контактні кілець підшипника з посадковими поверхнями валу і корпусу. Податливість підшипника кочення під дією одиничного радіального навантаження у вертикальній площині та в горизонтальній площині визначиться з виразу (2.4) та (2.5) відповідно [79]:

$$\delta_p^\zeta = 12,61 \cdot 10^{-8} (D_t F_r^\zeta i z^2 \cos \gamma)^{\frac{1}{3}} + \frac{4k}{\pi d B} \left(1 + \frac{d}{D}\right), \quad (2.4)$$

$$\delta_p^\eta = 12,61 \cdot 10^{-8} (D_t F_r^\eta i z^2 \cos \gamma)^{\frac{1}{3}} + \frac{4k}{\pi d B} \left(1 + \frac{d}{D}\right), \quad (2.5)$$

де  $D_t$  – діаметр тіл кочення, м;

$i$  – число рядів кочення в підшипнику;

$Z$  – число тіл кочення в одному ряду;

$\gamma$  – кут контакту кулькового підшипника;

$k$  – коефіцієнт, що приймає значення  $k = (0.5 \div 2.5) \cdot 10^{-12}$ , м<sup>3</sup>/Н;

$d$  – внутрішній діаметр підшипника, м;

$B$  – ширина підшипника, м;

$D$  – зовнішній діаметр підшипника, м.

$F_r^\zeta$ ,  $F_r^\eta$  – радіальне навантаження на підшипник відповідно в вертикальній та горизонтальній площині, Н.

Співвідношення між радіальними навантаженнями в вертикальній та горизонтальній площинах для радіальних підшипників визначимо з виразу [79]:

$$F_r^\eta = 0,25 \cdot F_r^\zeta. \quad (2.6)$$

### 2.1.5 Врахування жорсткості пружних опор

Пружні опори, призначені для управління критичними швидкостями роторів, широко використовуються в машинобудуванні. Існують пружні опори різноманітних конструкцій. Розглянемо вплив пружної опори на жорсткість механічної системи на прикладі пружної опори у вигляді кільця [7, с 286], яка може бути використана в конструкції бобінотримачів.

Можливий варіант конструкції пружної опори у вигляді кільця наведений на рисунок 2.2.

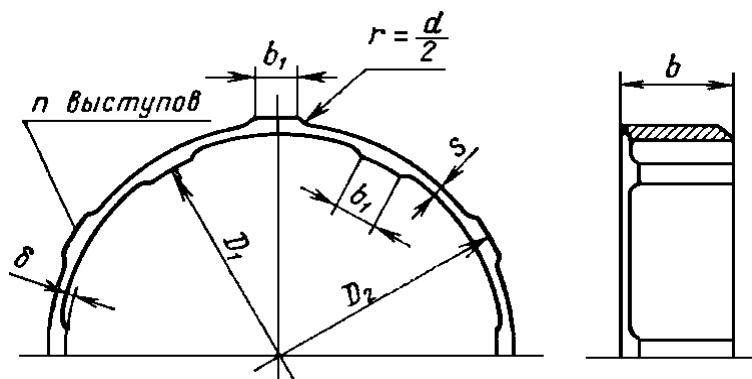


Рисунок 2.2 – Пружна опора у формі кільця з виступами

Податливість такої пружної опори, виконаної у вигляді кільця з перемінним розміщенням виступів на зовнішній та внутрішній поверхнях, може бути знайдена з наступної наближеної формули, отриманої Р.І. Ісаєвим [7, с.293]

$$\delta_P = \frac{(D_{\text{cp}} - 0,3b_1n)^3}{0,129bEn^4S^3} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{S^3}{S_{\text{выст}}^3} \right) (1,45A - 0,9A^2 + 0,2A^3) \right], \quad (2.7)$$

де  $D_{\text{cp}} = \frac{D_1 + D_2}{2}$  ( $D_1, D_2$  – внутрішній та зовнішній діаметри кільця, м),

$b_1$  – ширина виступу на кільці, м;

$n$  – число виступів;

$b$  – ширина кільця, м;

$E$  – модуль пружності, Н/м<sup>2</sup>,  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>;

$S$  – товщина кільця, м;

$S_{\text{выст}}$  – товщина виступу, м;

$A$  – коефіцієнт форми.

$$S = \frac{D_2 - D_1}{2} - 2\delta, \quad (2.8)$$

де  $\delta$  – хід кільця або висота виступу, м.

$$S_{\text{выст}} = S + \delta, \quad (2.9)$$

$$A = \frac{(b_1 + \sqrt{dS})n}{D_{\text{cp}}}, \quad (2.10)$$

де  $d$  – діаметр фрези, м.

Анізотропією жорсткості кільця в вертикальній та горизонтальній площинах нехтуємо, враховуючи незначні її зміни від статичного навантаження на нього [7].

## 2.1.6 Визначення жорсткості бобінотримача

Для визначення податливості бобінотримача її доцільно представити як суму податливостей складових частин: валу, підшипника та кільця пружної опори.

$$\delta = \delta_p + \delta_k + \delta_v, \quad (2.11)$$

де  $\delta_v$ - податливість валу;

$\delta_p$  – податливість підшипника, м/Н;

$\delta_k$  – податливість кільця пружної опори, м/Н

Зв'язок між коефіцієнтами жорсткості див. (2.1.2)  $m_1, m_2, m_3$  та коефіцієнтами впливу  $\delta_{22}, \delta_{12}, \delta_{11}$  наступний [55,80]:

$$m_1 = \frac{\delta_{22}}{\Delta_2}; \quad m_2 = \frac{\delta_{12}}{\Delta_2}; \quad m_3 = \frac{\delta_{11}}{\Delta_2}; \quad \delta_{12} = \delta_{21}; \quad (2.12)$$

$$\Delta_2 = \delta_{11} \cdot \delta_{22} - (\delta_{12})^2.$$

Жорсткість опори є величина зворотна податливості та визначається згідно формули:

$$k = \frac{1}{\delta}, \quad (2.13)$$

де  $\delta$  – податливість опори, м/Н.

## 2.1.7 Дослідження впливу особливостей розрахункових схем на коефіцієнти впливу

### 2.1.7.1 Визначення коефіцієнтів впливу для динамічної моделі бобінотримача, закріпленого на пружній осі

На рисунку 2.3 зображено розрахункову схему жорсткого насадка (ротора), який обертається на гнучкому шпинделі консольно закріпленому у корпусі машини [55].

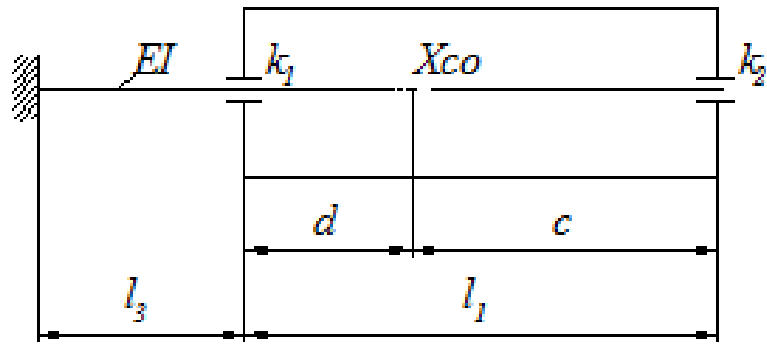


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема для бобінотримача, закріпленого на вісі

Згідно з розрахунковою схемою деформація осі від одиничних сил та моментів визначаються відповідно:

$$\delta_{11} = \frac{d^2 \cdot (l_1 + 3 \cdot l_3) + l_3^2 \cdot (l_3 + 3 \cdot d)}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{k_1 \cdot d^2 + k_2 \cdot c^2}{k_1 \cdot k_2 \cdot (c + d)^2}, \quad (2.14)$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{2 \cdot d \cdot (l_1 + 3 \cdot l_3) + 3 \cdot l_3^2}{6 \cdot E \cdot I} + \frac{k_1 \cdot d - k_2 \cdot c}{k_1 \cdot k_2 \cdot (c + d)^2}, \quad (2.15)$$

$$\delta_{22} = \frac{l_1 + 3 \cdot l_3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{k_1 + k_2}{k_1 \cdot k_2 \cdot (c + d)^2}, \quad (2.16)$$

де  $d, c, l_1, l_3$  – геометричні параметри оправки згідно рисунку 2.3, м;

$E$  – модуль пружності, Н/м<sup>2</sup>;

$I$  – момент інерції перерізу осі, м<sup>4</sup>;

$k_1, k_2$  – відповідно жорсткість першої та другої опори, Н/м;

### 2.1.7.2 Визначення коефіцієнтів впливу для динамічної моделі бобіноотримача, закріпленого на пружному валу

На рисунку 2.4 зображено розрахункову схему жорсткого насадка (ротора), який жорстко закріплено на гнучкому шпинделі, який у свою чергу встановлено на пружні опори [55,80].

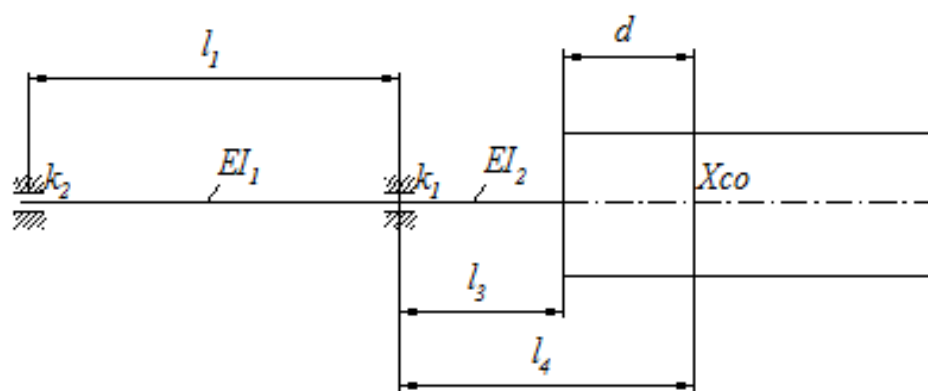


Рисунок 2.4 – Динамічна модель бобіноотримача, закріпленого на пружному валу

Згідно з розрахунковою схемою деформація осі від одиничних сил та моментів визначаються відповідно:

$$\delta_{11} = \frac{l_1 \cdot l_4^2}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{l_4^3 - d^3}{3 \cdot E \cdot I_2} + \frac{1}{k_1} \cdot \frac{(l_1 + l_4)^2}{l_1^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{l_4^2}{l_1^2}, \quad (2.17)$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{l_1 \cdot l_4}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{l_4^2 - d^2}{2 \cdot E \cdot I_2} + \frac{1}{k_1} \cdot \frac{l_1 + l_4}{l_1^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{l_4}{l_1^2}, \quad (2.18)$$

$$\delta_{22} = \frac{l_1}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{l_4 - d}{E \cdot I_2} + \frac{1}{k_1 \cdot l_1^2} + \frac{1}{k_2 \cdot l_1^2}, \quad (2.19)$$

де  $l_1, l_4, d$  – геометричні розміри розрахункової схеми;

### 2.1.7.3 Визначення коефіцієнтів впливу для динамічної моделі бобінотримача з врахуванням пружності валу всередині оправки

На рисунку 2.5 зображено розрахункову схему жорсткого насадка, який закріплено на гнучкому шпинделі (враховується також пружність шпинделя в середині оправки), який у свою чергу встановлено на пружні опори [55].

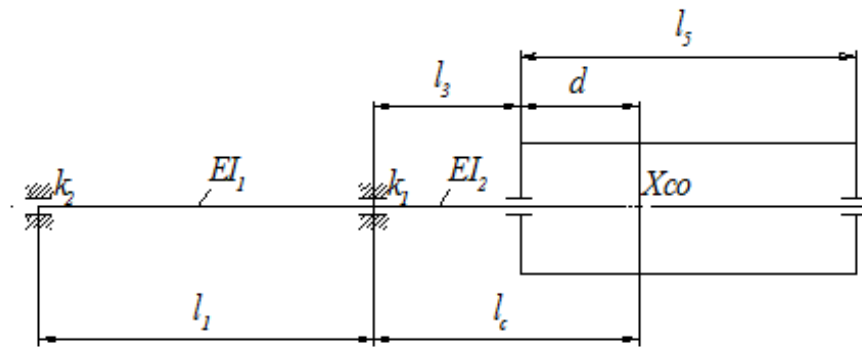


Рисунок 2.5 – Динамічна модель бобінотримача, закріпленого на пружному валу з врахуванням пружності валу в середині оправки

Згідно з розрахунковою схемою деформація осі від одиничних сил та моментів визначаються відповідно:

$$\delta_{11} = \frac{l_1 \cdot l_c^2}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{d^2(l_5 + 3 \cdot l_3) + l_3^2 \cdot (l_3 + 3 \cdot d)}{3 \cdot E \cdot I_2} + \frac{1}{k_1} \cdot \frac{(l_c)^2}{l_1^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{(l + l_c)^2}{l_1^2}, \quad (2.20)$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{l_1 \cdot l_c}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{2 \cdot d(l_5 + 3 \cdot l_3) + 3 \cdot l_3^2}{3 \cdot E \cdot I_2} + \frac{1}{k_1} \cdot \frac{l_c}{l_1^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{(l + l_c)}{l_1^2}, \quad (2.21)$$

$$\delta_{22} = \frac{l_1}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{l_5 + 3 \cdot l_3}{3 \cdot E \cdot I_2} + \frac{1}{k_1} \cdot \frac{1}{l_1^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{l_1^2}, \quad (2.22)$$

де  $l_1, l_c, d, l_5, l_3$ , – геометричні розміри розрахункової схеми;

### 2.1.8 Визначення інерційних параметрів бобінотримача та пакування

До інерційних параметрів бобінотримача відносяться маса насадка, полярний і екваторіальний моменти інерції. Нитконосії та пакування доцільно віднести до оправлення, як типові елементи.

Для одноманітного позначення геометричних параметрів в алгоритмі всі елементи будемо вважати конічними. Вид конічного елемента та позначення основних його розмірів приведено на рисунку 2.6. Положення елемента на площині буде визначатися відстанями початку та кінця елемента від переднього підшипника бобінотримача.

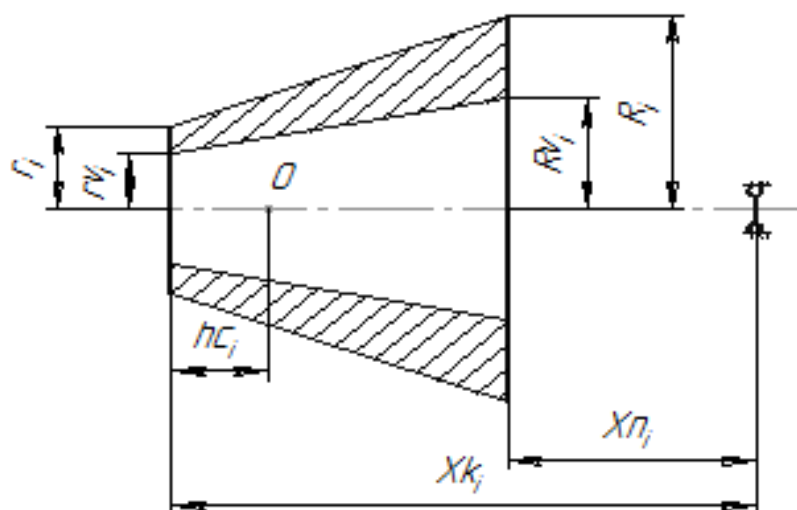


Рисунок 2.6 – Позначення геометричних розмірів конічного елемента

Для розрахунку інерційних параметрів оправки необхідно її розчленувати на ряд простих елементів  $M_i$ . Простими елементами бобінотримача будуть циліндричні та конічні елементи. Бобінотримач має два конічні елементи в механізмі затиску, конічний нитконосій також віднесений до оправки в якості одного з елементів.

Схема розбивки бобінотримача на елементи наведена на рисунку 2.7.



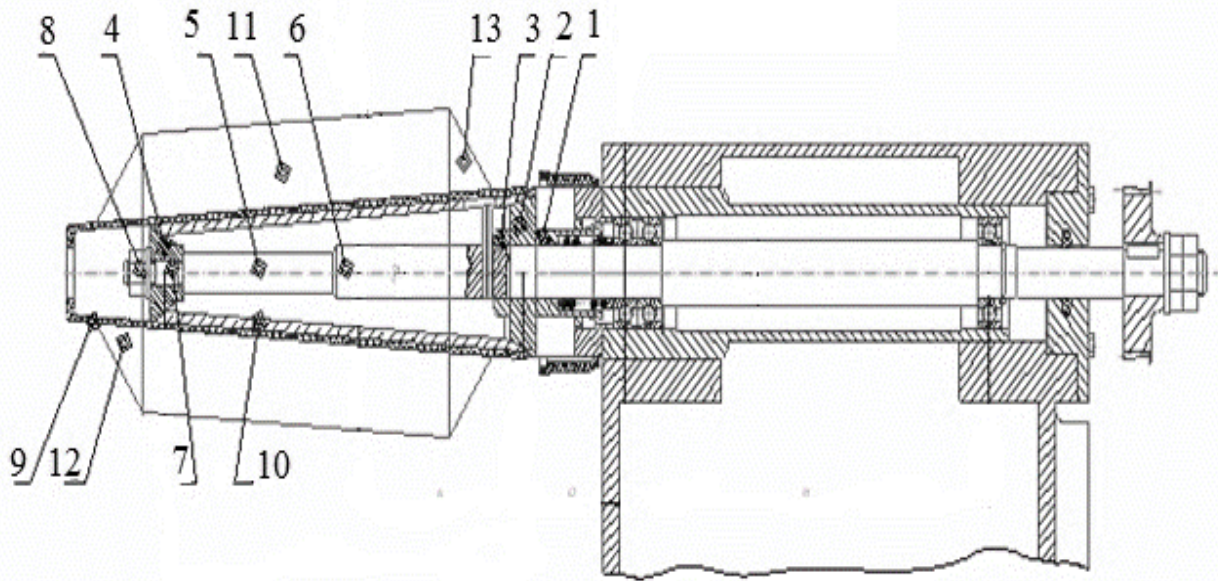


Рисунок 2.7 – Схема розбивки бобінотримача на елементи

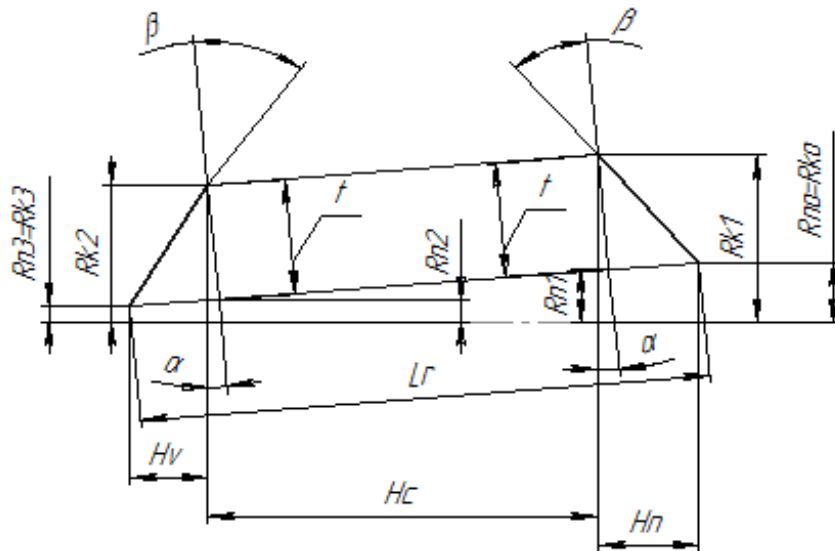
В зв'язку з необхідністю знати залежність критичних швидкостей від маси пакування доцільно знайти залежність інерційних параметрів від маси пакування. В алгоритмі в якості аргумента використаємо товщину пакування.

Товщина тіла намотування буде аргументом і її будемо задавати від мінімальної – 0 до максимальної з обраним інтервалом.

Маса пакування визначається з формули, що зв'язує товщину тіла намотування з його геометричними параметрами.

Пакування перемотувальної машини має трьохконусну форму, тому його доцільно розбити на три окремі конічні елементи (верхній, середній та нижній елементи).

Схема розбивки пакування на елементи наведена на рисунку 2.8.



$R_{n0}, R_{n1}, R_{n2}, R_{n3}$  – внутрішні радіуси конусів;  $R_{k0}, R_{k1}, R_{k2}, R_{k3}$  – зовнішні радіуси конусів;  $\alpha$  – кут конусу паковки;  $\beta$  – кут намотки;  $t$  – товщина намотки;  $L_r$  – довжина розкладки;  $H_v, H_c, H_n$  – довжини відповідно верхньої, середньої, нижньої ділянок намотки

Рисунок 2.8 – Схема розбивки пакування на елементи

Зв'язок між геометричними розмірами пакування та товщиною намотування визначиться з наступних співвідношень.

Довжини ділянок намотки:

$$H_n = t \cdot (t \cdot \alpha + t \cdot \beta) \cdot c \cdot \alpha, \quad H_v = t \cdot (t \cdot \beta - t \cdot \alpha) \cdot c \cdot \alpha, \quad H_c = L \cdot c \cdot \alpha - H_v - H_n \quad (2.23)$$

Радіуси конусів:

$$R_{n1} = R_{n0} - H_n \cdot t \cdot \alpha, \quad R_{k1} = R_{n1} + \frac{t}{c \cdot \alpha \alpha^2}, \quad R_{n3} = R_{n0} - L \cdot c \cdot \alpha, \quad R_{k3} = R_{n3},$$

$$R_{k2} = R_{n2} + \frac{t}{c \cdot \alpha \alpha^2}, \quad R_{n2} = R_{n3} + H_v \cdot t \cdot \alpha. \quad (2.24)$$

Елементарний об'єм елемента тіла намотки та бобінотримача визначиться з виразу [15,16,19,80]:

$$V_i = \frac{\pi}{3} \cdot (X_k - X_n) \cdot \left[ (R_i)^2 - (R_v)^2 \right] + (R_i \cdot r_i - R_v \cdot r_v) + \left[ (r_i)^2 - (r_v)^2 \right] \quad (2.25)$$

де  $X_{ki}, X_{ni}$  – координати відповідно кінця і початку ділянки намотки.

З врахуванням цих залежностей маса пакування  $M_n$ , кг:

$$M_n = \sum_i V_i \cdot \rho_i, \quad (2.26)$$

де  $\rho_i$  – щільність пакування.

Координата положення центра мас і-того елемента бобінотримача,  $h_c$  [80,81]:

$$h_c = \frac{\pi}{1} \cdot \frac{(X_k - X_n)^2}{V_i 2} \cdot \left[ 3 \left[ (R_i)^2 - (R_v)^2 \right] + 2(R_i \cdot r_i - R_v \cdot r_v) + \left[ (r_i)^2 - (r_v)^2 \right] \right] \quad (2.27)$$

Координата положення центра мас і-того елемента бобінотримача відносно опори  $X_c$ :

$$X_{c i} = X_{k i} - h_{c i} \quad (2.28)$$

Полярний момент інерції бобінотримача  $C_o$ :

$$C_o = \sum_i \frac{\pi}{1} \cdot M_i \cdot \frac{(X_k - X_n)_i}{V_i 0} \cdot \left[ R_i \cdot (R_i + r_i) \cdot \left[ (R_i)^2 + (r_i)^2 \right] + \left[ (r_i)^4 - (r_v)^4 \right] - R_v \cdot (R_v + r_v) \cdot \left[ (R_v)^2 + (r_v)^2 \right] \right] \quad (2.29)$$

де  $M_i$  – маса і-того елемента бобінотримача.

Координата положення центра мас і бобінотримача  $H_{cm}$ , м:

$$H_{c m} = \frac{\sum_i M_i \cdot X_{c i}}{M_o} \quad (2.30)$$

Екваторіальний момент інерції бобінотримача  $A_0$ , кг·м<sup>2</sup>:

$$A_0 = A_c + \sum_i M_i \cdot (H_c - h_c)_i^2 \quad (2.31)$$

## 2.2 Алгоритм визначення критичних швидкостей

Критичні швидкості на основі математичної моделі, наведеної (2.3), визначаються з задачі на власні частоти з матрицею:

$$(M - iC)\bar{x} = \lambda K\bar{x}, \quad (2.32)$$

де  $\lambda = 1/\omega^2$ ;

$M$  – матриця інерційних коефіцієнтів;

$C$  – матриця гіроскопічних коефіцієнтів;

$K$  – матриця жорсткості.

Знайдення значень власних коливань приводиться до розв'язання стандартної задачі:

$$A\bar{y} = \lambda\bar{y} \quad (2.33)$$

Матриця інерційних коефіцієнтів має вигляд:

$$M = \text{diag}(M_0, M_0, A_0, A_0) \quad (2.34)$$

Матриці коефіцієнтів жорсткості та гіроскопічних коефіцієнтів мають вигляд:

$$K = \begin{vmatrix} m_{1x} & 0 & -m_{2x} & 0 \\ 0 & m_{1y} & 0 & -m_{2y} \\ -m_{2x} & 0 & m_{3x} & 0 \\ 0 & -m_{2y} & 0 & m_{3y} \end{vmatrix}, \quad C = \begin{vmatrix} 0000 \\ 0000 \\ 000C \\ 00C0 \end{vmatrix}, \quad (2.35)$$

## 2.3 Кінетостатичний аналіз намотувального механізму

### 2.3.1 Залежність кута повороту важеля бобінотримача та маси пакування від товщини пакування

Зі схеми (рисунок 2.9) за допомогою теореми косинусів визначимо кут повороту важеля  $\varphi$  в залежності від маси напрацьованого пакування.

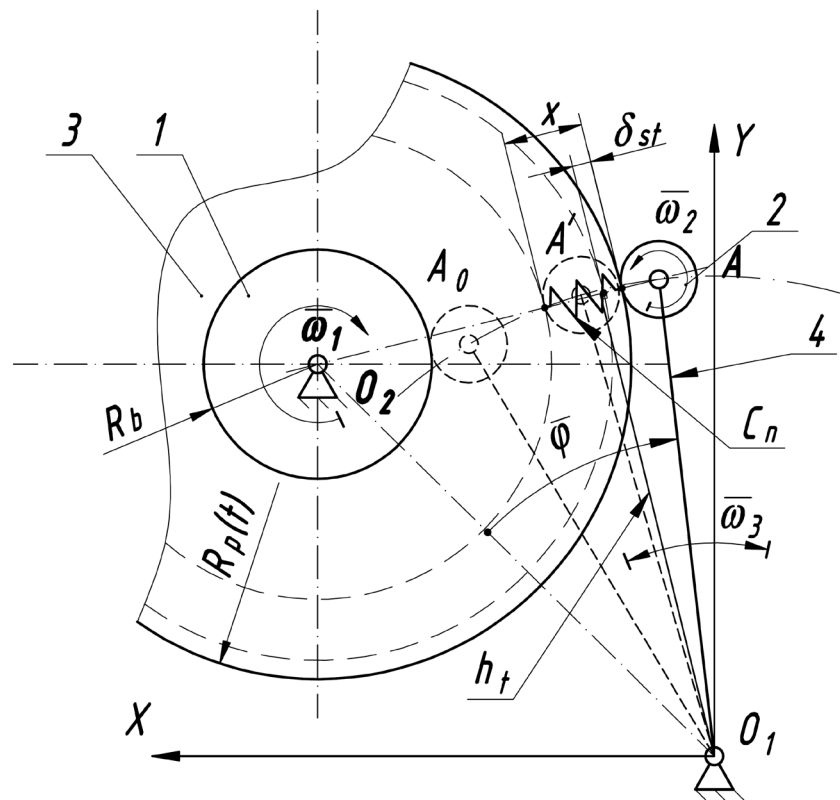


Рисунок 2.9 – Схема механізму намотування

У початковий момент часу кут  $\varphi$  визначається з виразу:

$$\left(\frac{D_b}{2} + \frac{D_r}{2}\right)^2 = L_p^2 + L_b^2 - 2L_p L_b \cos \varphi_0, \quad (2.36)$$

де  $L_b$  – відстань від осі важеля до осі бобінотримача;

$D_b$  – діаметр бобіни;

$D_r$  – діаметр укочуючого ролика;

$\varphi_0$  – кут між важелем і лінією  $OO_b$  у початковий момент часу;

$\varphi_m$  – кут між важелем і лінією  $OO_b$  у будь-який момент часу;

$L_p$  – довжина важеля укочуючого ролика.

$$\varphi_m = \arccos \left\{ \frac{1}{2L_p \cdot L_b} \left[ L_p^2 + L_b^2 - \left( \frac{D_b}{2} + t + \frac{D_r}{2} \right)^2 \right] \right\}. \quad (2.37)$$

### 2.3.2 Визначення відстані від осі важеля до перпендикуляра, що з'єднує центри обертання бобінотримача та укочуючого ролика (плече сили реакції від притискування укочуючого ролика до бобінотримача)

Для визначення частоти власних коливань укочуючого ролика з підвісом необхідно визначити залежність довжини плеча сили реакції укочуючого ролика від маси пакування (товщини тіла намотування).

Довжину плеча сили реакції знайдемо як відстань від початку координат до лінії, що з'єднує центри мас укочуючого ролика і бобінотримача у відповідний момент наробітку пакування:  $O_r (X_r, Y_r)$  і  $O_b (X_b, Y_b)$ .

Зі схеми установимо наступний зв'язок між початковим і поточними координатами осі укочуючого ролика

$$X_r = L_p \cdot \cos(\varphi_m + \varepsilon),$$

$$Y_r = L_p \cdot \sin(\varphi_m + \varepsilon), \quad (2.38)$$

де  $\varepsilon$  – кут між віссю  $X$  і лінією  $OO_b$ .

Рівняння лінії з'єднуючої точки  $O_r$  і  $O_b$  має вигляд:

$$\frac{X - X_r}{X_b - X_r} = \frac{Y - Y_r}{Y_b - Y_r}$$

чи

$$(Y_b - Y_r)X - (X_b - X_r)Y + Y_r \cdot X_b - X_r \cdot Y_b = 0. \quad (2.39)$$

Плече сили реакції укочуючого ролика  $h_t$  визначимо як відстань від осі  $O$  ( $O, O$ ) до прямої  $O_r O_b$  (полярна відстань):

$$h_t = \frac{Y_r \cdot X_b - X_r \cdot Y_b}{\sqrt{(Y_b - Y_r)^2 + (X_b - X_r)^2}}. \quad (2.40)$$

## 2.4 Визначення динамічних характеристик укочуючого ролика з підвісом

### 2.4.1 Власні коливання підвісу при лінійній характеристиці пружності тіла намотування

Динамічна модель намотувального механізму зображена на рисунку 2.6.

Нехтуючи обертанням укочуючого ролика та бобінотримача, положення системи визначатиметься двома координатами [6]:

- кутом повороту важеля укочуючого ролика відносно положення статичної рівноваги –  $\varphi$ ;
- кутом  $\varphi_m$ , що визначає положення укочуючого ролика при збільшенні діаметра бобіни.

Розглядаючи переміщення підвісу з укочуючим роликом, як дискретні значення для конкретних мас пакування, для плинного положення  $\varphi_m$  кінетична  $T$  та потенціальна  $\Pi$  енергії коливальної системи визначаються наступними виразами:

$$T = \frac{1}{2} I \dot{\varphi}^2, \quad (2.41)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} C_n \delta^2 + P h \varphi - \frac{C_n \delta_{cm}^2}{2}, \quad (2.42)$$

де  $I$  – момент інерції укочуючого ролика з важелем відносно осі важеля;

$\delta$  – деформація бобіни в динамічних умовах;

$P$  – вага укочуючого ролика з важелем;

$C_n$  – жорсткість тіла намотування,  $C_n = C_l \cdot L_c$ ;

$C_l$  – розподілена жорсткість пакування по довжині;

$L_c$  – довжина твірної пакування;

$\delta_{cm}$  – попередня деформація тіла намотування.

Деформація  $\delta$  в динамічних умовах при малих зміщеннях центра мас бобінотримача дорівнює:

$$\delta = (\delta_{cm} + x) - (A'_0 B_1 - A'_0 B). \quad (2.43)$$

Підставивши геометричні розміри:

$$\delta = \delta_{cm} + x - h_t \varphi. \quad (2.44)$$

Підставляючи значення (2.44) в вираз для потенціальної енергії і перетворюючи, одержимо

$$\Pi = \frac{1}{2} C_n (\delta_{cm} + x - h_t \varphi)^2 + Ph \varphi - \frac{C_n \delta_{cm}^2}{2}. \quad (2.45)$$

Взявши часткову похідну

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = -C_n h_t \delta_{cm} - C_n h_t x + C_l h_t^2 \varphi + Ph, \quad (2.46)$$

коли  $\varphi = 0$   $\left. \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=0} = 0$ , отримаємо умову статичної рівноваги:

$$C_n h_t \delta_{cm} - Ph = 0. \quad (2.47)$$



З врахуванням кінетичної енергії, потенціальної енергії, умов статичної рівноваги за допомогою рівняння Лагранжа отримаємо диференціальне рівняння вільних коливань у вигляді:

$$\begin{aligned} I\ddot{\varphi} + C_n h_t^2 \varphi &= 0 \quad \text{або} \\ \ddot{\varphi} + p^2 \varphi &= 0, \end{aligned} \quad (2.48)$$

де  $p = \sqrt{\frac{C_n h_t^2}{I}}$  – власна частота коливань бобінотримача з бобіною без врахування пружності кріплення укочуючого ролика.

#### 2.4.1.1 Коефіцієнт динамічності

Для характеристики стабільності роботи механізму важливою характеристикою є коефіцієнт динамічності  $\eta$ , який розраховується згідно з [83]:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{p^2}}, \quad (2.49)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість бобінотримача;

$p$  – власна частота коливань бобінотримача.

## 2.4.2 Власні коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика

Динамічна модель намотувального механізму з пружним кріпленням укочуючого ролика зображена на рисунку 2.10.

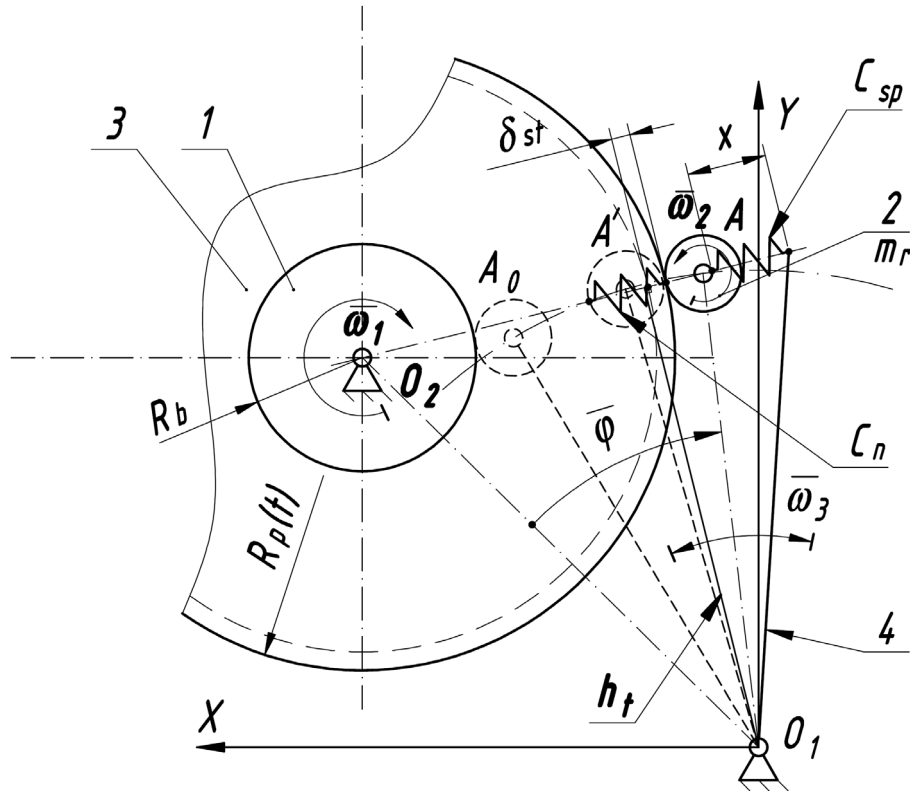


Рисунок 2.10 – Динамічна модель намотувального механізму з пружним кріпленням укочуючого ролика

Вираз для кінетичної енергії набуває вигляду:

$$T = \frac{1}{2} I_1 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} m_p \dot{x}^2, \quad (2.50)$$

де  $m_p$  – маса укочуючого ролика;

$$I_1 \text{ – момент інерції важеля, } I_1 = I - m_p \cdot L_p^2;$$

Потенціальна енергія визначиться з виразу:

$$\Pi = \frac{1}{2} C_n x^2 + \frac{1}{2} C_p (x - h_t \varphi)^2. \quad (2.51)$$

Використовуючи вираз кінетичної та потенціальної енергій, за допомогою рівняння Лагранжа другого роду одержимо систему диференціальних рівнянь другого порядку у наступному вигляді:

$$\begin{cases} m_p \ddot{x} + C_p (x - h_t \varphi) + C_n x = 0, \\ I_1 \ddot{\varphi} - C_p h_t (x - h_t \varphi) = 0. \end{cases} \quad (2.52)$$

Згрупувавши значення жорсткостей біля узагальнених координат, рівняння приведемо до вигляду:

$$\begin{cases} m_p \ddot{x} + (C_p + C_n)x - C_p h_t \varphi = 0, \\ I_1 \ddot{\varphi} - C_p h_t x + C_p h_t^2 \varphi = 0. \end{cases} \quad (2.53)$$

За допомогою підстановки  $\varphi = A_1 \sin \omega t$  та  $x = A_2 \sin \omega t$  одержимо характеристичну систему двох алгебраїчних рівнянь, з якої за допомогою процедури [55] одержимо визначник системи у вигляді:

$$D(p) = \begin{vmatrix} C_p + C_n - m_p p^2 & -C_p h_t \\ -C_p h_t & C_p h_t^2 - I_1 p^2 \end{vmatrix} = 0. \quad (2.54)$$

Значення  $p$ , при яких визначник дорівнює нулю, будуть значеннями власних частот коливання механічної системи.

### 2.4.3 Вимушені коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика

Динамічна модель намотувального механізму з пружним кріпленням укочуючого ролика зображена на рисунку 2.11.

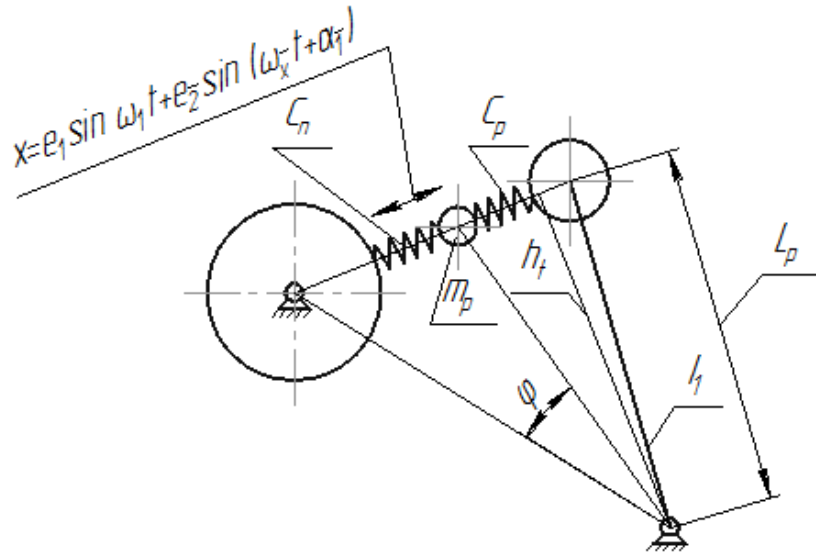


Рисунок 2.11 – Динамічна модель намотувального механізму з пружним кріпленням укочуючого ролика

В точці контакту тіла намотування з укочуючим роликом система отримує кінематичне збудження:

$$x = e_1 \sin \omega_1 t + e_2 \sin(\omega_x t + \alpha_1) \quad (2.55)$$

де  $e_1, e_2$  – ексцентриситети бобіни і укочуючого ролика;

$\omega_x = i_x \cdot \omega_1$  – кутова швидкість укочуючого ролика;

$\omega_1$  – кутова швидкість обертання бобінотримача;

$i_x = \frac{D_r}{D_b}$  – передаточне відношення між бобіною і роликом;

$D_r, D_b$  – діаметри укочуючого ролика і бобіни;

$\alpha_1$  – кут зсуву фаз.

Для машини БП-340 та Полікон  $e_1 = 0.2 \div 0.5$  мм,  $e_2 = 0.05 \div 0.1$  мм.

Використовуючи вираз кінетичної та потенціальної енергій, за допомогою рівняння Лагранжа другого роду з врахуванням (2.55) одержимо систему диференціальних рівнянь другого порядку, що описують вимушені коливання ролика, у наступному вигляді:

$$\begin{cases} m_p \ddot{x} + (C_p + C_n)x - C_p h_t \varphi = C_n \cdot (e_1 \sin \omega_1 t + e_2 \sin(\omega_x t + \alpha_1)), \\ I_1 \ddot{\varphi} - C_p h_t x + C_p h_t^2 \varphi = 0. \end{cases} \quad (2.56)$$

Інтегрування системи диференціальних рівнянь здійснюється в системі Mathcad за допомогою оператора  $Y = \text{Rkadapt}(y, t_0, t_1, N, D)$ , що реалізує метод Рунге – Кутта з постійним кроком інтегрування.

В результаті інтегрування визначимо значення узагальнених координат та їх похідних.

Динамічна складова сили притискування визначиться з виразу:

$$P_d = C_n (x - h \varphi), \quad (2.57)$$

В позначеннях перемінних, що використовуються в Mathcad вираз набуває вигляду:

$$P_d := C_n \cdot \left( \Delta \cdot \cos(\omega \cdot Y^{(1)}) + \delta \cdot \cos(\omega \cdot Y^{(1)} + \psi) - Y^{(2)} \right), \quad (2.58)$$

де  $\Delta = e_1$ ;  $\delta = e_2$ ;  $\psi = 0$  – зсув фази складових вимушуючих сил;

$Y^1$  – масив інтервалів часу інтегрування;

$Y^2 = h \varphi$ .

Для жорсткого кріплення ролика для динамічної складової знайдемо аналітичне рішення у вигляді:

$$P_d = C_n \cdot \left[ e_1 \cdot \frac{\omega_1^2}{p^2 - \omega_1^2} \cdot \sin \omega_1 t + e_2 \frac{\omega_x^2}{p^2 - \omega_x^2} \cdot \sin(\omega_x t + \alpha_1) \right]. \quad (2.59)$$

## 2.5 Аналіз проковзування укочуючого ролика по пакуванню конічної форми

При текстильній переробці суттєву роль має намотування ниток на рівні пакування. На механізмах намотування встановлюються укочуючі ролики для притискання нитки яка намотується. Також вони виконують функцію відводу механізму розкладки нитки. Дана операція виконується для підвищення якості та щільності пакування [30].

В перемотувальних машинах (рисунок 2.12) з використанням бобіни конічної форми в процесі роботи з часом спостерігається знос укочуючого ролика 2. Характер зносу ролика по довжині нерівномірний. Інтенсивний знос спостерігається на кінцях укочуючого ролика. Під час процесу намотування нитки на бобіну спостерігається виділення тепла. Факти нагрівання та зносу свідчать про проковзування в місцях контакту укочуючого ролика 2 та пакування 1. Знос укочуючого ролика та його нагрівання відбуваються за рахунок втрати корисної енергії на тертя ковзання при контакті укочуючого ролика 2 з пакуванням 1.

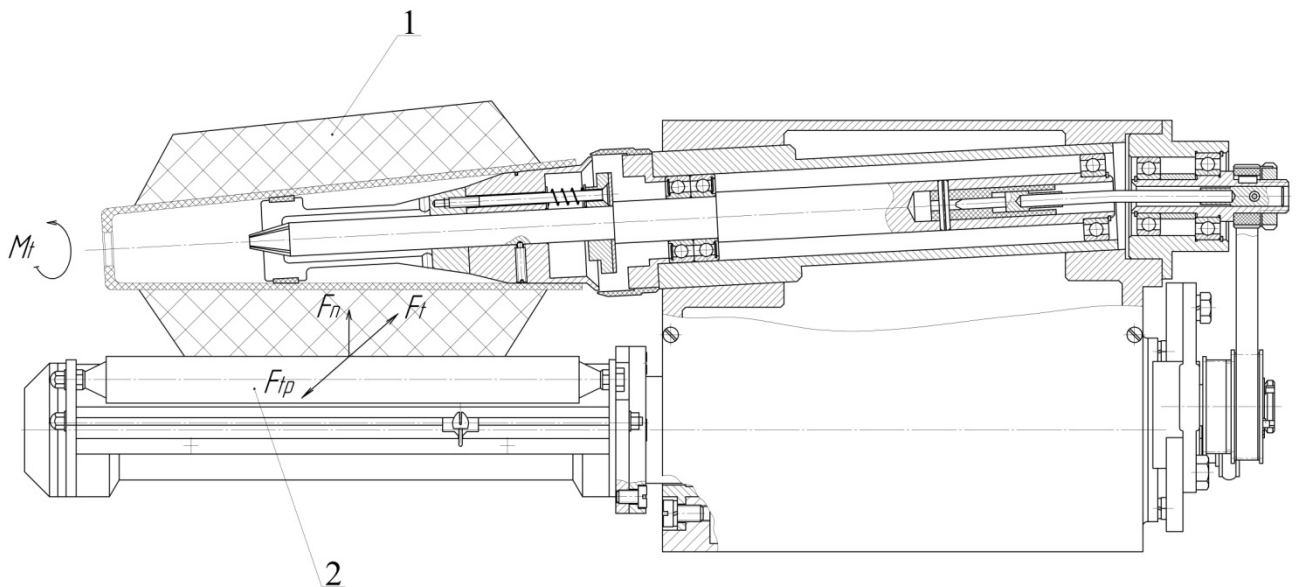


Рисунок 2.12 – Схема механізму намотування

Актуальною задачею є визначення параметрів які впливають на проковзування укочуючого ролика. Укочуючий ролик 2 під час роботи механізму намотування з певною силою  $F_n$  притискається до пакування 1.

Для забезпечення передачі колової сили  $F_t$  укочуючий ролик повинен бути притиснутий до пакування з такою силою  $F_n$ , щоб виникаюча між ними сила тертя  $F_{tp}$  була більше переданої колової сили [84,85]. Дана залежність відповідає оптимальним умовам роботи пари укочуючий ролик – пакування:

$$F_{tp} = F_n \cdot f = F_t \cdot \beta. \quad (2.60)$$

де:

$F_{tp}$  – сила тертя, Н;

$F_t$  – колова сила, Н;

$F_n$  – сила притискання укочуючого ролика, Н;

$\beta$  – запас зчеплення;

$f$  – коефіцієнт тертя.

Запас зчеплення  $\beta$  вибирається з таким розрахунком, щоб при всіх можливих режимах роботи укочуючий ролик не проковзував по пакуванню, а  $f$  – коефіцієнт тертя поверхонь укочуючого ролика і пакування.

Однією з особливостей роботи даного механізму є зміна швидкісного режиму роботи машини.

Для зниження витрат енергії на тертя при всіх режимах роботи і зменшення напруженості роботи деталей контактуючої пари доцільно, щоб сила притискання укочуючого ролика також змінювалася відношенням [52]:

$$F_n/F_t = const. \quad (2.61)$$

Також до факторів впливаючих на проковзування необхідно віднести геометричні та масо-інерційні параметри механізму намотування та укочуючого ролика.

Вказані умови роботи пари укочуючий ролик – пакування повинні враховуватися як при виборі матеріалу укочуючого ролика, так і при розрахунку і конструюванні механізму намотування. Особлива увага повинна приділятися максимальному зменшенню величини ковзання.

Процес намотування нитки може здійснюватися з застосуванням замаслюючої розчину так і без нанесення. У першому випадку коефіцієнт тертя більший ніж у другому ( $f_1 > f_2$ ). Це вимагає виконання умови  $F_{n2} > F_{n1}$ . Ця умова забезпечує оптимальні умови роботи механізму.

З огляду на вище зазначене, в механізмах намотування цього типу потрібно максимально зменшувати проковзування укочуючого ролика по пакуванню. Тому актуальною задачею є зменшення втрат корисної енергії за рахунок зменшення проковзування укочуючого ролика.

Геометричне ковзання виникає внаслідок неоднакової зміни лінійної швидкості по довжині контакту укочуючого ролика та пакування.

Роботу пари укочуючий ролик 1 – пакування 2 (рис. 2.13) з прямолінійними твірними і лінійним контактом можна розглядати в загальному випадку як кочення конуса і циліндра з незбіжними вершинами.  $O_1$  - вершина конуса. Вершина циліндра знаходиться на безкінечній відстані від місця контакту.

При коченні одного укочуючого ролика по пакуванню з незбіжними вершинами швидкість по довжині лінії контакту  $ad$  змінюється на пакуванні з довгою твірною  $l_1$  по прямій від  $v_2'$  в точці  $a$  до  $v_2''$  точці  $d$ . На веденому укочуючому ролику з твірною безкінечної довжини - швидкість змінюється відповідно від  $v_1'$  до  $v_1''$ . В точці  $O$  лінії контакту (полюс кочення) має місце чисте кочення, у всіх інших точках - кочення з проковзуванням. При ведучому пакуванні, на ділянці  $aO$  ковзання негативне, а на ділянці  $Od$  - позитивне.

При повній відсутності навантажень полюс кочення  $O$  лежить поблизу середини лінії контакту пакування та укочуючого ролика. Моменти сил тертя  $F_{f1}$  і  $F_{f2}$  між поверхнями укочуючого ролика та пакування, що виникають на ділянках  $Od$  і  $aO$  зрівноважені.



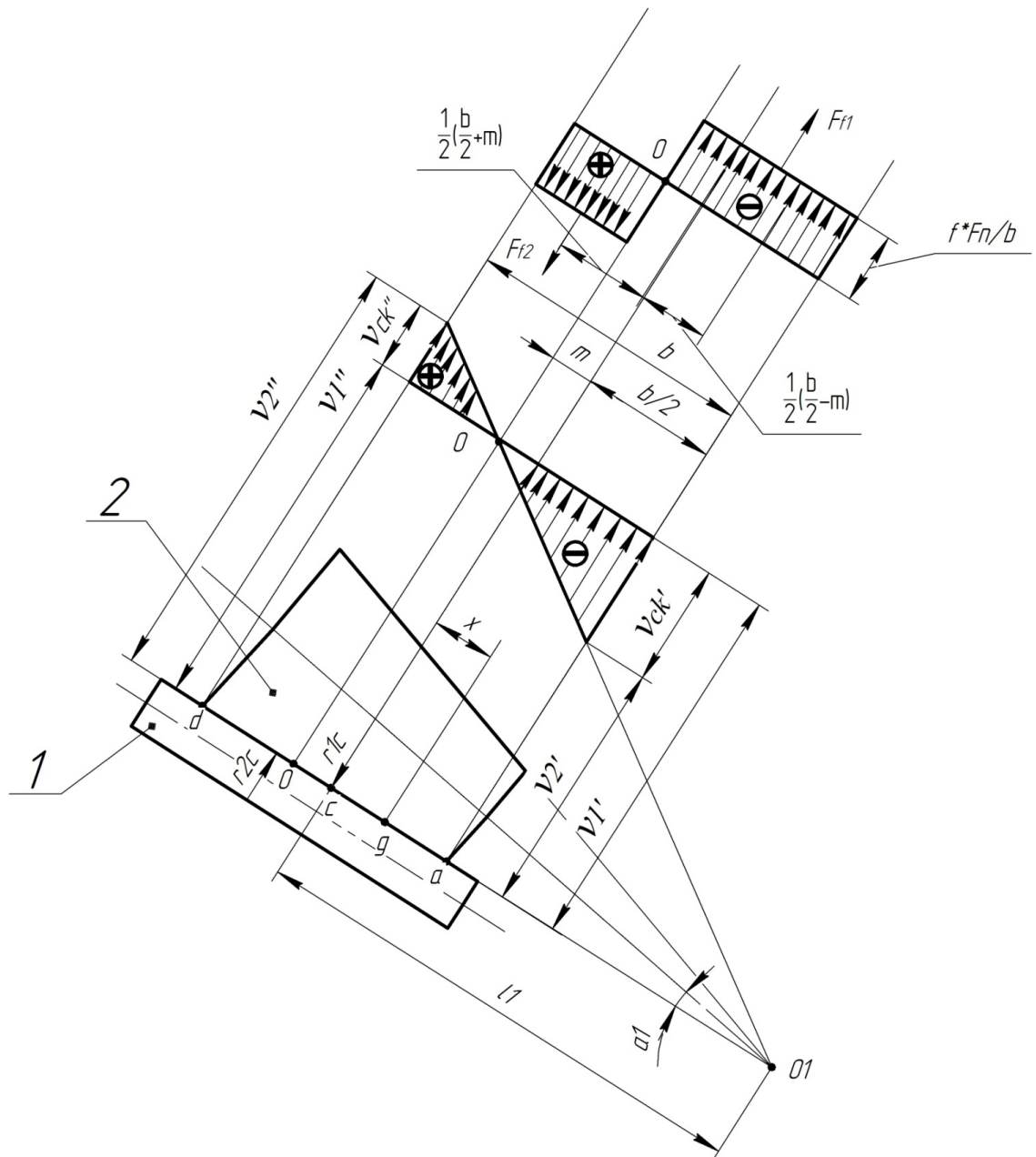


Рисунок 2.13 – Розподілення проковзування і сил тертя по довжині лінії контакту при застосуванні укочуючого ролика

При навантаженні механізму полюс кочення зміщується. При цьому сила тертя  $F_{f1}$ , що розвивається на ділянці  $aO$ , грає негативну роль - гальмує ведений ролик. Сила тертя  $F_{f2}$ , що розвивається на ділянці  $Od$ , навпаки, розганяє його. Приймавши початок координат в середині контактної лінії (середині укочуючого ролика) - точці  $c$  ( $ac=cd$ ). Координату  $x$  до вершини пакування вважаємо позитивною, від вершини - негативною. Координату  $m$  полюса кочення  $O$  вводимо в усі залежності також зі своїм знаком: мінус при зміщенні

від середини до основи пакування (Рис.2.13) і плюс при зміщенні полюса кочення до вершини [84].

Різницю моментів які виникають від сил тертя  $F_{f1}$  і  $F_{f2}$  врівноважує момент опору  $M_l$  на укочуючому ролику [52]:

$$M_1 = F_{1f} \cdot (r2c - \frac{1}{2} \cdot (\frac{b}{2} + m) \cdot \sin(\alpha2)) - F_{2f} \cdot (r2c + \frac{1}{2} \cdot (\frac{b}{2} - m) \cdot \sin(\alpha2)). \quad (2.62)$$

$$F_1 = q_n \cdot f \cdot (\frac{b}{2} - m); \quad F_2 = q_n \cdot f \cdot (\frac{b}{2} + m); \quad r2c = l_2 \cdot \sin(\alpha2) = const;$$

$$l_2 = \infty; \quad q_n = \frac{F_n}{b}.$$

де  $q_n$  – нормально розподілене навантаження, Н/м;

$\alpha2$  – кут нахилу твірної укочуючого ролика ( $\alpha2=0$ );

$l_2$  – полюс кочення укочуючого ролика ( $l_2 = \infty$ ).

Після підстановки і перетворень в загальному вигляді:

$$M_1 = -q_n \cdot f \cdot \sin(\alpha2) \cdot \left( m^2 - 2 \cdot m \cdot l_2 - \frac{b^2}{4} \right) = 0. \quad (2.63)$$

Під  $M_l$  розуміють повний момент опору на укочуючому ролику, включаючи корисний опір, а також тертя в опорах укочуючого ролика і тертя кочення укочуючого ролика по пакуванню. Оскільки укочуючий ролик має циліндричну форму, то момент опору  $M_l$  може бути прийнятий рівним нулю.

Аналогічно до попереднього різниця моментів сил тертя відносно ведучого валу пакування дає момент на пакуванні:

$$M_2 = -q_n \cdot f \cdot \sin(\alpha1) \cdot \left( m^2 - 2 \cdot m \cdot l_1 - \frac{b^2}{4} \right). \quad (2.64)$$

де:

$l_1$  – полюс кочення пакування, м;

$\alpha1$  – кут нахилу твірної укочуючого ролика.

Координати полюса кочення, а також моменту і потужності тертя при геометричному ковзанні визначаємо з виразу (2.64):

$$m = l_1 - \sqrt{l_1^2 + \frac{b^2}{4} - \frac{M_1^2}{q_n \cdot f \cdot \sin(\alpha_1)}}. \quad (2.65)$$

Приймаємо, що колова сила  $F_t$  прикладена в полюсі кочення, тоді момент опору:

$$M_1 = -F_t \cdot (r1c - m \cdot \sin(\alpha_1)) = -F_t \cdot (l_1 - m) \cdot \sin(\alpha_1). \quad (2.66)$$

Прирівнюючи це до виразу (2.63) і враховуючи, що:

$$F_t = \frac{F_n \cdot f}{\beta} = \frac{q_n \cdot b \cdot f}{\beta}. \quad (2.67)$$

Отримуємо:

$$m = \left[ 1 + \frac{1}{\beta} \cdot \frac{b}{2 \cdot l_1} - \sqrt{1 + \left( \frac{b}{2 \cdot l_1} \right)^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{\beta^2} \right)} \right] \cdot l_1. \quad (2.68)$$

З метою зменшення ковзання  $b/l_1$  беруть як можна меншим, тому членами з співмножником  $(b/2l_1)^2$  у формулі (2.68) можна знехтувати. Тоді з достатньою точністю можна записати:

$$m \approx \frac{F_t}{F_n \cdot f}, \quad m \approx \frac{1}{\beta} \cdot \frac{b}{2} \quad (2.69)$$

Миттєве значення передаточного відношення пари укочуючий ролик – пакування, для визначення частоти обертання і лінійної швидкості укочуючого ролика, визначається виразом:

$$i(m) = \frac{r1c - m \cdot \sin(\alpha_1)}{r2c} = \frac{\sin(\alpha_1) \cdot (l_1 - m)}{r2c}. \quad (2.70)$$

У даному механізмі намотування, постійна колова сила  $F_t$ , полюс кочення переміщається в залежності від сили притискання укочуючого ролика. Для крайового випадку, коли  $F_t = F_n f$  і  $\beta = 1$ , координата точки кочення  $m \approx 0,5b$ , тобто полюс кочення знаходиться на кінці контактної лінії. На іншому її кінці швидкість геометричного проковзування  $v_{ck}$  досягає максимального значення. При подальшому зниженні притискання починається загальне проковзування укочуючого ролика - буксування. При переміщенні полюса кочення розрахункові радіуси пакування будуть змінюватися, радіус укочуючого ролика залишається постійним. При постійній силі притискання  $F_n$  полюс займає постійне положення.

Однією з найбільш важливих характеристик є відносна швидкість проковзування укочуючого ролика і пакування.

Швидкість відносного проковзування  $v_{ck}$  в довільній точці  $g$  з координатою  $x$  (Рис.2) визначається різницею швидкостей укочуючого ролика і пакування  $v_{\gamma 1}$  і  $v_{\gamma 2}$  має загальний вигляд:

$$v_{ck} = v_{\gamma 1} - v_{\gamma 2} = -\frac{(l_2 - l_1) \cdot (x - m)}{(l_2 - m) \cdot (l_1 - m)} v_0. \quad (2.71)$$

Відносна швидкість геометричного проковзування в загальному випадку:

$$\varepsilon_x = \frac{v_{ck}}{v_0} = -\frac{(l_2 - l_1) \cdot (x - m)}{(l_2 - m) \cdot (l_1 - m)}. \quad (2.72)$$

В конкретному випадку кочення укочуючого ролика по пакуванню  $l_2 - m \approx l_2 - l_1$  вираз геометричного проковзування набуває вигляду:

$$\varepsilon_x = -\frac{x - m}{l_1 - m}. \quad (2.73)$$

## **Висновки до розділу 2**

В даному розділі описано методику розрахунку частот коливань різних складових частин механізму намотування та механізму намотування в цілому. Виведені залежності зміни інерційних параметрів бобінотримача протягом напрацювання пакування. Отримані аналітичні залежності проковзування укочуючого ролика по поверхні кінцевого пакування. На основі отриманих виразів буде проводитись моделювання частот коливань механізму намотування.

# РОЗДІЛ 3

## АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ НАМОТУВАННЯ ПЕРЕМОТУВАЛЬНИХ МАШИН

### 3.1. Розробка класифікації механізмів намотування перемотувальних машин

У відповідності до аналітичного огляду намотувальних механізмів перемотувальних машин та заново розроблених пропонується наступна класифікація намотувальних механізмів. Згідно робіт [16,37,38] прийнятно-намотувальні механізми поділяють на три групи.



Рисунок 3.1 – Класифікація механізмів намотування

До першої групи ввійшли фрикційні механізми (рис 3.1), у механізмів групи обертання бобінотримачу передається через фрикційний циліндр за допомогою сил тертя для формування бобін різних видів, в підгрупу входять механізми, які відрізняються в основному системами замаслювання нитки, контролю товщини та натягу. Машини першого типу (такі як мотальні автомати розділ 1.2) застосовуються для перемотування усіх видів ниток з натуральних волокон, та деяких видів штучних волокон.

В другу групу намотувальних механізмів слід віднести безфрикційні механізми (рис. 3.1), в яку входять механізми, які відрізняються прямим типом приводу, з можливістю механічного контролю кутової швидкості обертання для підтримання постійної лінійної швидкості та електронного контролю швидкості, з пружним та жорстким кріпленням укочуючого ролика, суцільною та сегментною структурою укочуючого ролика. Машини другого типу (перемотувальні машини розділ 1.2) застосовуються для перемотування штучних і синтетичних волокон.

До третьої групи відносяться комбіновані намотувальні механізми. В ній поєднується як Третя група так і друга, тобто вона являється поєднанням двох попередніх.

В подальшому аналіз та дослідження будуть проводитись для механізмів з прямим приводом, базової конструкції машин типу БП, та розроблених конструкцій механізмів укочуючого ролика, що наведено в цьому розділі та 4 розділі.

### **3.2. Визначення критичних швидкостей бобінотримача**

В цьому підрозділі виконано розрахунок значень критичних швидкостей бобінотримача машини БП-340. Розрахунок проводився на основі математичної моделі, наведеної (2.3) з задачі на власні частоти за матрицею згідно (2.32). При розрахунку були прийняті параметри механізмів перемотувальних машин БП-340 [6,28] та Полікон.

Вихідні дані густин елементів, координат елементів та геометричних характеристик (згідно до рисунку 2.7 та рисунку 2.8) для розрахунку критичних швидкостей наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Параметри елементів бобінотримача машини БП-340

Номер елемента	$r$ , м	$r_v$ , м	$R$ , м	$R_v$ , м	$X_n$ , м	$X_k$ , м	Густина матеріалу елемента $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
1	0.02	0.0125	0.02	0.0125	0.0208	0.056	7800
2	0.0325	0.0125	0.0372	0.0125	0.056	0.073	7800
3	0.02	0.0125	0.02	0.0125	0.073	0.083	7800
4	0.0212	0.006	0.0117	0.006	0.28	0.3	7800
5	0.0125	0	0.0125	0	0	0.185	7800
6	0.01	0	0.01	0	0.185	0.28	7800
7	0.006	0	0.006	0	0.28	0.3171	7800
8	0.0104	0.006	0.0104	0.006	0.3	0.3133	7800
9	0.0225	0.0195	0.0402	0.0372	0.063	0.353	1400
10	0.0229	0.0179	0.0372	0.0322	0.063	0.2975	2700
11	Rk2	Rn2	Rk1	Rn1	H1	H2	650
12	Rk3	Rn3	Rk2	Rn2	H2	H3	650
13	Rk1	Rn1	Rko	Rno	Ho	H1	650

Данні з таблиці 3.1 обраховували програмою наведеної в додатку А для обчислення критичних швидкостей, що реалізує вираз (2.7), отримані значення наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення критичних швидкостей

Позначення		Значення критичних швидкостей, рад/с	
		БП-340	Полікон
Початок процесу намотки	$\omega_{1, c^{-1}}$	681	1436
	$\omega_{2, c^{-1}}$	3975	8352
Кінець процесу намотки	$\omega_{1, c^{-1}}$	372	906
	$\omega_{2, c^{-1}}$	4012	8076



Значення другої критичної швидкості протягом напрацювання пакування практичного значення не має, у зв'язку з тим, що робоча зона швидкостей намотування механізму перемотування знаходиться значно нижче другої критичної швидкості.

Найбільше значення кутової швидкості перемотування на початку процесу перемотування за виразом [6,7,80]:

$$\omega_p = 0.7 \cdot \omega_1, \quad (3.1)$$

$$\text{Для БП-340: } \omega_p = 0,7 \cdot 681 = 478 \text{ с}^{-1}.$$

$$\text{Для Полікон: } \omega_p = 0,7 \cdot 1436 = 1005 \text{ с}^{-1}.$$

Максимальне значення швидкості перемотування нитки  $V$ , м/с:

$$V = \omega_1 \cdot Rnc, \quad (3.2)$$

де:  $Rnc$  – середній радіус конічного пакування (для машини БП-340  $Rnc = 0.031$  м, для машини Полікон  $Rnc = 0.028$  м), м.

$$\text{Для БП-340: } V = 478 \cdot 0,031 = 14,8 \text{ м/с.}$$

$$\text{Для Полікон: } V = 1005 \cdot 0,028 = 28,14 \text{ м/с.}$$

Для машини БП-340 максимальна швидкість перемотування ниток для нейлонових волокон, досягнута на виробництві, становить 10,6 м/с [29]. Аналіз отриманих результатів показав можливість збільшення робочої швидкості обладнання машини БП-340 на 39%.

Залежності значень першої і другої критичних швидкостей під час напрацювання пакування для машини БП-340 у графічному вигляді представлені графіками рисунки 3.2 та 3.3.

Як видно з графіків (рис. 3.2, 3.3.), по мірі напрацювання пакування значення критичних швидкостей знижується.

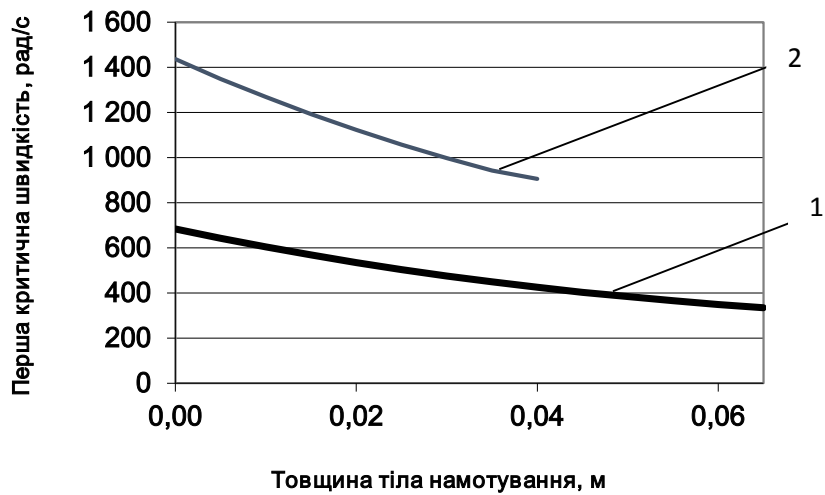


Рисунок 3.2 – Діаграма залежності першої критичної швидкості від товщини тіла намотування:

1 – БП-340; 2 - Полікон

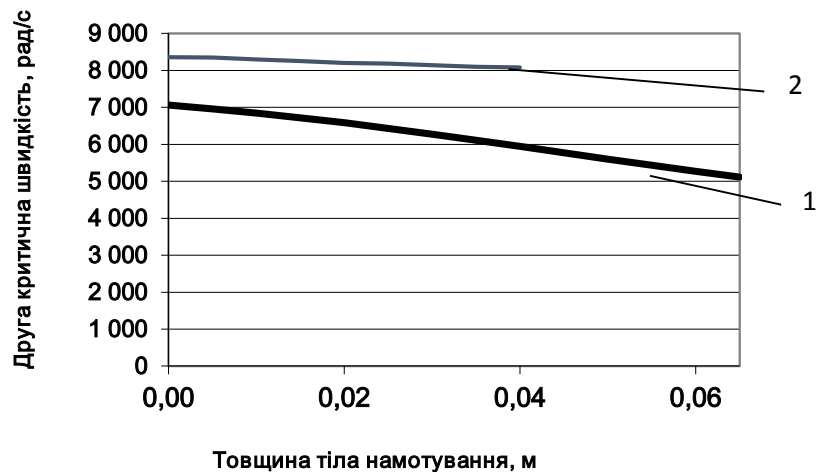


Рисунок 3.3 – Діаграма залежності другої критичної швидкості машини БП-340 від товщини тіла намотування:

1 – БП-340; 2 - Полікон

### 3.3. Дослідження впливу зміщення бобінотримача на величину критичних швидкостей бобінотримача

Процес на перемотувальних машинах вимагає заміни бобін з установкою їх на конічну поверхню бобінотримача, яка відбувається органолептично на різну глибину конуса, так звану посадку. При цьому посадка конічних

поверхонь може бути виконана, як з зазором так і з натягом [51], після чого фіксація бобіни на бобінотримачі здійснюється розширенням його конічної поверхні. Перехідній посадці відповідає розрахункове значення конічних поверхонь бобіни та бобінотримача і забезпечує середнє їх взаємне положення. Вплив величини посадки на динамічні характеристики бобінотримача не знайшов відображення в літературних джерелах [6, 24, 66, 82]. Тому визначення зміни критичних швидкостей в залежності від посадки бобіни на бобінотримач носить актуальний характер.

### **3.3.1. Аналітичне дослідження впливу зміщення бобінотримача на величину критичних швидкостей бобінотримача**

Дослідження проводилися при наступних умовах:

-при зміщенні центра мас пакування на  $\Delta=0,005$  м від початкового положення в напрямку конуса і зміщенні центра мас бобінотримача в тому ж напрямку;

-при зміщенні центра мас пакування на  $\Delta=0,005$  м від початкового положення в протилежному напрямку конуса і зміщенні центра мас бобінотримача в тому ж напрямку.

Похибка розміщення нитконосія впливає на вагу напрацьованого пакування, що при використанні пакувань на трикотажних машинах призводить до значної кількості відходів.

Критичні швидкості визначались на основі математичної моделі, наведеної (2.3), але з уточненням розміщення пакування та відповідності геометричних параметрів пакування (додаток Б).

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.3, таблиці 3.4.

Аналізуючи отримані результати встановлено, що зі зміщенням бобіни змінюється і значення критичної швидкості системи. При зміщенні центра мас від розрахункового положення в напрямку конуса критична швидкість зростає, тобто збільшується робочий діапазон намотувального механізму, і навпаки при зміщенні від розрахункового положення в протилежному напрямку від конуса

робочий діапазон швидкостей зменшується. На рисунках 3.4 та 3.5 графічно показано вплив зміщення пакування на критичні швидкості.

Таблиця 3.3. Вплив зміщення пакування на кінематичні характеристики механізму машини БП-340

Товщина пакування, мм	Технологічний параметр	Зміщення пакування повздовж осі бобінотримача, $\Delta$ (м)		
		$\Delta = - 0.005$	$\Delta = 0$	$\Delta = + 0.005$
t=0 мм	Маса пакування, кг	0	0	0
	Перша критична швидкість, рад/с	692	681	661
t=20 мм	Маса пакування, кг	0,713	0,734	0,754
	Перша критична швидкість, рад/с	560	542	526
t=50 мм	Маса пакування, кг	2,099	2,133	2,168
	Перша критична швидкість, рад/с	431	418	405
t=70 мм	Маса пакування, кг	3,035	3,075	3,117
	Перша критична швидкість, рад/с	384	372	361

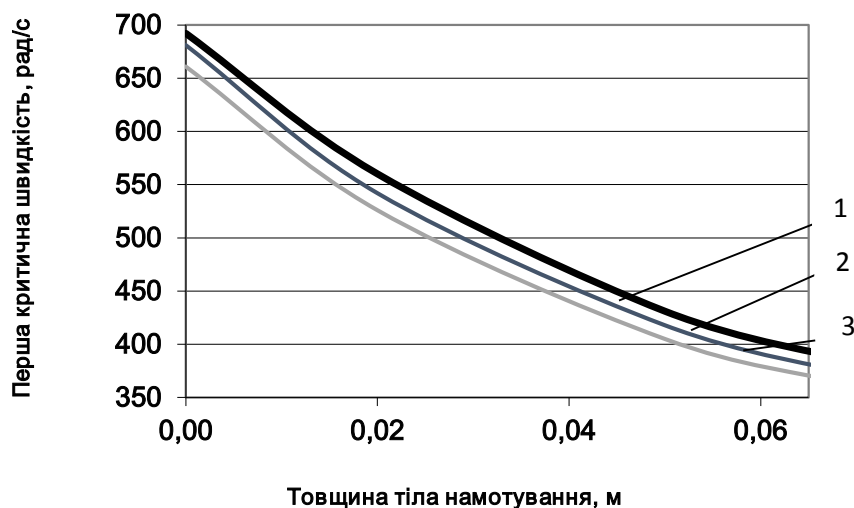


Рисунок 3.4 – Діаграма залежності першої критичної швидкості від товщини тіла намотування та зміщення пакування вздовж осі для машини БП-340:

1 -  $\Delta = - 0.005$ ; 2 -  $\Delta = 0$ ; 3 -  $\Delta = 0.005$ .

Таблиця 3.4. Вплив зміщення пакування на кінематичні характеристики механізму машини Полікон

Товщина пакування, мм	Технологічний параметр	Зміщення пакування повздовж осі бобінотримача, $\Delta$ (м)		
		$\Delta = - 0.005$	$\Delta = 0$	$\Delta = + 0.005$
t=0 мм	Маса пакування, кг	0	0	0
	Перша критична швидкість, рад/с	1533	1436	1347
t=10 мм	Маса пакування, кг	0,179	0,188	0,196
	Перша критична швидкість, рад/с	1311	1234	1164
t=20 мм	Маса пакування, кг	0,386	0,398	0,409
	Перша критична швидкість, рад/с	1149	1086	1028
t=40 мм	Маса пакування, кг	0,802	0,818	0,834
	Перша критична швидкість, рад/с	955	906	861

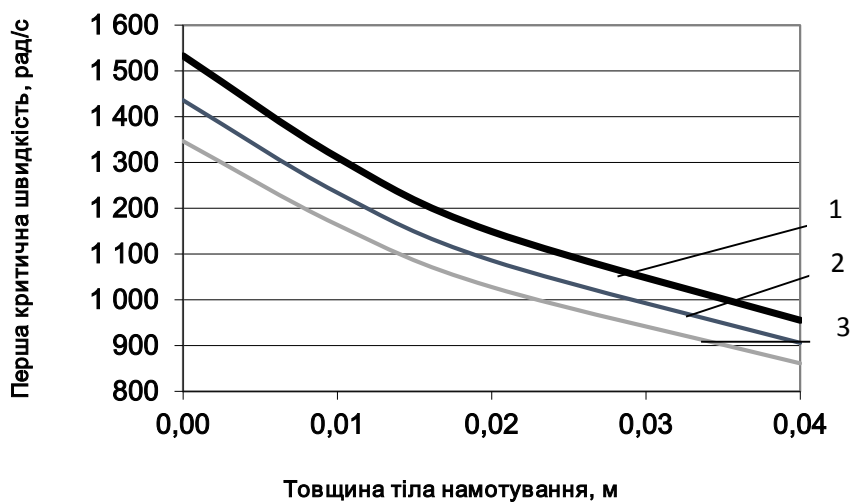


Рисунок 3.5 – Діаграма залежності першої критичної швидкості від товщини тіла намотування та зміщення пакування вздовж осі для машини Полікон:

1 -  $\Delta = - 0.005$ ; 2 -  $\Delta = 0$ ; 3 -  $\Delta = 0.005$ .

### 3.3.2. Експериментальне дослідження впливу зміщення бобінотримача на масу пакування

Для проведення експериментальних досліджень розроблена лабораторна установка. На рисунку 3.6 представлено експериментальну установку на базі бобінажної машини Полікон для намотування трьохконусних пакувань на конічну бобіну. Вона складається з перетворювача частоти трифазного струму 1, до якого підключено двигун намотувальної головки 2, яка містить в собі бобінотримач з встановленою бобіною 3, та укочуючий ролик 4 для регулювання кута нахилу торців пакування та відводу механізму розкладки нитки 5. Встановлено замаслюючий механізм 6 для нанесення замаслюючого розчину на нитку, механізм натягу нитки 7 для регулювання густини пакування та важіль зупинки 8, для вимкнення машини при напрацюванні пакування встановленого діаметра.



Рисунок 3.6 – Експериментальна установка на базі машини «Полікон»:

1 – перетворювач частоти; 2 – намотувальна головка; 3 – бобінотримач з встановленою бобіною; 4 – укочуючий ролик; 5 – механізм розкладки нитки; 6 – замаслюючий механізм; 7 – механізм натягу нитки; 8 – важіль зупинки.

Для визначення достовірності розрахунку впливу зміщення бобіни на вагу пакування (п.3.3.1.) проведено виміри маси пакувань отриманих при перемотуванні. Експериментальне визначення маси пакування в кілограмах при товщині пакування 40 мм наведено у таблиці 3.5. На рисунку 3.7

зображено бобіни з різними положеннями пакування відносно розрахункового положення. Вимірювання проводилися для машини Полікон.

Таблиця 3.5 – Маса пакування, г.

Пакування №	Зміщення пакування повздож осі бобінотримача, $\Delta$ (м)		
	$\Delta = - 0.005$	$\Delta = 0$	$\Delta = + 0.005$
1	800	823	829
2	800	813	830
3	797	816	828
4	796	822	826
5	804	818	827
6	799	817	832
7	806	823	835
8	801	818	826
9	810	817	827
10	807	820	829



а

б

в

Рисунок 3.7 – Положення пакування на бобіні:

а – зі зміщенням  $\Delta = - 0.005$ ; б – без зміщення; в – зі зміщенням  $\Delta = + 0.005$

При  $\Delta = 0$  маса пакування 0,819 кг, при  $\Delta = - 0.005$  маса пакування 0,802 кг, при  $\Delta = + 0.005$  маса пакування 0,828 кг. Розподілення результатів спостереження відповідає нормальному закону [86]. Середнє квадратичне значення та відхилення розраховувалися по [86],[87] (Додаток Д).

### 3.3.3. Експериментальне визначення густини намотування пакування

Для визначення густини тіла намотування необхідно отримати повновісне пакування. З цією метою було задано кінцевим параметром пакування – товщину тіла намотування, яка становила 40 мм. Схема вимірювання зображена на рисунку 2.8 (другий розділ). Вимірювання проводилися для машини Полікон. Об'єм пакування складає 1259 см<sup>3</sup>. Визначення об'єму пакування проводилося відповідно [88]. Результати приведені у таблиці 3.6. Визначення густини намотування проводилося відповідно до [88].

Таблиця 3.6 – Результати виміру густини намотування пакування

Зразок №	Густина, кг/м <sup>3</sup>
1	654
2	645
3	648
4	652
5	649
6	649
7	654
8	650
9	648
10	652

Розподілення результатів спостереження відповідає нормальному закону [86]. Для аналітичних розрахунків приймаємо значення густини пакування 650 кг/м<sup>3</sup>. Середнє квадратичне значення та відхилення розраховувалися по [86],[87] (Додаток Е).



### 3.3.4. Експериментальне дослідження критичних швидкостей бобінотримача

Результати експериментального визначення критичних частот обертання бобінотримача машини Полікон наприкінці процесу напрацювання бобіни наведені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати експериментальних досліджень

Пуск №	Початок підвищення вібрації механізму, рад/с
1	1322
2	1294
3	1305
4	1298
5	1317
6	1320
7	1250
8	1309
9	1303
10	1356

У таблиці 3.8 наведено значення експериментального дослідження початку підвищення коливань та розрахункового значення наближення до критичної частоти обертання бобінотримача машини Полікон. На рисунку 3.8 показано порівняння експериментальних та розрахункових значень першої критичної швидкості від товщини тіла намотування для машини Полікон.

Розподілення результатів спостереження відповідає нормальному закону [86]. Середнє квадратичне значення та відхилення розраховувалися по [86],[87].

Таблиця 3.8 – Порівняльна таблиця

Позначення		Значення, рад/с
Розрахункове значення	$\omega_1, c^{-1}$	1438
Експериментальне значення	$\omega_1, c^{-1}$	1307

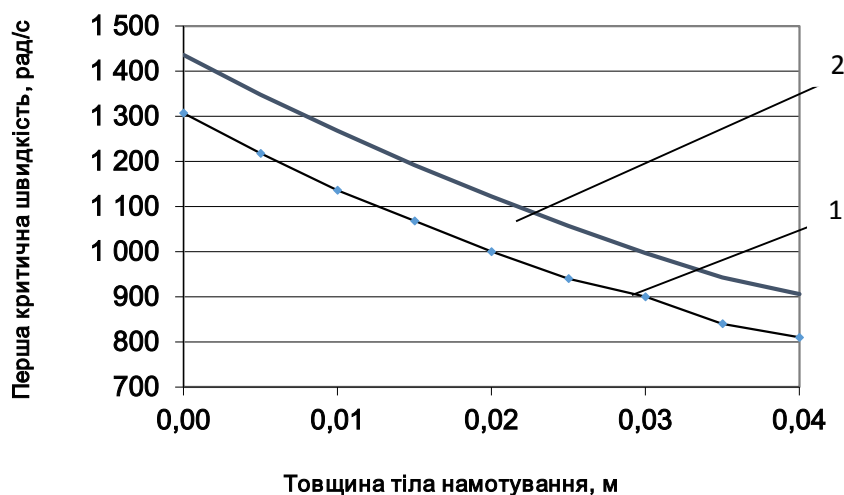


Рисунок 3.8 – Діаграми значень першої критичної швидкості в залежності від товщини тіла намотування для машини Полікон:

1 – експериментальні значення; 2 – розрахункові значення.

Для отримання рівноважних пакувань пропонується:

- замінити механізм контролю розміру пакування, який використовується на машинах типу БП. Пропонується встановити контроль по розрахунковому часу напрацювання пакування;

- встановлення датчика контролю довжини намотаної нитки. В залежності від лінійної товщини нитки обирається довжина нитки на пакуванні;

- встановлення упорів для запобігання неточного встановлення бобіни на бобінотримач. При встановленні бобіни на механізм намотування бобіна встановлюється до її контакту з упором. Тим самим ми забезпечується однакове положення пакування на бобіно тримачі;

При зміщенні бобіни на  $\Delta=0,005$  м від розрахункового положення в напрямку конуса зміщується центр мас як бобіни, так і бобінотримача за рахунок стискання останнього. При зміщенні центра мас пакування на  $\Delta=0,005$  м від розрахункового положення в протилежному напрямку від конуса. Величина зміни критичних швидкостей може досягати 7%. Похибка розміщення нитконосія, в досліджуваному діапазоні похибок розташування, веде до різниці напрацьованих мас близько 100 г, що при використанні пакувань на трикотажних машинах може привести до значної кількості відходів.

### **3.4. Залежність кута повороту важеля бобінотримача та маси пакування від товщини пакування**

В цьому підрозділі виконано розрахунок величини кута повороту важеля укочуючого ролика з метою використання у розрахунках динамічних характеристик механізму.

Зі схеми (рисунок 2.9) відповідно до (2.37) визначено кут повороту важеля  $\varphi$  в залежності від маси напрацьованого пакування.

Вихідні дані для розрахунку відповідно до параметрів [6, 28]:

$$D_r = 0.024 \text{ м}; L_p = 0.151 \text{ м}; X_b = 0.122 \text{ м}; Y_b = 0.123 \text{ м}; R_{no} = 0.039 \text{ м}; m_p = 0.225 \text{ кг} .$$

Розрахунок проведено за допомогою програми Mathcad.

В результаті розрахунків отримано такі залежності: залежність кута повороту важеля укочуючого ролика від товщини тіла намотування (рисунок 3.9); залежність плеча сили реакції укочуючого ролика від товщини тіла намотування (рисунок 3.10).

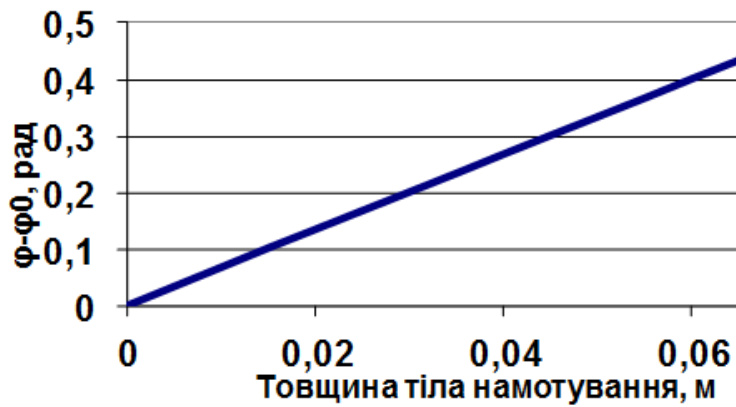


Рисунок 3.9 – Графік залежності кута повороту важеля укочуючого ролика від товщини тіла намотування

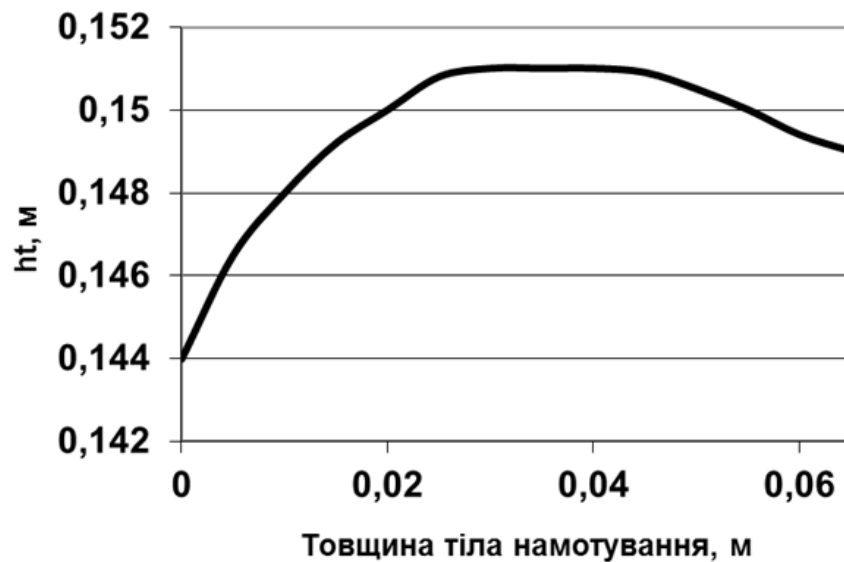


Рисунок 3.10 – Графік залежності плеча сили реакції укочуючого ролика від товщини тіла намотування

Отримані значення залежностей використані в розрахунках динамічних характеристик механізму.

### 3.5. Визначення динамічних характеристик укочуючого ролика з підвісом

#### 3.5.1. Розрахунок частот власних коливань підвісу при лінійній пружній характеристиці тіла намотування

В цьому розділі розглянуто зміну частот власних коливань протягом напрацювання повновісного пакування. Жорсткість тіла намотування прийнято постійною величиною.

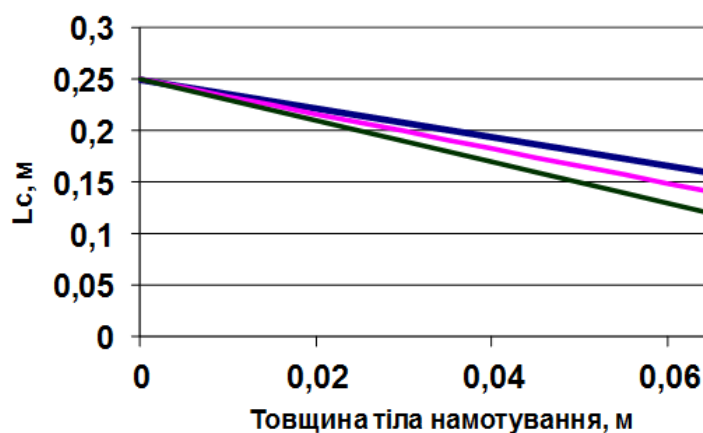
Динамічна модель намотувального механізму зображена на рисунку 2.6.

Згідно з (2.48) визначено частоти вільних коливань підвісу. Відповідно до параметрів [6, 28]:  $Lr = 0.25$  м;  $Rno = 0.039$  м;  $Ho = 99.6 \cdot 10^{-3}$  м;  $\alpha = 3.5^\circ$ ;  $\beta = 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$ ;  $Dr = 0.024$  м;  $Lp = 0.151$  м;  $Xb = 0.122$  м;  $Yb = 0.123$  м;  $Rno = 0.039$  м;  $m_p = 0.225$  кг;  $C_l = 0.85 \cdot 10^5$  Н/(м·м);  $I = 0.032$  кг·м<sup>2</sup>;  $C_p = 1 \cdot 10^4$  Н/м.

Момент інерції укочуючого ролика  $I$  з підвісом відносно осі повороту визначено експериментально у пункті 3.4.1.2. Розподілену жорсткість пакування визначено експериментально у пункті 3.4.1.1.

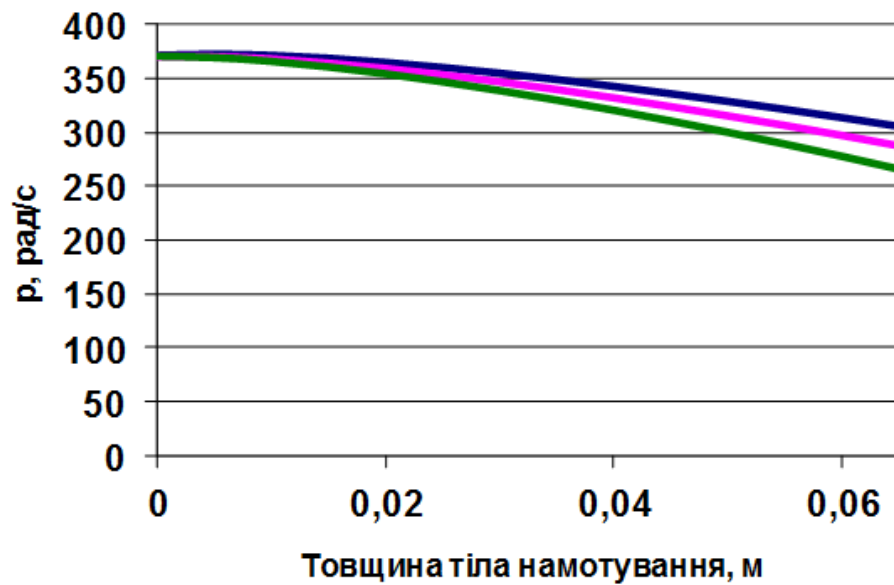
В результаті розрахунків отримано такі залежності від товщини тіла намотування:

- довжина твірної пакування (рисунок 3.11);
- власна частота коливання підвісу (рисунок 3.12);
- коефіцієнт динамічності (рисунок 3.13).



1 – 45°; 2 – 40°; 3 – 35°

Рисунок 3.11 – Діаграма залежності довжини твірної пакування від товщини тіла намотування при різних кутах намотування



1 – 45°; 2 – 40°; 3 – 35°

Рисунок 3.12 – Діаграма залежності власної частоти коливання підвісу при лінійній пружній характеристиці тіла намотування від товщини тіла намотування при різних кутах намотування

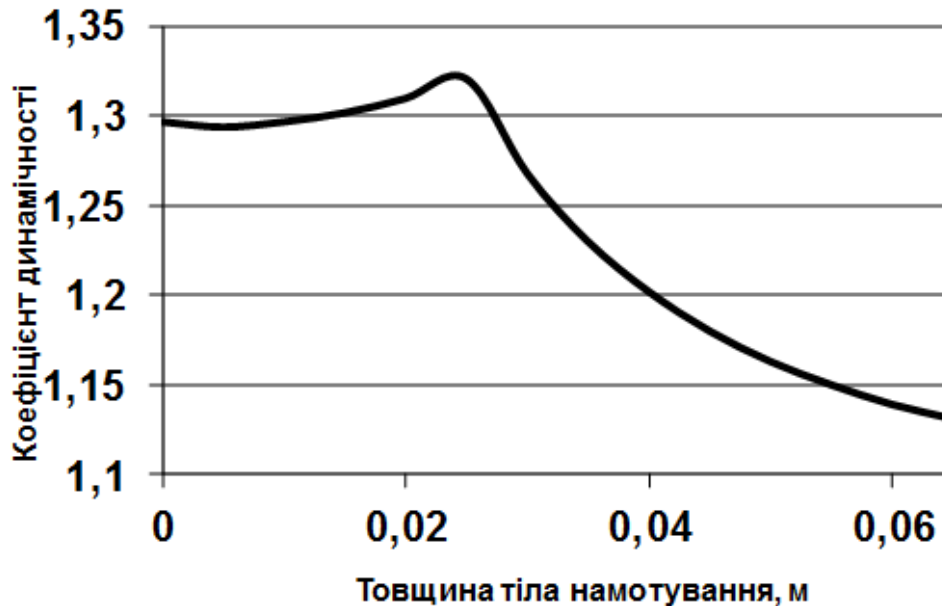
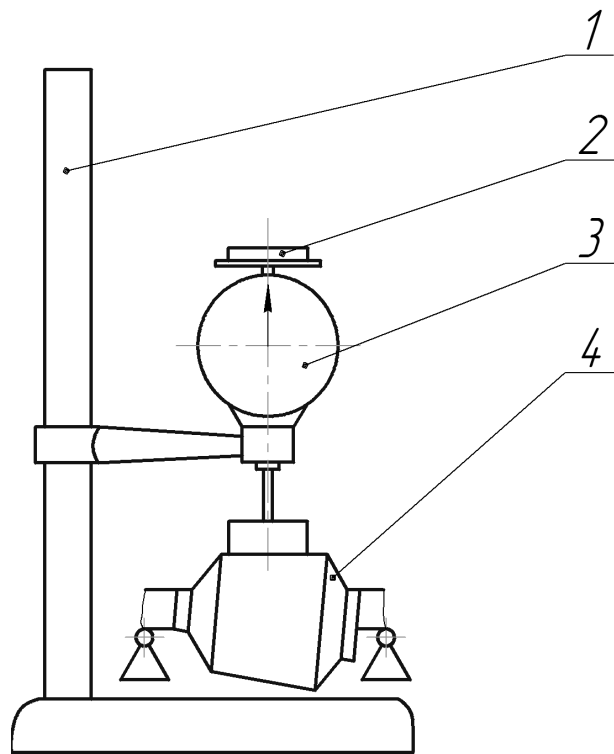


Рисунок 3.13 – Графік залежності коефіцієнта динамічності від товщини тіла намотування

### 3.5.1.1. Визначення жорсткості пакування

З метою врахування жорсткості пакування в п. 3.4.1, було експериментально визначено значення жорсткості на експериментальному стенді (рис. 3.14) за методикою [8].

Для визначення жорсткості пакування застосовуємо індикатор годинникового типу ИЧ з ціною поділки 0,01 мм 1 класу точності. На рисунку 3.9 зображено стенд для визначення жорсткості пакування.



1 – штатив; 2 – вантаж; 3 – індикатор; 4 – пакування

Рисунок 3.14 – Принципова схема вимірювання жорсткості пакування

Експеримент проводився наступним чином. Вимірювання виконувалося в наступній послідовності:

- піднімали наконечник приладу, встановлювали зразок пакування;
- опускали наконечник приладу на поверхню зразка, навантажували прилад вантажами та виконували відлік показників.

Виміри з одним вантажем проводили не менш чим у трьох точках. За результат випробувань приймається середнє арифметичне значення десятих вимірювань.

Результати вимірювань заносяться до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Результати вимірювання жорсткості пакування

Пакування №	Показ індикатора, мм							
	Навантаження - 0,5 Н				Навантаження - 1 Н			
	1 точка	2 точка	3 точка	Серед-нє значен-ня	1 точка	2 точка	3 точка	Серед-нє значен-ня
1	0,029	0,031	0,03	0,03	0,038	0,035	0,037	0,036
2	0,035	0,037	0,033	0,035	0,039	0,041	0,04	0,04
3	0,026	0,03	0,028	0,028	0,036	0,035	0,034	0,035
4	0,03	0,031	0,033	0,032	0,038	0,036	0,037	0,037
5	0,032	0,035	0,033	0,034	0,039	0,041	0,04	0,04
6	0,026	0,032	0,028	0,029	0,034	0,035	0,035	0,035
7	0,031	0,03	0,029	0,03	0,038	0,037	0,036	0,036
8	0,035	0,034	0,033	0,034	0,038	0,042	0,04	0,04
9	0,027	0,03	0,028	0,028	0,035	0,035	0,035	0,035
10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,037	0,034	0,037	0,036

Розрахунок жорсткості зразків визначався за формулою:

$$C = \frac{\Delta P}{\Delta \Delta}, \quad (3.3)$$

де  $\Delta P$  – різниця ваги вантажів, Н;

$\Delta \Delta$  – різниця показів приладу, м.

Результати розрахунків занести до таблиці 3.10.



Таблиця 3.10 – Результати розрахунку жорсткості пакування

Зразок пакування №	Розподілені по довжині жорсткості пакування, Н/(м)
1	$0,83 \cdot 10^5$
2	$1 \cdot 10^5$
3	$0,71 \cdot 10^5$
4	$1 \cdot 10^5$
5	$1 \cdot 10^5$
6	$0,83 \cdot 10^5$
7	$0,83 \cdot 10^5$
8	$0,83 \cdot 10^5$
9	$0,71 \cdot 10^5$
10	$0,83 \cdot 10^5$

Розподілення результатів спостереження відповідає нормальному закону [86]. Середнє квадратичне значення та відхилення розраховувалися по [86],[87].

### 3.5.1.2 Визначення моменту інерції укочуючого ролика з підвісом

З метою врахування інерційних параметрів в динамічній моделі необхідно визначити інерційні параметри укочуючого ролика з важелем.

В основу методики визначення моменту інерції укочуючого ролика з підвісом, покладений метод, наведений в [89].

Тоді момент інерції укочуючого ролика з підвісом відносно осі важеля визначено з розрахункової схеми, зображеної на рисунку 3.15. Пружину з жорсткістю  $C_n = 1,28$  Н/м закріплювали на важелі на деякій відстані від осі повороту і опорній поверхні коробки намотувального механізму. Визначають частоту власних коливань механізму відносно шарніру.

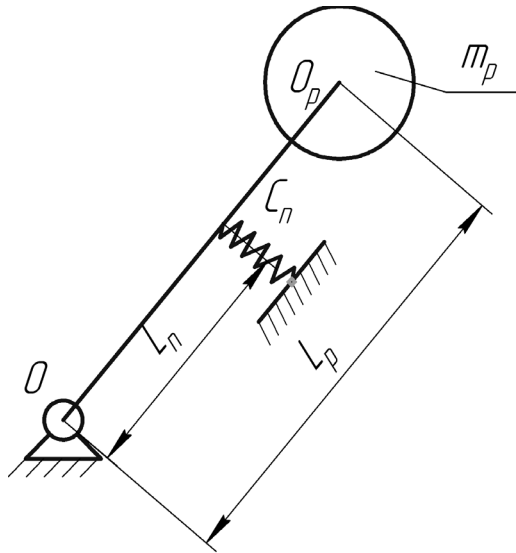


Рисунок 3.15 – Схема визначення моменту інерції укочуючого ролика з підвісом

Момент інерції укочуючого ролика з підвісом відносно осі повороту:

$$I = m_p L_p^2 + I_1, \quad (3.4)$$

де  $I$  – момент інерції укочуючого ролика з підвісом відносно осі повороту,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;

$m_p$  – маса укочуючого ролика,  $\text{кг}$ ;

$L_p$  – довжина важеля,  $\text{м}$ ;

$I_1$  – момент інерції важеля,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ .

Частота власних коливань укочуючого ролика з підвісом відносно осі повороту:

$$p^2 = \frac{C_n \cdot L_n^2}{I}, \quad (3.5)$$

де  $p$  - частота власних коливань укочуючого ролика з підвісом відносно осі повороту,  $\text{с}^{-1}$ ;

$C_n$  – жорсткість пружини,  $\text{Н/м}$ ;

$L_n$  – відстань від осі важеля до точки закріплення пружини, м.

З формули (3.5):

$$I = \frac{C_n \cdot L_n^2}{p^2}. \quad (3.6)$$

Момент інерції важеля:

$$I_1 = I - m_p L_p^2. \quad (3.7)$$

Підготовка та проведення вимірювань проходить у наступній послідовності:

- 1) Механізм встановлюють, як показано на рисунку 3.15.
- 2) Маса укочуючого ролика, геометричні розміри укочуючого ролика і підвісу визначаються безпосередньо зважуванням та вимірюванням відповідно. Отримані параметри наведені в таблиці 3.11.
- 3) Системі надають коливання шляхом легкого удару пружним молотком.
- 4) Визначали частоту власних коливань установки відносно осі важеля за допомогою вібрметра-аналізатора-795М, а значення заносяться до таблиці 3.12.

Таблиця 3.11 – Параметри для визначення моменту інерції укочуючого ролика з підвісом

Параметр	Значення параметра
$C_n$ , Н/м	$1,28 \cdot 10^3$
$L_n$ , м	0,05
$L_p$ , м	0,151
$m_p$ , кг	0,225

Таблиця 3.12 – Результати вимірювання частоти власних коливань  
установки відносно осі повороту

$\rho, \text{с}^{-1}$	1	2	3	$\rho_{\text{ср}}, \text{с}^{-1}$
	10	10	10	10

На рисунку 3.16 наведено графік частот власних коливань укочуючого ролика з підвісом, отриманого.

Параметри, при яких проводились вимірювання наведені нижче.

Имя	27/11/10 16:06:20 - БПФ Инт1 (400)
Шаблон	Нет
Режим измерения	ММ/С
Режим интегратора	Инт1
Усреднения	Уср: Выкл
Усилитель	Авто настройка
Чувствительность датчика	18пКл
Коэф. усилителя	8
Режим запуска	Своб + 0 мс
Триггер	Внешний
Тип окна	Прямоугольное
Диапазон	10..1001
Кол-во точек	400
Общий уровень	T = 0,0338
Следящий анализ	Да
Синхро*К	100
Дата создания	10.11.2027 16:06:20

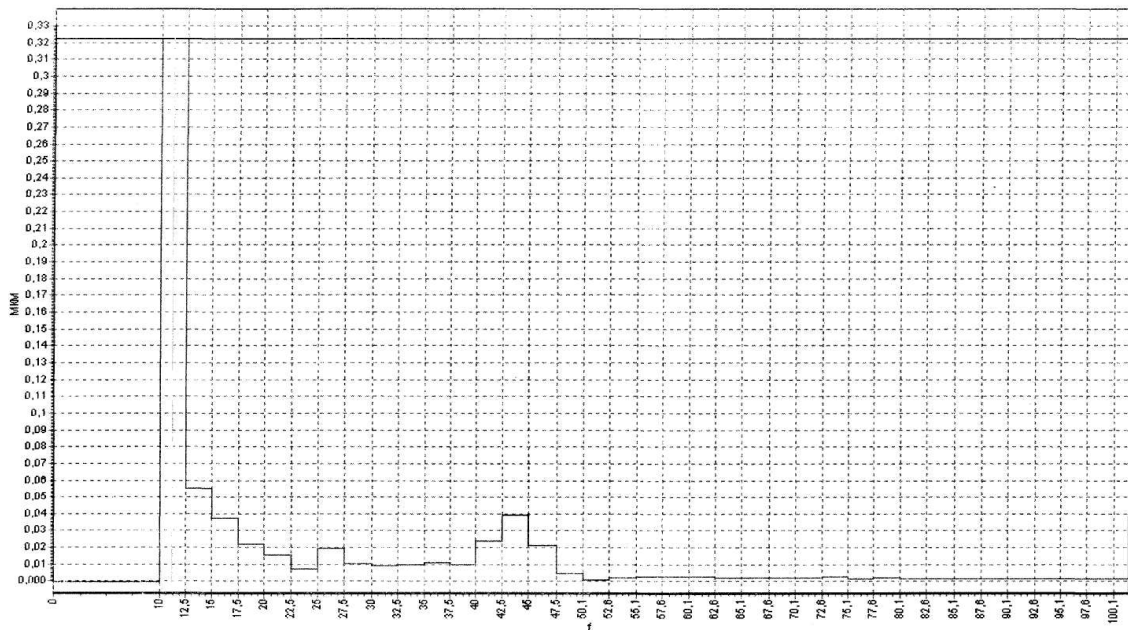


Рисунок 3.16 – Графік значень власних частот коливань

Використовуючи дані таблиць 3.9 та 3.10 за формулою (3.15), (3.16) визначено моменти інерції, а результати розрахунків занесені до таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Результати розрахунків моментів інерції

$I$ , кг·м <sup>2</sup>	$I_l$ , кг·м <sup>2</sup>
0,032	0,027

### 3.6. Розробка структури нових пристроїв укочуючого ролика

Вібрації при намотуванні ниток на бобіни впливають не тільки на якість продукції готового виробу, але й на надійність роботи технологічного обладнання. В процесі перемотування ниток на бобіну необхідна стабілізація натягу та рівномірна щільність пакування для подальшої безперебійної переробки матеріалу у наступних технологічних процесах. Саме тому на обладнанні встановлюється механізм укочуючого ролика.

Актуальне питання – розробка механізмів укочуючого ролика та вивчення впливу нової конструкції пристрою укочуючого ролика на віброактивність механізму намотування. Це дасть можливість визначити вплив укочуючого

ролика на робочі швидкості обладнання.

### **3.6.1 Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

В більшості робіт по вивченню механізмів намотування (див. розділ 1) не розглядається вплив частоти коливань укочуючого ролика на працездатність намотувального механізму, не враховуються пружні властивості нитки яка напрацьовується. Відомі методики досліджень не дають опису коливальної системи механізму намотування перемотувальних машин, оскільки в них не враховано вплив зовнішніх сил, які виникають з боку укочуючого ролика на механізм намотування [39].

Для регулювання щільності пакування та натягу нитки в намотувальних механізмах (рис. 3.17, *a*) бобінажно-перемотувальних машин застосовується пристрій укочуючого ролика, в якому укочуючий ролик на підшипникових опорах встановлений на вісь, яка жорстко закріплена в коромислі. Дана конструкція укочуючого ролика використана в перемотувальних машинах «Полікон» ф. Бармаг (Німеччина), ф. SSM Textile Machinery (Швейцарія) та машинах типу БП (Росія) [8,15,16,29,30]. Перевагою механізму який використовується на приведеному обладнанні є простота конструкції укочуючого ролика, що дозволяє знизити вартість обладнання. Однак така конструкція пристрою укочуючого ролика має ряд недоліків. По-перше, жорстке встановлення вісі укочуючого ролика не має можливості демпфування коливань, які виникають в результаті роботи механізму намотування. Також цей фактор призводить до нерівномірного притискання укочуючого ролика до бобіни з пакуванням по всій довжині твірної конуса, і до нерівномірної щільності пакування напрацьованої нитки. Також в процесі роботи машини укочуючий ролик вводиться у контакт з напрацьованим пакуванням через коромисло з розміщеною на ньому противагою. Коромисло при вібраціях створює додаткове динамічне навантаження на бобіну, внаслідок чого укочуючий ролик періодично втрачає контакт з пакуванням, що також призводить до зниження якості пакування. По-друге, доволі суттєвим

недоліком є відсутність можливості самовстановлення укочуючого ролика відносно пакування та бобіни. Все вищевказане призводить до відхилення вісі укочуючого ролика від лінії твірної конічної бобіни з нитками, що призводить до нерівномірного притискання укочуючого ролика до пакування та до різної щільності пакування. По-третє різна величина лінійних швидкостей вздовж твірної конічної бобіни з напрацьованим пакуванням призводить до проковзування циліндричного укочуючого ролика по поверхні пакування, що є причинами втрати енергії на тертя та також погіршенням якості пакування [39].

Відповідно до вищенаведеного в літературних джерелах не виявлено досліджень динамічної взаємодії укочуючого ролика з пакуванням з врахуванням впливу зовнішніх сил та конструкції укочуючого ролика.

### **3.6.2 Результати розробки пристроїв укочуючого ролика**

Запропоновано 5 нових структур намотувальних механізмів перемотувальних машин (рис. 1, б–е) з різними пристроями укочуючого ролика [92–96].

Пристрій базової конструкції механізму намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що включає електродвигун 1 (рис. 3.17, а). Електродвигун з'єднаний пасовими передачами 2–4 з механізмом розкладника 5 та бобінотримачем 6, на якому закріплена конічна бобіна 7. Регулювання зусилля натягу пасів здійснюється натяжним шківом 8. Пристрій укочуючого ролика 9 містить коромисло 10 з противагою 11, яке рухомо встановлено на валу 12. Укочуючий ролик 9 також рухомо встановлений в підшипниках кочення на осі 13, яка закріплена в коромислі 10, а його напрямна 14 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 5.

Пристрій укочуючого ролика М1 (рис. 3.17, б) [92]. Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що включає електродвигуна 1, який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 4 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений

рухомо на гітарі 11 закріпленої з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленого на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо встановлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8. На кінцях коромисла 18 закріплені кінці пружин 21 та 22, інші їх кінці закріплені на тримачах 23 та 24, які закріплені на кінцях вісі 25, яка з'єднана з укочуючим роликом 17, який противагою 19 введений в силове замикання з конічною бобіною 16.

Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином, обертальний рух вала електродвигуна 1, передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно поступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківа 5 передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримачу 15 разом з конічною бобіною 16. Обертальний рух конічної бобіни 16 за рахунок сил тертя, призводить до обертання укочуючого ролика 17 відносно вісі 25. Противага 19 забезпечує силовий контакт укочуючого ролика 17 з конічною бобіною 16, а його вібрація компенсується пружинами 21 та 22, які також забезпечують постійний контакт його поверхні з конічною бобіною 16. Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2.

Пружне кріплення укочуючого ролика в коромислі 10 забезпечує його щільне прилягання по всій лінії контакту та демпфування коливань, які виникають з боку пакування.

Виконання штоків у вигляді тримачів та закріплення кінців двох пружин в коромислі та тримачах дозволяє орієнтувати вісь укочуючого ролика відносно твірної конуса конічної бобіни і тим самим забезпечувати щільне прилягання їх поверхонь, компенсацію вібрації, яка виникає при намотуванні, при різних швидкостях та похибок при встановленні конічної бобіни на бобінотримачі, що призводить до надійності роботи пристрою та якості пакування.



Пристрій укочуючого ролика М2 (рис. 3.17, в) [93]. Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що складається з електродвигуна 1, який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 4 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений рухомо на гітарі 11 закріпленої з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленого на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо встановлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8, а на кінці коромисла 18 закріплені амортизатори у вигляді гумових втулок 21 та 22, в яких закріплена вісь 23. На вісі 23 в підшипниках 24 рухомо встановлений укочуючий ролик 17, який противагою 19 введений в силове замикання з конічною бобіною 16.

Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином, обертальний рух вала електродвигуна 1, передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно поступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківів 5 передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримачу 15 разом з конічною бобіною 16. Обертальний рух конічної бобіни 16 за рахунок сил тертя, які виникають між поверхнями укочуючого ролика 17 призводить до його обертання в підшипниках 24 відносно вісі 23. Противага 19 забезпечує силовий контакт укочуючого ролика 17 з конічною бобіною 16, а гумові втулки 21 та 22 забезпечують демпфування коливань. Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2.

Пружне кріплення укочуючого ролика в коромислі 10 забезпечує його щільне прилягання по всій лінії контакту та демпфування коливань, які

виникають з боку пакування.

Застосування амортизатора у вигляді двох гумових втулок усуває коливання укочуючого ролика, які виникають при намотуванні, при різних швидкостях, та неточностей виготовлення деталей та їх встановлення, що також забезпечує спрощення конструкції та технологічності виготовлення деталей пристрою.

Пристрій укочуючого ролика МЗ (рис. 3.17, з) [94]. Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що складається з електродвигуна 1, який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 5 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений рухомо на гітарі 11 закріпленої з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленим на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо установлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8. Кінці коромисла 18 з'єднані обертальними парами з циліндричними пальцями 21 та 22, отвори яких з'єднані поступальною кінематичною парою з кінцями штоків амортизаторів 23 та 24 на їх різьбових кінцях закріплені з можливістю регулювання гайки 25 та 26. На штоках амортизаторів 23 та 24 відповідно встановлені пружини 27 та 28, кінці яких уперті, відповідно, у циліндричні пальці 21 та 22, а інші їх кінці закріплені на штоках 23 та 24. На інших кінцях штоків 23 та 24 закріплені зовнішні кільця 29 та 30 шарнірних підшипників, а внутрішні їх кільця 31 та 32 закріплені на вісі 33, яка з'єднана з укочуючим роликом 17, який противагою 19 введений в силове замикання з конічною бобіною 16.

Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином, обертальний рух вала електродвигуна 1, передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно поступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківа 5

передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримачу 15 разом з конічною бобіною 16. Обертальний рух конічної бобіни 16 за рахунок сил тертя, призводить до обертання укочуючого ролика 17 відносно вісі 33. Противага 19 забезпечує силовий контакт укочуючого ролика 17 з конічною бобіною 16, переміщення штоків 23 та 24 відносно в отворах циліндричних пальців 21 та 22 забезпечує компенсацію вібрації укочуючого ролика 17. Збереження контакту укочуючого ролика 17 з конічною бобіною 16 досягається поворотом внутрішніх кілець 31, 32 шарнірних підшипників відносно його зовнішніх кілець 29, 30 та одночасно поворотом вісі 33 відносно штоків 23, 24 та поворотом циліндричних пальців 21 та 22 в коромислі 18. Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2. Регулювання жорсткістю пружин 27 та 28 здійснюється гайками 25 та 26.

Застосування двох шарнірних підшипників та двох циліндричних пальців з отворами, з'єднання їх з штоками, коромислом та віссю дозволяє орієнтувати вісь укочуючого ролика відносно твірної конуса конічної бобіни і тим самим забезпечує щільне прилягання їх поверхонь, а виконання штоків з різьбовими частинами та закріплення гайок з можливістю регулювання, забезпечує можливість регулювання жорсткості амортизатора та покращення умов намотування нитки, що призводить та підвищення надійності роботи пристрою та якості пакування.

Пристрій укочуючого ролика М4 (рис. 3.17, д) [95]. Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що складається з електродвигуна 1, який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 4 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений рухомо на гітарі 11 закріпленої з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленого на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо установлено на валу 6.

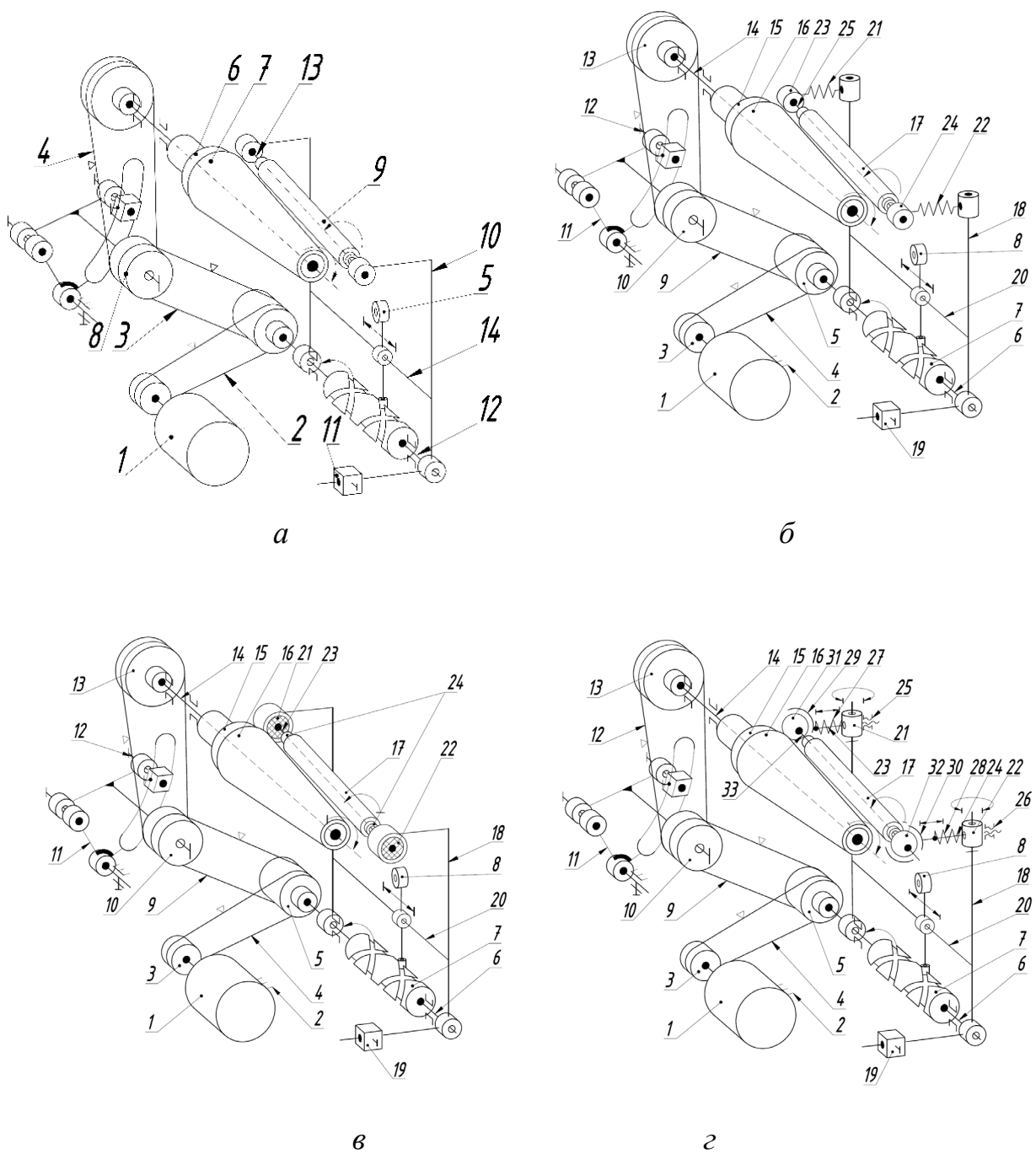


Рисунок 3.17 – Кінематичні схеми намотувальних механізмів базової конструкції та модифікації М1–М5 перемотувальних машин (початок).

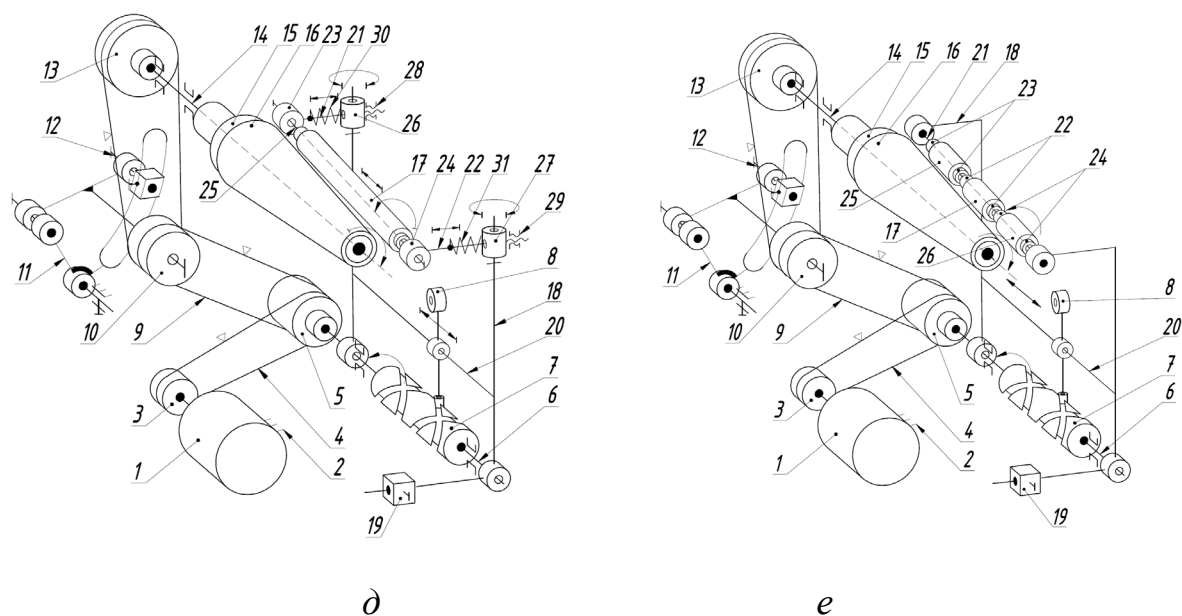


Рисунок 3.17 – Кінематичні схеми намотувальних механізмів базової конструкції та модифікації М1–М5 перемотувальних машин (закінчення):

*a* – базова конструкція; *б* – М1 з підпружиненим укочуючим роликом; *в* – М2 з демпферними втулками; *г* – М3 зі сферичним з’єднанням укочуючого ролика з коромислом пружними елементами; *д* – М4 з підпружиненим укочуючим роликом та з’єданого циліндричними кінематичними парами з коромислом; *е* – М5 з трьома укочуючими роликами. 1 – електричний привод; 2–4 – пасові передачі; 5 – механізм розкладника; 6 – механізм бобінотримача; 7 – бобіна; 8 – натяжний шків; 9 – укочуючий ролик; 10 – коромисло; 11 – противага; 12 – вал; 13 – вісь; 14 – напрямна; 15 – пружина; 16 – втулка пружна; 17 – циліндричний палець; 18 – шток амортизатора; 19 – гайка

Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8. На кінцях штоків амортизаторів 21 та 22 закріплені ковзні втулки 23 та 24, які з'єднані зворотно-поступальною кінематичною парою з віссю 25, яка з'єднана з укочуючим роликом 17, який противагою 19 введений в силове замикання з конічною бобіною 16. Коромисло 18 з'єднане обертальними парами з циліндричними пальцями 26 та 27, отвори яких з'єднані поступальною кінематичною парою з іншими кінцями штоків 21 та 22 на їх різьбових кінцях (на фіг. не показано) закріплені з можливістю регулювання гайки 28 та 29. На штоках амортизаторів 21 та 22 відповідно встановлені пружини 30 та 31, кінці яких уперті, відповідно, у циліндричні пальці 26 та 27, а інші їх кінці закріплені на штоках амортизаторів 21 та 22.

Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином, обертальний рух вала електродвигуна 1, передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно поступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківа 5 передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримачу 15 разом з конічною бобіною 16. Обертальний рух конічної бобіни 16 за рахунок сил тертя, призводить до обертання укочуючого ролика 17 відносно вісі 25. Противага 19 забезпечує силовий контакт укочуючого ролика 17 з конічною бобіною 16, переміщення штоків амортизаторів 21 та 22 відносно в отворів циліндричних пальців 26 та 27 забезпечує компенсацію вібрації укочуючого ролика 17, а збереження контакту його з конічною бобіною 16 досягається поворотом циліндричних пальців з отвором 26 та 27 в коромислі 18 та одночасним переміщенням штоків амортизаторів 21 та 22 в ковзних втулках 23 та 24 вздовж осі вісі 29. Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2. Регулювання жорсткістю пружин 30 та 31 здійснюється гайками 28 та 29.

Застосування двох циліндричних пальців з отворами, з'єднання їх з штоками та обертальною кінематичною парою з коромислом, застосування

двох ковзних втулок закріплення їх на кінцях штоків та з'єднання з кінцями вісі зворотно-поступальною парою, забезпечує орієнтування вісі укочуючого ролика відносно твірної конуса конічної бобіни і тим самим забезпечує щільне прилягання їх поверхонь, а виконання штоків з різьбовими частинами та закріплення гайок з можливістю регулювання, забезпечує можливість регулювання жорсткості амортизатора та покращення умов намотування нитки, що призводить до підвищення надійності роботи пристрою та якості пакування.

Пристрій укочуючого ролика М5 (рис. 3.17, е) [96] на відміну від М1–М4 не має в конструкції амортизатора і його структура є найближчою до структури базового варіанту.

Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що складається з електродвигуна 1, який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 4 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений рухомо на гітарі 11 закріпленої з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленого на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо встановлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8, а на кінці коромисла 18 закріплена вісь 21, на якій рухомо установлений, на парі підшипників 22, укочуючий ролик 17. По обидва боки на додаткових парах підшипників 23 та 24 на вісі 21 рухомо встановлені додаткові укочуючі ролики 25 та 26. Укочуючий ролик 17 та додаткові укочуючі ролики 25 та 26 противагою 19 введені в силове замикання з конічною бобіною 16.

Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином, обертальний рух вала електродвигуна 1, передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно поступальний рух розкладника 8

відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківів 5 передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримачу 15 разом з конічною бобіною 16. Обертальний рух конічної бобіни 16 за рахунок сил тертя, які виникають між поверхнями укочуючого ролика 17 та додаткових укочуючих роликів 25 та 26 призводить до їх обертання, відповідно в парах підшипників 22 та додаткових парах підшипників 23 та 24 відносно вісі 21. Противага 19 забезпечує силовий контакт укочуючого ролика 17 та додаткових укочуючих роликів 25 та 26 з конічною бобіною 16. Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2.

На відміну від базової конструкції укочуючий ролик 9 виконаний у вигляді трьох окремих сегментів, що забезпечує зменшення його проковзування відносно пакування бобіни.

Застосування принаймні двох додаткових укочуючих роликів та встановлення їх на вісі на двох парах підшипника, дозволяє отримати різну швидкість укочуючих роликів вздовж твірної конуса конічної бобіни в зоні контакту та зменшити витрати енергії при проковзуванні циліндричного ролика по конічній бобіні, що призводить до покращення умов намотування нитки та забезпечує підвищення надійності роботи пристрою та якості пакування.

Вплив жорсткості кріплення укочуючого ролика в коромислі на динамічні характеристики (власні частоти коливання, коефіцієнт динамічності) розглянутих механізмів модифікацій М1–М5 представлено у розділі 3.7, 3.8. Застосування сегментного укочуючого ролика наведено у розділі 3.9

### **3.7 Власні коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика**

Розглянемо вплив жорсткості кріплення укочуючого ролика в коромислі на динамічні характеристики механізму намотування.

Динамічна модель намотувального механізму з пружним кріпленням укочуючого ролика зображена на рисунку 2.11.



Відповідно до (2.54) значення  $p$ , при яких визначник дорівнює нулю, будуть значеннями власних частот коливання механічної системи.

Вихідні дані:  $L_r = 0.25$  м;  $R_{no} = 0.039$  м;  $H_o = 99.6 \cdot 10^{-3}$  м;  $\alpha = 3.5^\circ$ ;  $\beta = 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$ ;  $D_r = 0.024$  м;  $L_p = 0.151$  м;  $X_b = 0.122$  м;  $Y_b = 0.123$  м;  $R_{no} = 0.039$  м;  $m_p = 0.225$  кг (Відповідно до [6, 28]:);  $C_l = 0.85 \cdot 10^5$  Н/(м·м);  $I = 0.032$  кг·м<sup>2</sup>;  $C_p = 1 \cdot 10^4$  Н/м (значення знайдені в процесі експериментальних досліджень).

В результаті розрахунків отримано залежність власної частоти коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика від товщини тіла намотування (рисунок 3.18, а) та залежність коефіцієнта динамічності від товщини тіла намотування (рисунок 3.18, б).

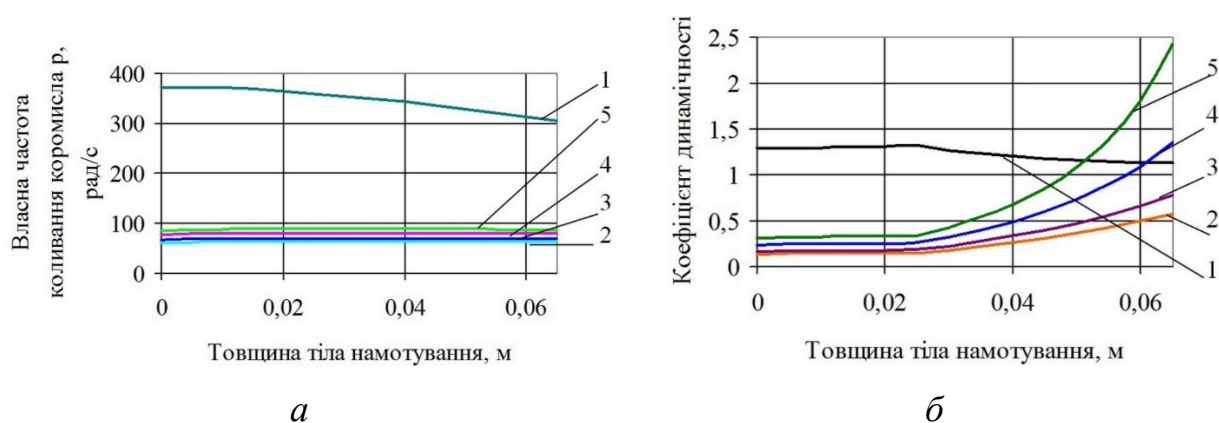


Рисунок 3.18 – Діаграми значень динамічні характеристики намотувальних механізмів: *а* – власних частот коливання коромисла; *б* – коефіцієнтів динамічності; 1 – при жорсткому кріпленні осі укочуючого ролика в коромислі (М5 та базової конструкції); 2 – при жорсткості пружного елемента  $C_{p1} = 5 \cdot 10^3$  Н·м<sup>-1</sup>; 3 – при жорсткості пружного елемента  $C_{p2} = 6 \cdot 10^3$  Н·м<sup>-1</sup>; 4 – при жорсткості пружного елемента  $C_{p3} = 8 \cdot 10^3$  Н·м<sup>-1</sup>; 5 – при жорсткості пружного елемента  $C_{p4} = 1 \cdot 10^4$  Н·м<sup>-1</sup>

### 3.8 Вимушені коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика

Динамічна модель намотувального механізму з пружним кріпленням укочуючого ролика зображена на рисунку 2.11.

Для пружного кріплення коливання підвісу знайдемо в графічному вигляді. На рисунку 3.19 наведені значення динамічної складової сили притискування укочуючого ролика до бобінотримача для різних періодів напрацювання пакування (додаток В).

З рисунка 3.19 видно, що значна ефективність використання пружного кріплення ролика особливо спостерігається на заключному етапі напрацювання пакування.

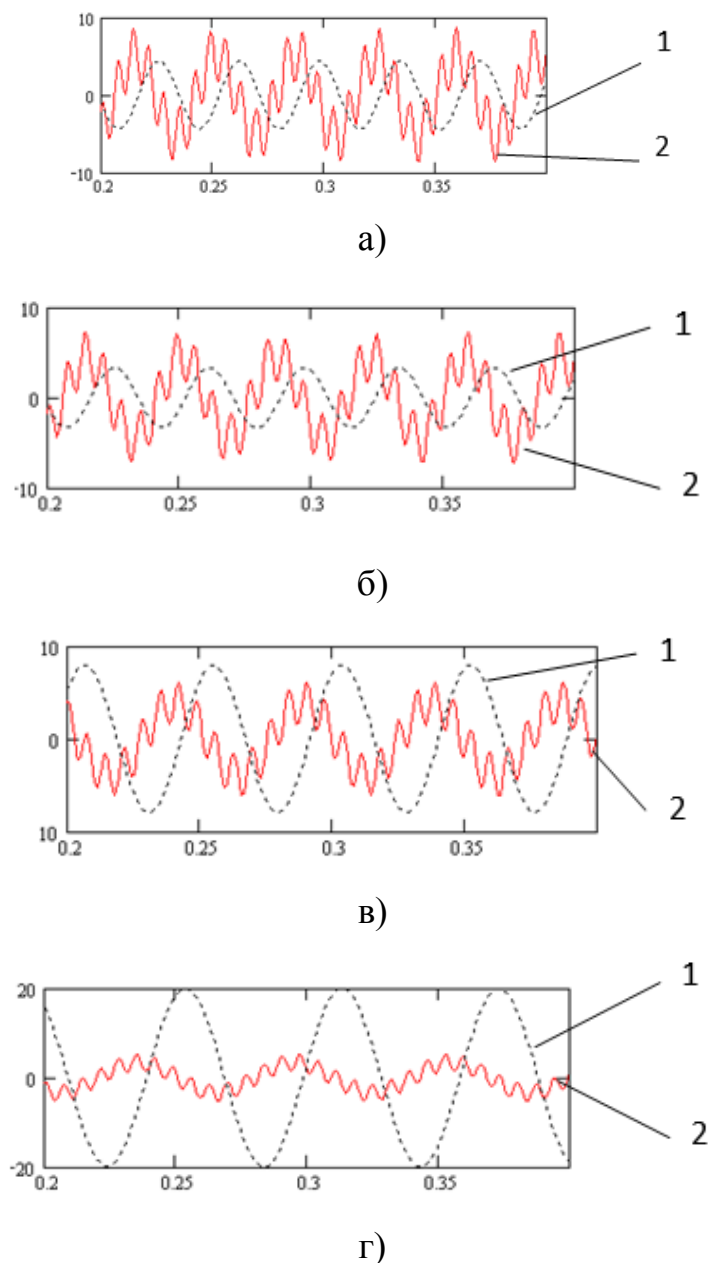


Рисунок 3.19 – Значення часових характеристик динамічної складової сили притискування в залежності від маси напрацювання пакування: а – початок напрацювання пакування; б – маса пакування 1 кг; в – маса пакування 2 кг; г – маса пакування 3 кг. 1 – жорстке кріплення укочуючого ролика; 2 – пружне кріплення ролика

Для оцінки впливу пружного кріплення на величину динамічної складової сили притискування знайдемо середньоквадратичні значення сили притискування.

Залежність середньоквадратичного значення динамічної складової сили притискування при пружному кріпленні ролика та жорсткому приведена на рисунку 3.20.

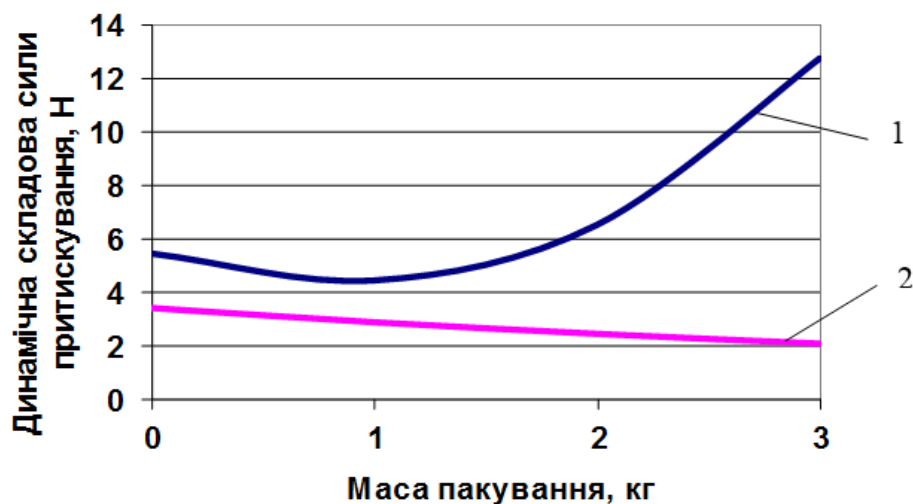


Рисунок 3.20 – Діаграми значень залежності динамічної сили притискування від маси пакування при різних видах кріплення ролика:

1 – жорстке кріплення ролика; 2 – пружне кріплення ролика

З діаграми рис. 3.20 видно, що значна ефективність використання пружного кріплення ролика особливо на заключному етапі напруження пакування. Оптимальним значенням жорсткості кріплення пружного ролика  $C_p = 2 \cdot 10^6$  Н/м. Значення частот коливання ролика  $\omega_1 = 105 \text{ с}^{-1}$ ;  $\omega_2 = 3261 \text{ с}^{-1}$ .

Таким чином діапазоном швидкостей намотування при вибраних параметрах при середньому радіусі намотування  $R=0.031\text{м}$  ( для машини БП-340):

Мінімальна  $\omega_{\text{п}} = 105 \cdot 1.4 = 147 \text{ с}^{-1}$ ;  $V = 147 \cdot 0,031 = 4,55 \text{ м/с}$ ;

Максимальна  $\omega_{\text{к}} = 639 \cdot 0.7 = 447 \text{ с}^{-1}$ ;  $V = 447 \cdot 0,031 = 14,87 \text{ м/с}$ .

Робоча швидкість базової машини не більше 10 м/с [29].

### 3.9 Аналіз проковзування 3-х ланкової конструкції укочуючого ролика по пакуванню конічної форми

Повне усунення геометричного проковзування можливо досягти за умови  $\alpha_1=0$ . В такому випадку отримуємо циліндричне пакування. Конічне пакування призначене для стійкого положення намотаної нитки на бобіні при транспортуванні та полегшення зняття нитки з бобіни при подальшій текстильній переробці.

Часткового зменшення проковзування можна досягти розподіленням навантаження на декілька укочуючи роликів.

Розглянемо граничний випадок при  $F_t = F_n \cdot f$  та випадок із використанням замість одного цілого укочуючого ролика сегментний укочуючий ролик розділений на рівні частини (рисунок 3.21).

Геометричне проковзування сегментного укочуючого ролика буде дорівнювати сумі геометричних проковзувань кожного сегмента з якого складається укочуючий ролик.

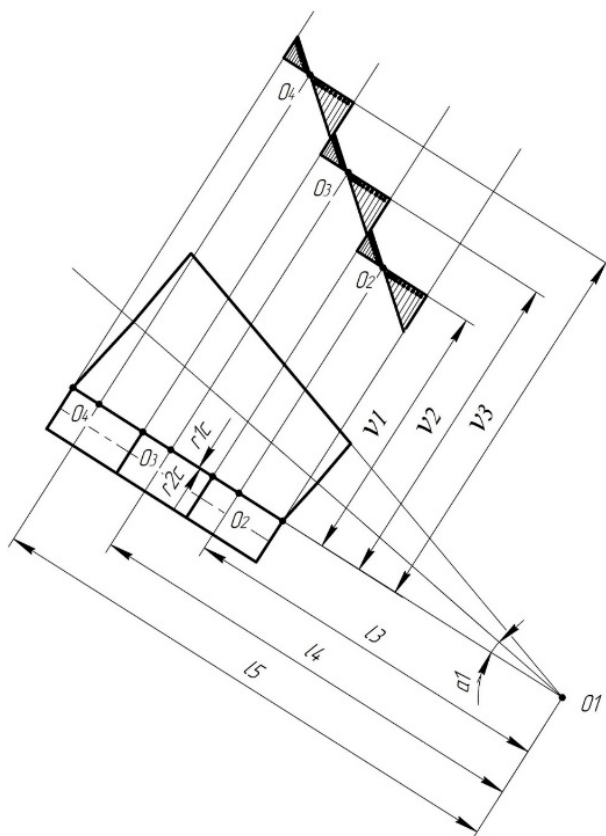


Рисунок 3.21 – Епюра розподілення швидкостей проковзування по довж лінії контакту для сегментного укочуючого ролика

Сумарне проковзування сегментного ролика згідно з (2.72) матиме такий вигляд:

$$\varepsilon_x = -\sum_{i=1}^n \frac{x_i - m_i}{l_i - m_i} \quad (3.8)$$

де:

$l_3, l_4, l_5$  – твірні пакування до точки кочення кожного із сегментів;

$x_1, x_2, x_3$  – координати довільних точок для розрахунку проковзування;

$m_1, m_2, m_3$  – координати полюсів кочення кожного сегмента.

Прийнявши рівні довжини сегментів перейдемо до загальної системи координат із центром у точці  $O_3$  рисунок 4.5 рівною  $O$  рисунок 2.13:

$$\varepsilon_x = -\frac{x_1 - m_1}{l_3 - m_1} - \frac{x_2 - m_2}{l_4 - m_2} - \frac{x_3 - m_3}{l_5 - m_3}.$$

$$l_4 = l_1, \quad l_3 = l_1 - \frac{b}{3}, \quad l_5 = l_1 + \frac{b}{3}, \quad x_2 = x_z, \quad x_1 = x_2, \quad x_3 = x_2, \quad m_1 = m_2 = m_3 = \frac{m}{3}.$$

Тоді (3.8) з урахуванням приведених координат у граничному випадку  $m=b/2$  та  $x_z=-b/6$  набуває вигляду:

$$\sum \varepsilon = \frac{\frac{b}{3}}{l_1 - \frac{b}{2}} + \frac{\frac{b}{3}}{l_1 - \frac{b}{6}} + \frac{\frac{b}{3}}{l_1 + \frac{b}{6}}. \quad (3.9)$$

Аналогічно, для граничного випадку  $m=b/2$  та  $x=-b/2$  (2.73) матиме вигляд:

$$\varepsilon = \frac{b}{l_1 - \frac{b}{2}}. \quad (3.10)$$

На рисунку 3.22 представлено графік зміни сумарного геометричного проковзування  $\varepsilon$  (3.8) в залежності від кількості роликів  $n$  ( $b=1$  та  $l_1=5$ ).

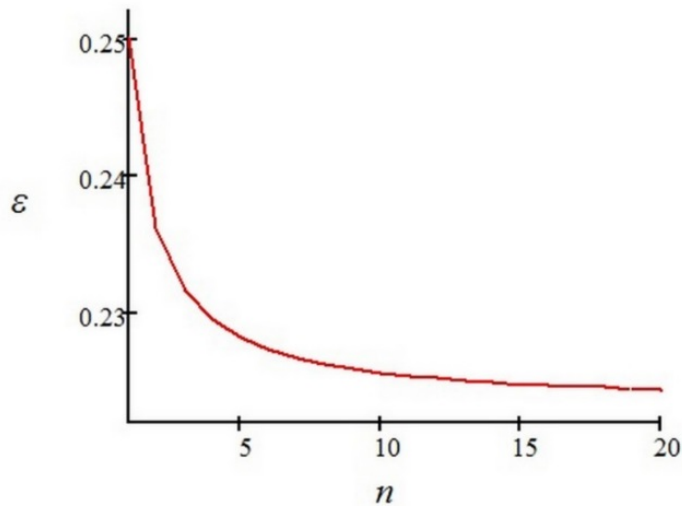


Рисунок 3.22 – Графік залежності геометричного проковзування в залежності від кількості роликів

Порівнюючи (3.8) та (3.9) при усіх рівних умовах та при  $l > b$ :

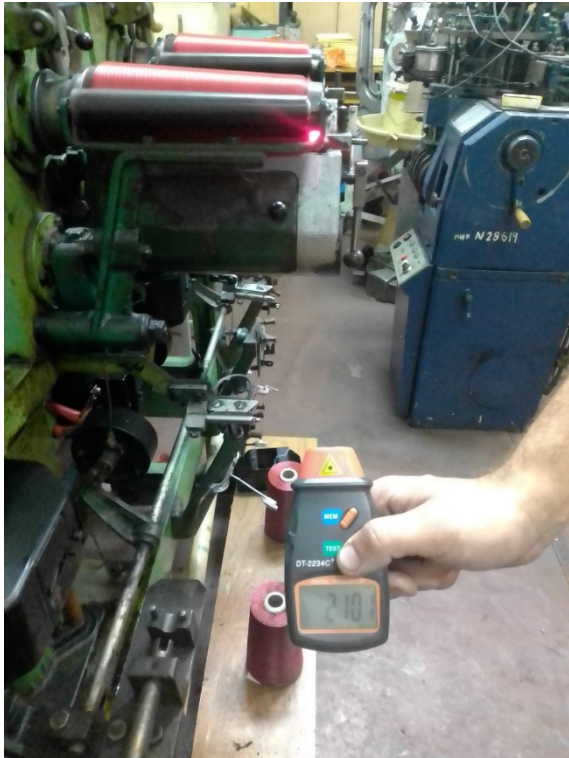
$$\frac{\varepsilon}{\sum \varepsilon} > 1.$$

Аналіз результатів розрахунків показують зменшення проковзування і витрат енергії на тертя у випадку використання вдосконаленої конструкції укочуючого ролика із трьох сегментів. Отримані результати аналізу дозволяють визначити оптимальні характеристики механізмів намотування. Результати можуть бути використані при проектуванні нових механізмів намотування та модернізації діючого обладнання.

### **3.9.1. Дослідження проковзування 3-х ланкової конструкції укочуючого ролика по пакуванню конічної форми**

Усі подальші вимірювання та розрахунки проводилися при частоті обертання намотувального механізму 2100 об/хв. В таблиці 3.14 наведені середні значення вимірів частот обертання укочуючого ролика стандартної конструкції в залежності від товщини тіла пакування. Дослідження проводилися на установці зображеній на рисунку 3.6. На рисунку 3.23 наведено

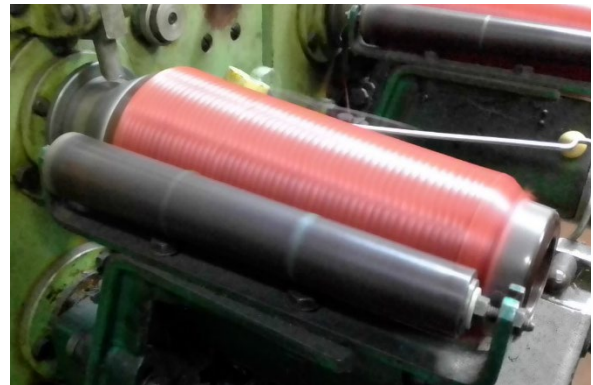
спосіб вимірювання частот обертання укочуючого ролика під час проведення експерименту. На рисунку 3.24 зображено сегментні укочуючі ролики для проведення експерименту.



а



б



в

Рисунок 3.23 – Спосіб вимірювання частот обертання роликів та конструкція намотувального механізму:

а – суцільний укочуючий ролик; б – 2-х ланковий укочуючий ролик;  
в – 3-х ланковий укочуючий ролик.



с

Рисунок 3.24 – Конструкції сегментних укочуючих роликів

Таблиця 3.14. Результати вимірювання частот обертання укочуючого ролика стандартної конструкції машини Полікон

Товщина пакування, мм	Частота обертання, об/хв
t=0 мм	5697
t=10 мм	7799
t=20 мм	9896
t=40 мм	14116

Розрахункова частота обертання укочуючого ролика на початку процесу намотування при розміщенні центра кочення по середині укочуючого ролика становить 5880 об/хв.

Лінійна швидкість стандартного укочуючого ролика на початку процесу намотування 5,966 м/с ( $V_{111}$ ) (Додаток Г).

Лінійні швидкості на торцях пакування під час початку процесу намотування:

- зі сторони меншого діаметра конуса 5.167 м/с ( $V_{p1}$ );
- зі сторони більшого діаметра конуса 7.147 м/с ( $V_{p2}$ ).

Визначимо сумарну різницю швидкостей проковзування на торцях пакування:

$$\Delta_i = |V_{p1} - V_{1ii}| + |V_{p1} - V_{1ii}|, \quad (3.11)$$

де:

$i$  – кількість укочуючих роликів;

$ii$  – номер укочуючого ролика.

$$\Delta_1 = |5,167 - 5,966| + |7,147 - 5,966| = 1,98 \text{ м/с.}$$

Зі сторони меншого діаметра конуса ролик випереджає пакування, зі сторони більшого навпаки, відстає від пакування. Таким чином відбувається



підвищене тертя на торцях пакування. Також виміри показують зміщення центру кочення у сторону конуса механізму намотування.

В таблиці 3.15 наведені середні значення вимірів частот обертання укочуючого ролика 2-х ланкової конструкції в залежності від товщини тіла пакування. Нумерація роликів відраховується від меншого діаметра конуса.

Таблиця 3.15. Результати вимірювання частот обертання 2-х ланкового укочуючого ролика машини Полікон

Товщина пакування, мм	Частота обертання, об/хв	
	1-й сегмент	2-й сегмент
t=0 мм	5407	6276
t=10 мм	7428	8373
t=20 мм	9524	10469
t=40 мм	14017	14487

Розрахункова частота обертання першого і другого укочуючих роликів на початку процесу намотування при розміщенні центра кочення по середині укочуючого ролика становить, відповідно, 5407 об/хв та 6352 об/хв.

Лінійні швидкості 2-х ланкового укочуючого ролика на початку процесу намотування 5.583 м/с ( $V_{121}$ ) та 6.573 м/с ( $V_{122}$ ).

Лінійні швидкості на торцях пакування під час початку процесу намотування:

- зі сторони меншого діаметра конуса 5.167 м/с ( $V_{p1}$ );
- зі сторони більшого діаметра конуса 7.147 м/с ( $V_{p2}$ ).

Визначимо сумарну різницю швидкостей проковзування на торцях пакування:

$$\Delta_2 = | 5,167 - 5,583 | + | 7,147 - 6,573 | = 0,99 \text{ м/с.}$$

Порівнюючи результати розрахунку різниці швидкостей на торцях укочуючого ролика можна зробити висновок, що при 2-х ланковому

укочуючому ролику зменшується проковзування укочуючого ролика по пакуванню, що у свою чергу зменшує втрати енергії на тертя під час проковзування.

В таблиці 3.16 наведені середні значення вимірів частот обертання укочуючого ролика 3-х ланкової конструкції в залежності від товщини тіла пакування. Нумерація роликів відрховується від меншого діаметра конуса.

Таблиця 3.16. Результати вимірювання частот обертання 3-х ланкового укочуючого ролика машини Полікон

Товщина пакування, мм	Частота обертання, об/хв		
	1-й сегмент	2-й сегмент	3-й сегмент
t=0 мм	5212	5842	6472
t=10 мм	7321	7938	8555
t=20 мм	9442	10034	10626
t=40 мм	13880	14227	14642

Розрахункова частота обертання першого, другого і третього укочуючих роликів на початку процесу намотування при розміщенні цента кочення по середині укочуючого ролика становить, відповідно, 5250 об/хв, 5880 об/хв та 6510 об/хв.

Лінійні швидкості 3-х ланкового укочуючого ролика на початку процесу намотування 5.458 м/с ( $V_{B1}$ ) та 6.777 м/с ( $V_{B3}$ ).

Лінійні швидкості на торцях пакування під час початку процесу намотування:

- зі сторони меншого діаметра конуса 5.167 м/с ( $V_{p1}$ );
- зі сторони більшого діаметра конуса 7.147 м/с ( $V_{p2}$ ).

Визначимо сумарну різницю швидкостей проковзування на торцях пакування:

$$\Delta_3 = | 5,167 - 5,458 | + | 7,147 - 6,777 | = 0,661 \text{ м/с.}$$

Порівнюючи результати розрахунку різниці швидкостей на торцях укочуючого ролика можна зробити висновок, що при 3-х ланковому укочуючому ролику найбільше, із досліджених зразків, зменшується проковзування укочуючого ролика по пакуванню, що у свою чергу зменшує втрати енергії на тертя під час проковзування. Експериментальні дослідження підтверджують теорію висунуту у пункті 3.9. Середнє квадратичне значення та відхилення розраховувалися по [86],[87].

Аналіз результатів вимірів показують зменшення різниці швидкостей між торцем пакування і укочуючим роликом у випадку використання вдосконаленої конструкції укочуючого ролика із декількох сегментів. Отримані результати допомагають у визначенні оптимальних характеристик механізмів намотування. Результати дослідження можуть бути використані при конструюванні нових вдосконалених механізмів намотування та модернізації діючого обладнання.

### **Висновки до розділу 3.**

Підсумовуючи результати досліджень, проведених в даному розділі можна зробити висновок, що:

Визначено динамічні характеристики укочуючого ролика з підвісом. Визначено максимальну швидкість намотування нитки механізмом при стандартній конструкції кріплення укочуючого ролика.

Аналіз отриманих результатів показав можливість збільшення робочої швидкості обладнання машини БП-340 на 39%.

Визначено вплив похибки розміщення нитконосія на вагу напрацьованого пакування, що становить майже 100 грам. При використанні пакувань на трикотажних машинах це призводить до значної кількості відходів. Для отримання рівноважних пакувань пропонується:

- встановити контроль по розрахунковому часу напрацювання пакування;
- встановлення датчика контролю довжини намотаної нитки;

- встановлення упорів для запобігання неточного встановлення бобіни на бобінотримач.

Аналітично визначено залежності проковзування укочуючого ролика по поверхні конічного пакування. Результати розрахунків показують зменшення проковзування і витрат енергії на тертя у випадку використання вдосконаленої конструкції укочуючого ролика із трьох сегментів.

Основні результати даного розділу опубліковані в роботах [39,90,91].

В результаті проведених досліджень в даному розділі було виконано:

- Розроблено нові структури пристроїв укочуючого ролика для намотувальних механізмів, які мають суттєві переваги порівняно з базовою конструкцією.

- Розроблена математична модель динаміки процесу намотування з урахуванням впливу зовнішніх сил, що діють на укочуючий ролик.

- Проведений аналіз запропонованих пристроїв укочуючого ролика показав, що вони дозволяють зменшити вібрації механізму та забезпечити кращий контакт укочуючого ролика з пакуванням порівняно з базовим пристроєм.

- Розроблені пристрої в результаті зменшення власних частот коливань коромисла на 70÷85 % дозволяють зменшити динамічне навантаження від коромисла з укочуючим роликом на механізм намотування.

- Визначено динамічні характеристики укочуючого ролика з підвісом, швидкість намотування нитки механізмом, власні коливання підвісу при лінійній характеристиці пружності тіла намотування, власні коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика.

- Показана ефективність використання пружного кріплення ролика особливо на заключному етапі напруження пакування. Найбільш сприятлива жорсткість елементів кріплення укочуючого ролика  $C_{p1}=5 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1}$ .

- Зменшення проковзування і витрат енергії на тертя у випадку використання вдосконаленої конструкції укочуючого ролика із трьох сегментів. Отримані результати аналізу дозволяють визначити оптимальні характеристики механізмів намотування.

## РОЗДІЛ 4

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАМОТУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

З метою перевірки отриманих результатів та доцільності використання систем автоматизованого аналізу та проєктування проведено комп'ютерне імітаційне моделювання процесу намотування механізмів укочуючого ролика різних типів. Тому, в цьому розділі проведено моделювання, на прикладі намотувального механізму перемотувальної машини типу Полікон, а саме взаємодію напрацьовуваного пакування та укочуючого ролика різних конструкцій, наведених у розділі 3, що дає можливість зіставити значення аналітичного розрахунку, експериментального та комп'ютерного моделювання в системі автоматизованого проєктування SolidWorks. Комп'ютерне моделювання процесу перемотування дозволяє вивчити вплив нових конструкцій пристрою укочуючого ролика механізму намотування. Комп'ютерна система SolidWorks базуються на передових технологіях спеціалізованих програмних модулів, що дозволяють виконувати розрахунки та моделювання взаємодії як окремих деталей, так і цілісних механічних систем з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалів деталей [97], що в результаті дозволило отримати досить достовірні параметри задачі механізму намотування.

Спосіб комп'ютерного моделювання намотувального механізму принципово залежить від завдання. В процесі намотування відбувається зміна товщини пакування і відповідно від цього залежить швидкість обертання укочуючого ролика, а також умови взаємодії його з пакуванням, крім цього типу ролика. З метою наближення геометричної моделі до реального механізму, а також фізичного контакту необхідно прийняти деякі припущення:

1. Маса, геометричні розміри укочуючого ролика комп'ютерної моделі повинна відповідати реальним значенням укочуючого ролика (сегментів);
2. Опором, який виникає за рахунок тертя в підшипниках коченнях, та інерційних характеристик укочуючого ролика в початковий момент пуску

знехтуємо. Оскільки при встановленні швидкості вплив його на результат моделювання буде не значним;

3. Геометрична модель пакування є двотільна, у якій кожному елементу призначено свій матеріал: бобіна – СТЕВ, пакування – враховано густину тіла намотування. Товщина тіла намотування врахована дискретно з інтервалом в 10 мм та побудована у вигляді конфігурацій моделей. Укочуючий ролик є складальною одиницею, що містить вісь та укочуючий ролик, або декілька роликів (сегментів) в залежності від конструкції механізму, при цьому для спрощення конструкції маса підшипників була врахована матеріалом та параметром внутрішнього отвору ролика. Таким чином, маса укочуючого дорівнювала масі укочуючих роликів, які були застосовані в ході експерименту.

4. Зусилля притискання укочуючого ролика до пакування (бобіни) залежить від товщини тіла намотування (змінює значення приблизно до 10%), тому з метою наближення комп'ютерної моделі до фізичного (реального) механізму та спрощення розрахунків прийнято  $\text{const}=12$  Н, а його значенню відповідає середнє значення для машини «Полікон»;

5. Контакт укочуючого ролика з пакуванням прийнято по всій довжині твірної конуса пакування (бобіни), коефіцієнти тертя між тілами відповідають прийнятим матеріалам, та жорсткість при контакті тіла пакування з укочуючим роликом відповідає експериментальним значенням отриманих в ході експерименту 3 розділу. Всі параметри встановлені за допомогою налаштування опції «3D контакт» розрахункової системи SolidWorks Motion.

Прийняті припущення враховують реальні фізичні властивості матеріалів намотувального механізму під час намотування пакування, і сили взаємодії пакування з укочуючим роликом, величина якої залежить від поточних параметрів системи, а також фізичні властивості деталей.

#### **4.1. Створення геометричної моделі намотувального механізму**

##### **4.1.1. Створення комп'ютерної моделі пакування**

Для визначення частот обертання та деформованого стану пари

укочуючий ролик-пакування, відповідно до креслень, розроблені об'ємні кінцево-елементні моделі укочуючого ролика і намотувального механізму, обрані в якості граничних умов параметри пружності та тертя для розробленої моделі.

З урахування прийнятих припущень та характеристик комп'ютерної моделі було побудовано моделі пакування (рисунок 4.1.) у вигляді конфігурацій, що відображають миттєве значенням товщини тіла намотування ( $t=0, 10, 20, 30, 40$  мм). Цим значенням відповідає дискретне значення товщини тіла пакування при експериментальних та аналітичних досліджень передніх розділів.

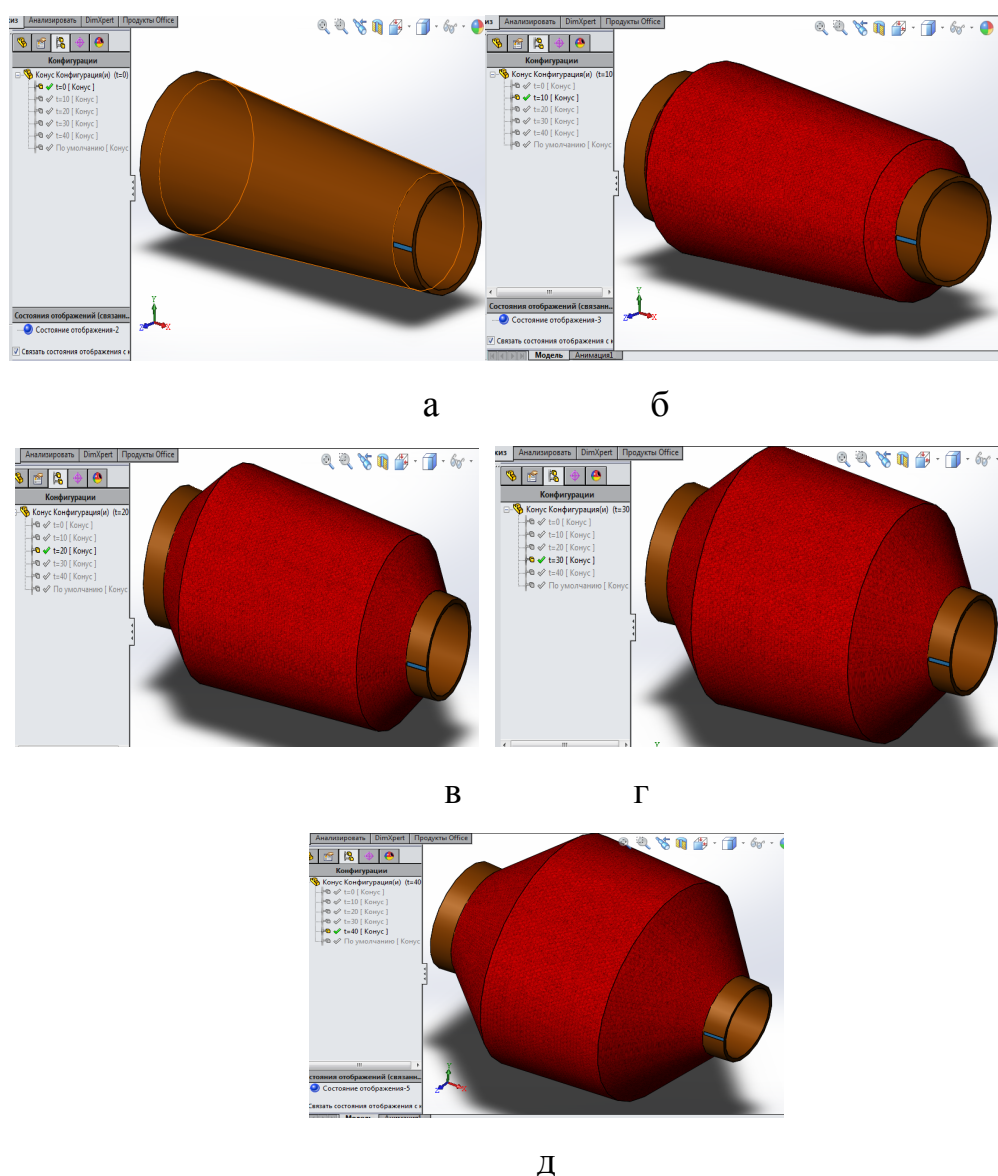
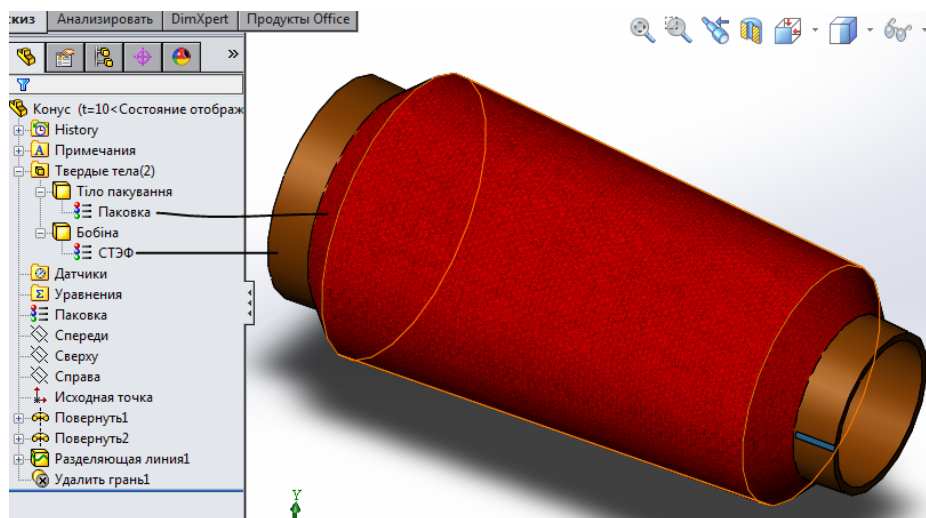


Рисунок 4.1 – Конфігурації твердотільної комп'ютерної моделі пакування в залежності від тіла пакування: а –  $t=0$  мм (бобіна без тіла намотування); б –  $t=10$  мм; в –  $t=20$  мм; г –  $t=30$  мм; д –  $t=40$  мм;

Крім цього для елементів двотільної моделі пакування призначено кожному твердому тілу моделі відповідний матеріал (рисунок 4.2., а) з характеристиками, які застосовані при моделюванні (рисунок 4.2., б, в).



а

Категория: Лавсан  
 Имя: Паковка  
 Описание: -  
 Источник:  
 Sustainability: Не определено

Свойство	Значение	Единицы измерения
Модуль упругости		Н/м <sup>2</sup>
Кoeffициент Пуассона		Не применимо
Модуль сдвига		Н/м <sup>2</sup>
Массовая плотность	650	кг/м <sup>3</sup>
Предел прочности при растяжении		Н/м <sup>2</sup>
Предел прочности при сжатии		Н/м <sup>2</sup>
Предел текучести		Н/м <sup>2</sup>
Кoeffициент теплового расширения		/К
Теплопроводность		Вт/(м·К)
Удельная теплоемкость		Д/(кг·К)

б

Категория: Текстолит  
 Имя: СТЭФ  
 Описание: -  
 Источник:  
 Sustainability: Не определено

Свойство	Значение	Единицы измерения
Модуль упругости	2.2e+010	Н/м <sup>2</sup>
Кoeffициент Пуассона	0.394	Не применимо
Модуль сдвига		Н/м <sup>2</sup>
Массовая плотность	1800	кг/м <sup>3</sup>
Предел прочности при растяжении		Н/м <sup>2</sup>
Предел прочности при сжатии		Н/м <sup>2</sup>
Предел текучести		Н/м <sup>2</sup>
Кoeffициент теплового расширения		/К
Теплопроводность		Вт/(м·К)
Удельная теплоемкость		Д/(кг·К)

в

Рисунок 4.2 – Характеристика комп'ютерної моделі пакування : а – тип матеріалів двохтільної моделі пакування; б – характеристика матеріалу тіла пакування; в – характеристика матеріалу бобіни.

Параметри жорсткості тіл, а також коефіцієнтів тіл встановлено умовами 3D контакту.

#### 4.1.2. Створення комп'ютерної моделі укочуючого ролика (сегментів)

Комп'ютерна твердотільна модель укочуючого ролика, повинна мати масу однакови з масами укочуючи роликів, які були застосовані при



експериментальному та аналітичному розрахунку, що наближає її до фізичного механізму.

Для отримання необхідної маси комп'ютерних моделей деталей укочуючого ролика (сегментів) було застосовано додаток SolidWorks «Дослідження проектування», в якому параметри ролика були оптимізовані за критерієм маси. Враховуючи що реальний ролик оснащений підшипниками кочення, і маса деяких комп'ютерних моделей не могла бути досягнута за рахунок одного типу матеріалу для сегментів укочуючи роликів був прийнятий різний матеріал (оскільки при кінематичному аналізі в розрахунок береться до уваги тільки маса укочуючого ролика). Тому в якості параметрів оптимізації вибрано діаметр порожнини укочуючого ролика (сегмента) та тип матеріалу рисунок 4.3.

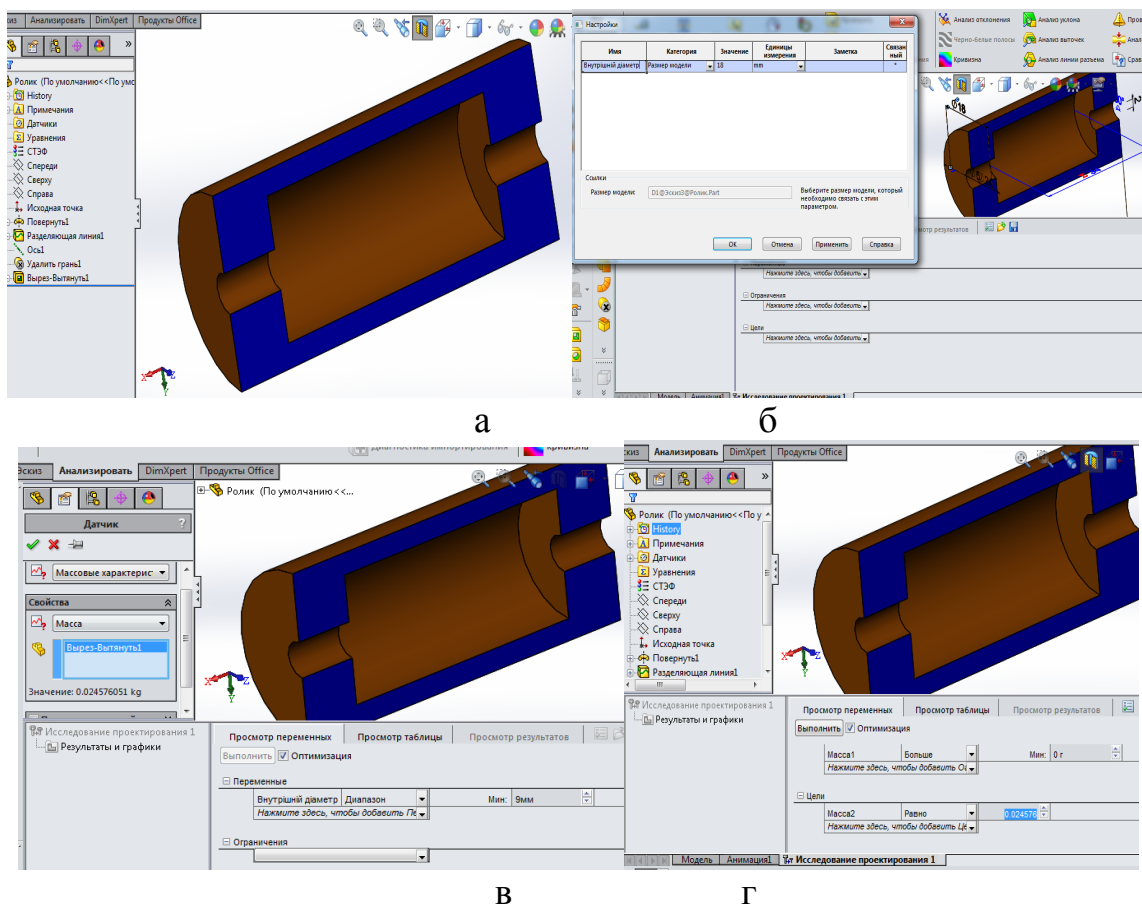


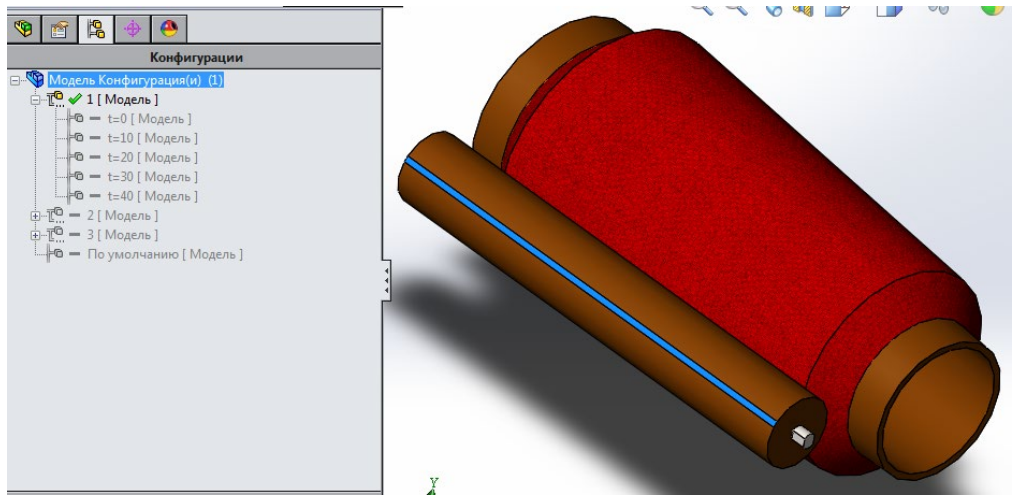
Рисунок 4.3 – Оптимізація укочуючого ролика за критерієм маси: а – геометрична твердотільна модель; б – геометричний параметри отвору, за якими здійснюється оптимізація; в – призначення критерію оптимізації, діапазону значень внутрішнього діаметру та кроку обрахунку; г – призначення параметру досягнення мети.

В процесі оптимізації за масою відбувався перебором значень параметрів отвору в різних діапазонах з кроком розрахунку від 0,1 мм (для кожного варіанту укочуючого ролика залежав від прийнятого типу матеріалу) допуск відхилення маси становив  $\pm 0,5$  гр (прийнято в межах допуску ваг, які були застосовані при зважуванні реальних укочуючих роликів). Отримані геометричні параметри та тип матеріалу укочуючого ролика (сегментів), які забезпечують необхідну масу комп'ютерної моделі співставну з масою реального укочуючого ролика наведено в таблиці 4.1. (тип матеріалу призначався довільним).

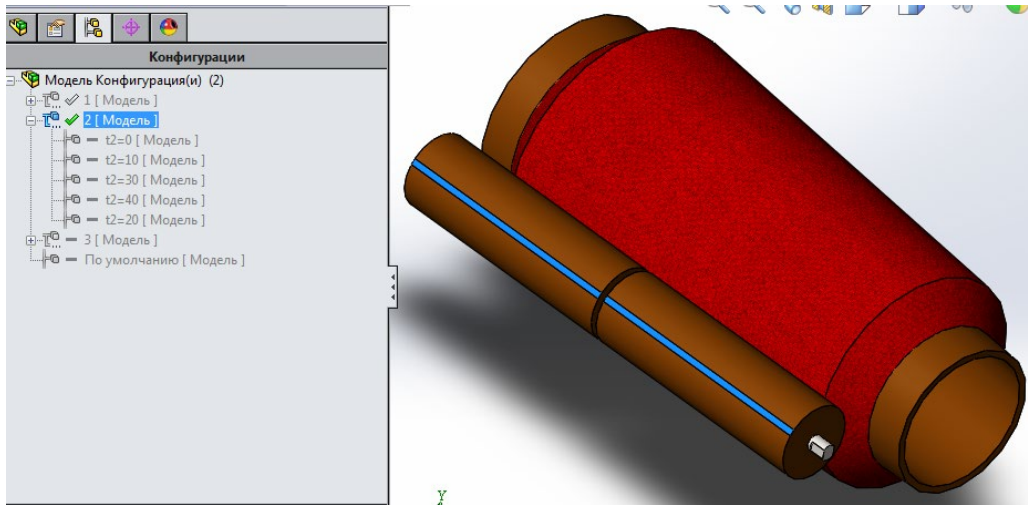
Таблиця 4.1. Параметри комп'ютерної моделі укочуючого ролика

Кількість сегментів ролика	Маса укочуючого ролика в зборі, кг	D, м діаметр отвору ролика	Тип матеріалу	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Маса комп'ютерної моделі, кг
	Застосованих при експерименті	Параметри комп'ютерної моделі			
1	0,175	$8 \cdot 10^{-3}$	Сплав алюм.1060	2700	0,175
2	0,125	$18,4 \cdot 10^{-3}$	Цинк АС41А	6700	0,1245
3	0,108	$16,1 \cdot 10^{-3}$	Цинк АС41А	6700	0,1081

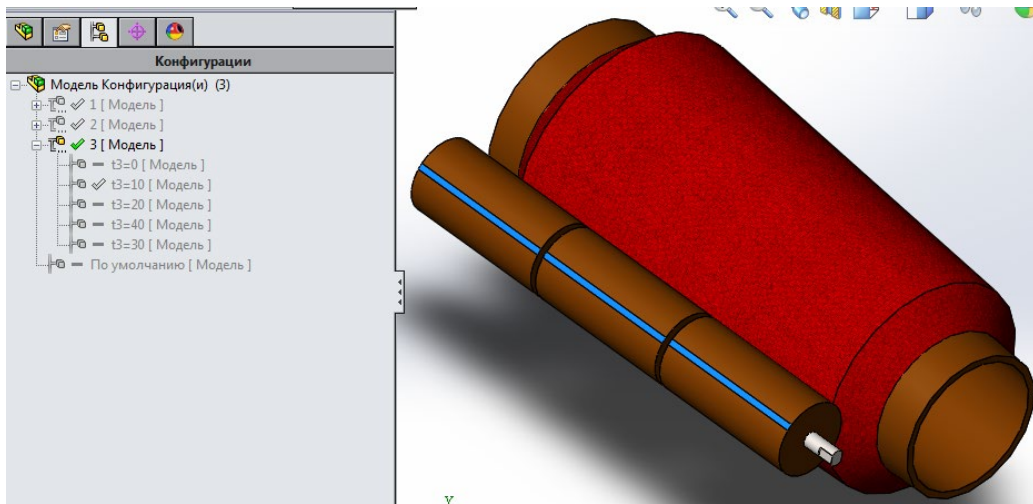
Для моделювання використовувалася 3D твердотільна комп'ютерна модель, в якій контакт укочуючого ролика відбувався по твірній конуса, це досягалося шляхом встановлення 3D контакту та положенням осей обертання в одній площині. Для спрощення всі деталі механізму, які не суттєво впливають на результати аналізу виключено (елементи кріплення, підшипники кочення, коромисло вплив цих елементів замінено силами та коефіцієнтами). Для проведення комп'ютерного імітаційного моделювання було створено 5 варіантів моделей намотувальних механізмів, для кожного з 3 варіантів укочуючого ролика (всього досліджувалося 15 моделей) (рисунок 4.4.), яким відповідає миттєве значення товщини тіла пакування ( $t=0; 10; 20; 30; 40$  мм).



а



б



в

Рисунок 4.4 – Твердотільна комп’ютерна модель механізму намотування:  
 а – з одним укочуючим роликом; б – з двома укочуючими роликами; в – з трьома укочуючими роликами.

## 4.2. Накладення обмежень та фізичних параметрів взаємодії деталей механізму

Для реалізації кінематичного аналізу були застосовані моделі (рисунок 4.4). Всі деталі намотувального механізму рухомі, тому в опорах застосовуються підшипникові опори, однак аналітичне моделювання динамічних процесів досить часозатратне, тому в цілях спрощення і оптимізації процесу моделювання підшипникові опори замінено на втулки з певним коефіцієнтом тертя та жорсткостей [98]. На рисунку 4.5. представлено комп'ютерну модель намотувального механізму з заданими властивостями матеріалів та накладеними обмеженнями на переміщення елементів для трьохланкового укочуючого ролика.

Частота обертання пакування (бобіни) прийнята постійною 2100 хв<sup>-1</sup>. (рисунок 4.5.).

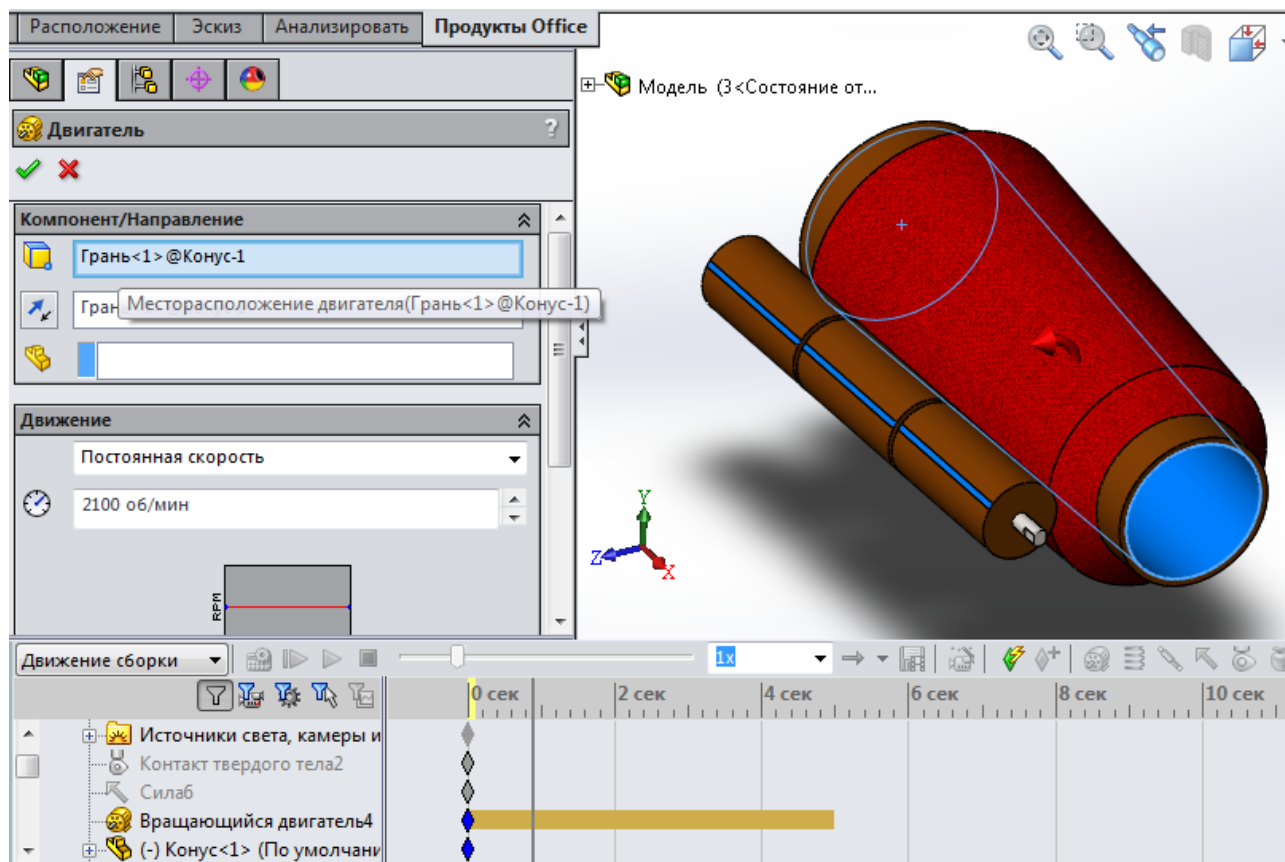


Рисунок 4.5 – Встановлення параметрів швидкості на напрямку обертання пакування

В результаті 3D контакту деталей механізму утворюється певна кількість кінематичних пар (рисунок 4.6.). Їх кількість на пряму залежить від кількості сегментів укочуючого ролика (1 ролик – 2; 2 ролика – 4 та 3 ролика – 6 кінематичних пар). Для кожної кінематичної пари задано властивості її властивості (рисунок 4.6. а, б). Властивості статичного або динамічного тертя, застосованого до розрахунку контакту, визначані властивостями матеріалу. Такі параметри були застосовані до бобіни та укочуючого ролика. Для коефіцієнту пружності між укочуючим роликом та пакуванням були прийняті значення отримані експериментальним шляхом. Обрані властивості матеріалу застосовуються до дотичних граней під час контакту. Це замінює властивості матеріалів, призначених для кожної з деталей прийнятих при моделюванні маси укочуючого ролика.

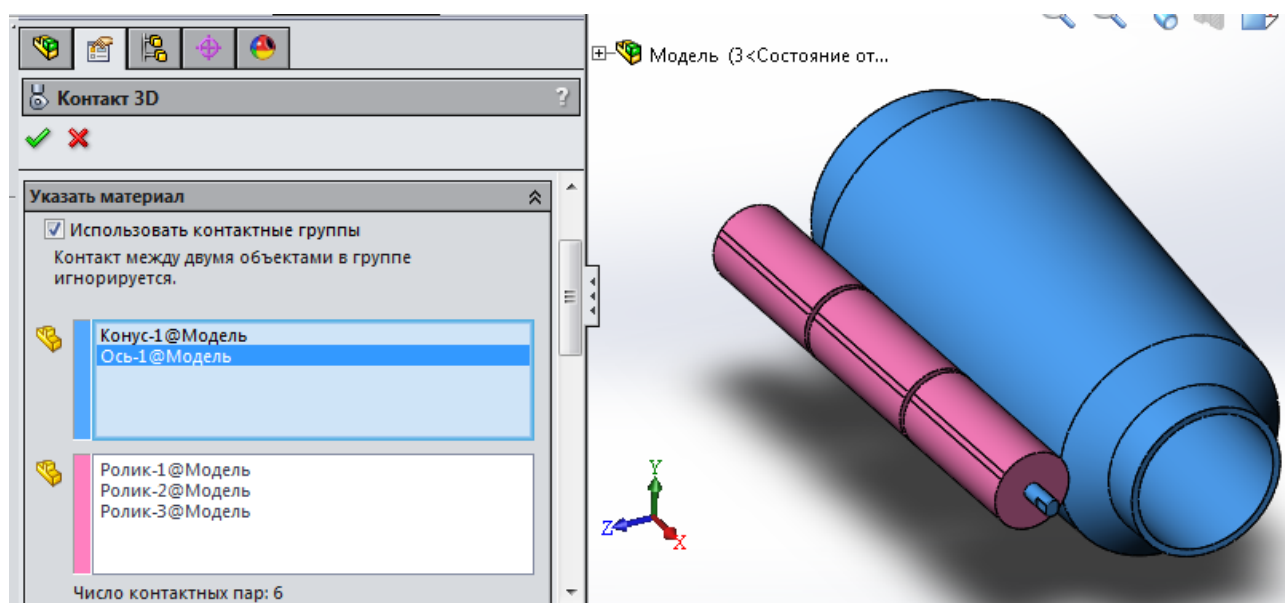
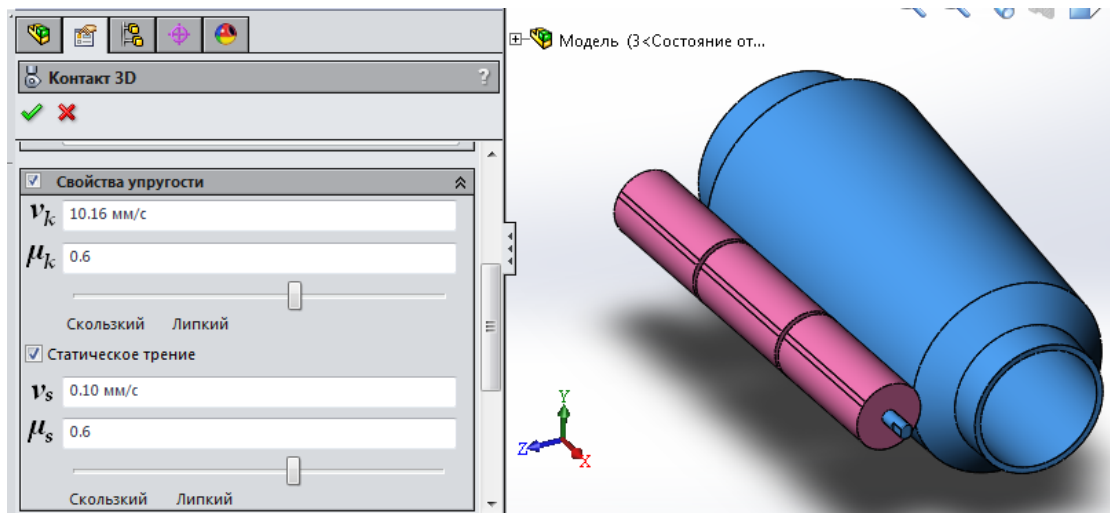
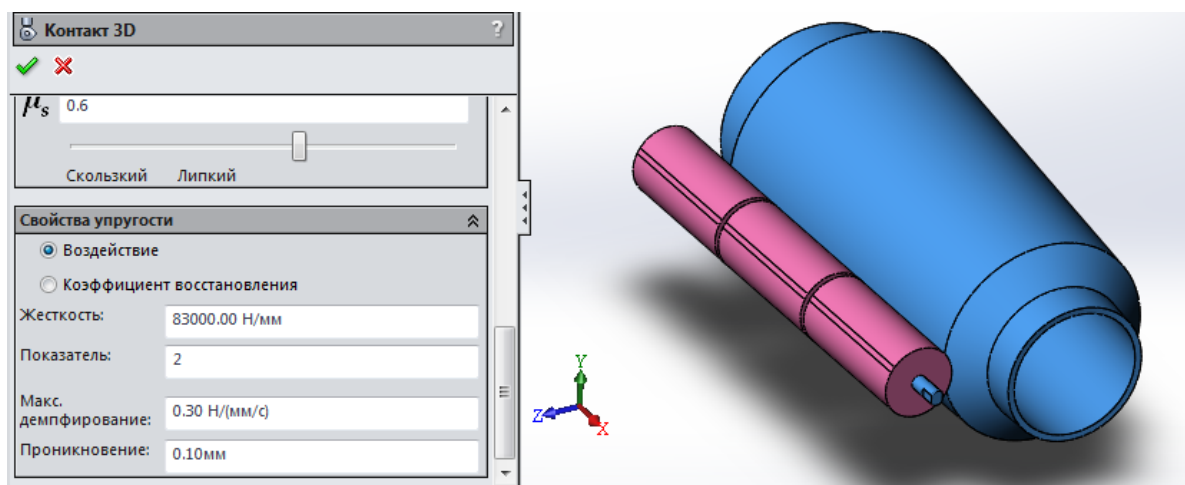


Рисунок 4.6 – Встановлення 3D контакту та призначення кінематичних пар

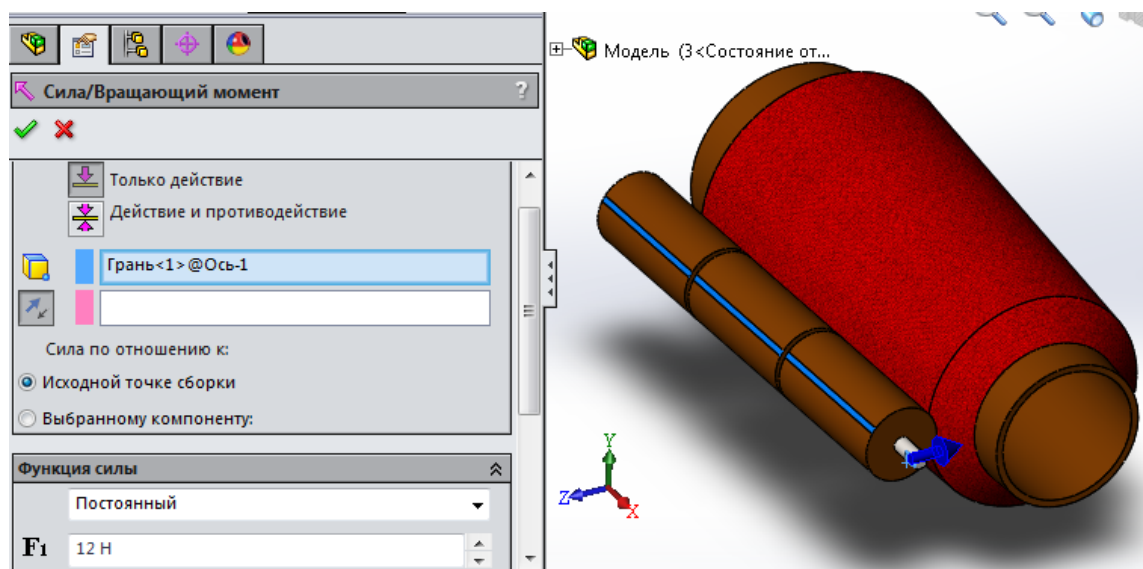
На рисунку 4.7. представлено комп'ютерну модель намотувального механізму з накладеними зовнішніми силами які діють на намотувальний механізм. Такими силами являються сила притискання укочуючого ролика до поверхні пакування та колова сила яка передається від пакування укочуючому ролику.



а



б



в

Рисунок 4.7 – Призначення характеристик кінематичних пар в механізмі та діючих сил на уключуючий ролик та пакування: а – коефіцієнтів терті поверхонь; б – властивості пружності; в – зусилля притискання.

### 4.3. Результати комп'ютерного моделювання

Результати вирішення задачі комп'ютерного моделювання дозволили визначити рівень і характер розподілу частот обертання укочуючого ролика, а також величину зміщення центра кочення циліндричного укочуючого ролика по кінцевому пакуванню, що в кінцевому підсумку, дозволяє оцінити вплив сили притискання укочуючого ролика на зміщення центра кочення. Результати розрахунку наведені в додатку Є.

На рисунках 4.8. представлено результати комп'ютерного моделювання укочуючого ролика (сегментів), а саме, діаграми значень частот обертання укочуючих роликів та коливання, які виникають через різницю лінійних швидкостей укочуючого ролика та торців пакування.

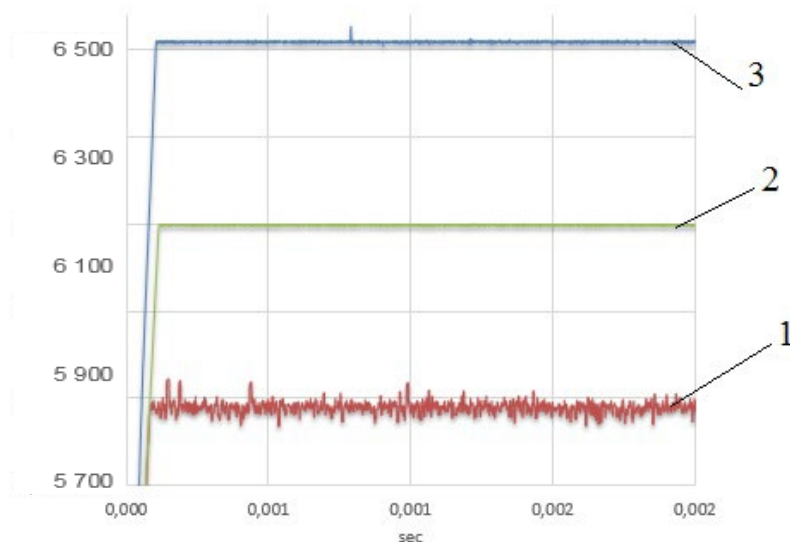


Рисунок 4.8 – Результати моделювання частот обертання укочуючого ролика з пакуванням на початку процесу намотування:

- 1 – суцільний укочуючий ролик; 2 – двокомпонентний укочуючий ролик;
- 3 – трьохкомпонентний укочуючий ролик

На рисунках 4.9, 4.10 наведено порівняння тих самих значень отриманих експериментально – 1, аналітично – 2, комп'ютерним моделюванням – 3.

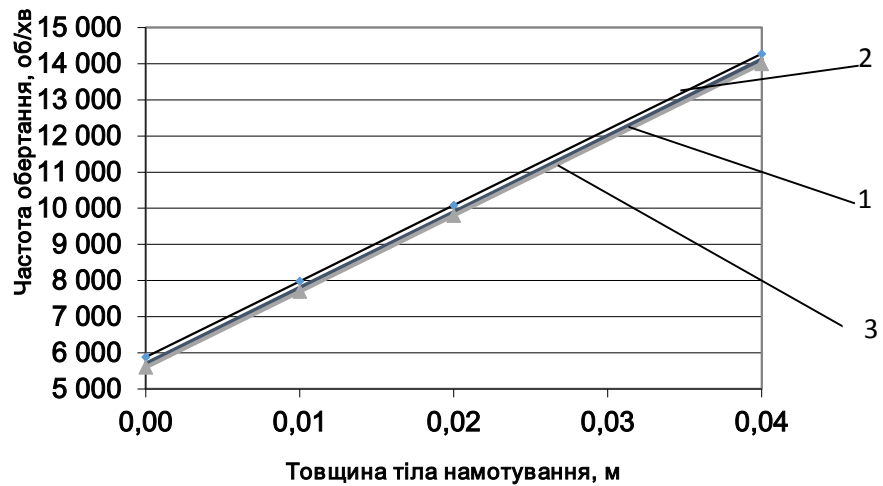


Рисунок 4.9. – Значення частот обертання суцільного укочуючого ролика для машини «Полікон» від товщини тіла намотування:

1 – експериментальні; 2 – аналітичні розрахукові; 3 – комп’ютерне моделювання.

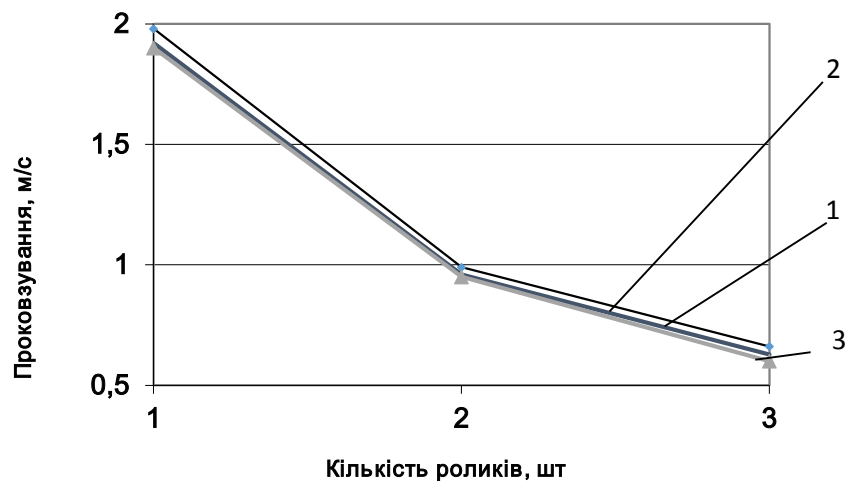


Рисунок 4.10 – Значення проковзування укочуючого ролика в залежності від кількості сегментів для машини «Полікон»:

1 – експериментальні; 2 – аналітичні; 3 – комп’ютерне моделюванням.

Проаналізувавши дані отримані під час комп’ютерного моделювання та порівнявши їх з експериментальними даними та даними отриманими під час аналітичного дослідження можна сказати, що результати співпадають та підтверджуються. Частоти обертання суцільного укочуючого ролика діаметром



20 мм отримані експериментальним та розрахунковим шляхом відповідно 5597 об/хв та 5880 об/хв. Моделювання у програмі показує частоту обертання суцільного укочуючого ролика при відповідності частот обертання пакування експериментальним дослідженням 5820 об/хв. Результати моделювання можуть застосовуватися як під час подальших досліджень намотувальних механізмів так і під час проектування та конструювання нового обладнання.

#### **Висновки до розділу 4.**

В даному розділі проведено комп'ютерне імітаційне моделювання намотувального механізму перемотувальної машини типу Полікон, а саме взаємодію напрацьовуваного пакування та укочуючого ролика різних конструкцій, наведених у розділі 3. Проведено геометричне моделювання номотувального механізму та укочуючого ролика, в середовищі SolidWorks та створено тривимірну модель. В розділі представлена комп'ютерна модель динаміки процесу намотування з урахуванням впливу зовнішніх сил, що діють на укочуючий ролик.

В результаті проведений аналіз проковзування базового та сегментного пристрою укочуючого ролика, який підтвердив результати математичного моделювання представлені у розділі 3.

Отримані результати аналізу дозволили визначити оптимальні характеристики механізмів намотування та можливість застосування систем автоматизованого проектування для моделювання механізмів перемотувальних машин.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання дисертаційної роботи «Структурний синтез намотувальних механізмів перемотувальних машин» були отримані важливі наукові та практичні результати:

1. В результаті аналітичного огляду літературних джерел, було встановлено що інформація про класифікацію перемотувальних машин, а також рекомендації їх конструювання відсутня, також відсутня цілісна методика розрахунку щодо вибору швидкостей механізму намотування з врахуванням впливу укочуючого ролика та пакування.

2. Для існуючих намотувальних механізмів перемотувальних машин була розроблена класифікація, що полегшує вибір структури та тип намотувального механізму при проектуванні.

3. Уточнено алгоритм розрахунку критичних швидкостей перемотувальних машин, врахований вплив жорсткості підшипникових опор на частоти коливань бобінотримача.

4. Проведений аналіз процесу намотування ниток дозволив уточнити зміну частот власних коливань обладнання в залежності від товщини пакування, що в свою чергу дало змогу визначити оптимальні робочі швидкості намотування. В результаті :

–Розроблений алгоритм для визначення критичних швидкостей бобіно-тримача з трьох конусним пакуванням з врахуванням укочуючого ролика;

–Проведено дослідження впливу параметрів бобінотримача на його критичні швидкості;

–Розроблено алгоритм для визначення динамічних характеристик підвіски бобінотримача з врахуванням типу укочуючого ролика;

–Проведено дослідження впливу параметрів намотувального механізму на динамічну складову сили притискування укочуючого ролика до бобінотримача.

Аналіз отриманих результатів показав можливість збільшення робочої швидкості обладнання машини БП-340 на 39%. Також показана ефективність використання пружного кріплення ролика особливо на заключному етапі напруцювання пакування.

Аналітичні вираження дозволили отримати необхідні вихідні дані для аналізу існуючих та проєктування нових пристроїв укочуючого ролика.

5. На основі даного аналізу розроблені нові пристрої укочуючого ролика, що підтверджено корисними моделями України № 137209, №136737, № 136735, № 136673, №136674. Запропоновані нові пристрої укочуючого ролика мають кращі динамічні і експлуатаційні характеристики, дозволяють підвищити продуктивність намотувальних машин та покращити якість пакування. На основі проведених досліджень нових механізмів встановлено, що:

– Запропоновані конструкції укочуючого ролика дозволяють зменшити вібрації мотального механізму та забезпечити кращий контакт укочуючого ролика з пакуванням порівняно з базовим пристроєм;

– Розроблені пристрої в результаті зменшення власних частот коливань коромисла на  $70\div 85\%$  дозволяють зменшити динамічне навантаження від коромисла з укочуючим роликом на механізм намотування;

– Ефективність використання пружного кріплення ролика особливо на заключному етапі напрацювання пакування. Найбільш сприятлива жорсткість елементів кріплення укочуючого ролика  $C_{p1}=5\cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ .

Для нових механізмів було визначено динамічні характеристики укочуючого ролика з підвісом, швидкість намотування нитки механізмом, власні коливання підвісу при лінійній характеристиці пружності тіла намотування, власні коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика.

6. Аналітично визначено та підтверджено експериментально величину впливу посадки бобіни на бобінотримачі на вагу пакування та максимальне значення критичних швидкостей. Було встановлено, що зміщення пакування на величину  $\pm 5\cdot 10^{-3}\text{ м}$  призводить до зміни ваги пакування на  $\pm 2\%$ .

7. В результаті структурного синтезу отримані параметри нового механізму укочуючого ролика, розроблено його конструкцію в прив'язці до базових машин БП-340 та «Полікон», надані рекомендації, щодо його регулювання, який можна застосовувати для модернізації даного ряду перемотувальних машин.

8. Проведено комп'ютерне імітаційне моделювання намотувального механізму перемотувальної машини типу «Полікон» в середовищі SolidWorks, а саме взаємодію напрацьовуваного пакування та укочуючого ролика різних конструкцій, наведених у розділі 3. Отримані результати показали високу достовірність раніше отриманих значень аналітичним і експериментальним шляхом та підтвердили можливість застосування систем автоматизованого проєктування для моделювання механізмів перемотувальних машин.

9. Розроблений алгоритм визначення власних частот коливань укочуючого ролика з підвісом, результати дослідження та експериментальна установка впровадженні в навчальний процес КНУТД при підготовці магістрів спеціальності 133 Галузеве машинобудування, ТОВ «ПЕТ Технолоджиз» та трикотажну фабрику ТОВ «42 Дей» м. Київ.

## СПИСОК ВИКОРАСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Легка промисловість України: реалії та перспективи розвитку [Текст] : експертно-аналітична доповідь / [І. М. Грищенко, Т. Л. Ізовіт, А. В. Курганський та ін.]. — К. : КНУТД, 2015. — 80 с.
2. Легка промисловість України: стан, проблеми, перспективи економічного розвитку / За ред. професора, члена-кореспондента Академії педагогічних наук України Волкова О.І. та професора, академіка Академії економічних наук України Ю.В. Гончарова – К.: Київський національний університет технологій та дизайну, 2009. – 446 с.
3. Інноваційний розвиток промисловості як складова структурної трансформації економіки України : аналіт. доп. / О. В. Собкевич, А. І. Сухоруков, А. В. Шевченко [та ін.] ; за ред. Я. А. Жаліла. – К. : НІСД, 2014. – 152 с. – (Сер. «Економіка», вип. 15).
4. Кіндзерський Ю.В. Промисловість України: стратегія і політика структурно-технологічної модернізації : монографія / Ю.В. Кіндзерський ; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогнозув. НАН України». – К., 2013. – 536 с.
5. Машиностроение. Энциклопедия /Ред. Совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности. Т. IV-13 /И.А. Мартынов, А.Ф. Прошков, А.П. Яскин и др.: Под общ. Ред. И.А. Мартынова. 1997. - 608 с.
6. Коритыцкий Я.И. Динамика упругих систем текстильных машин. - М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1982. - 272 с.
7. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. /Ред. В. Н. Челомей (пред). — М.: Машиностроение, 1980 — Т. 3. Колебания машин, конструкций и их элементов/ Под ред. Ф. М. Диментберга и К. С. Колесникова. 1980. 544 с, ил.
8. Гордеев В.А., Волков П.В. Ткачество: Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. - 488 с.
9. Александров С.А., Кленов В.Б. Формирование ткацких паковок. М., «Легкая индустрия», 1976. - 120 с.

10. Симон Л., Хюбнер М. Технология подготовки пряжи к ткачеству и трикотажному производству: Пер. с нем. / Под. ред. А.П. Алленовой. - М.: Легпромбытиздат, 1989. - 272 с.
11. Оборудование и механизация производства химических волокон [Текст] : [учеб. для техникумов] / Петр Браверман, Андрей Чачхиани. — М. : Машиностроение, 1967. — 324 с.
12. Севостьянов, А. Г. Механическая технология текстильных материалов : учебник для вузов / А. Г. Севостьянов, Н. А. Осьмин, В. П. Щербаков ; под ред. А. Г. Севостьянова. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 512 с.
13. Назарова, М. В. Теоретические основы процессов подготовительных операций ткацкого производства: учеб. пособие / М. В. Назарова, В. Ю. Романов. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2015. – 188 с.
14. Панкова, Е. А. Механическая технология текстильных материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. В. Красина, Казан. гос. технол. ун-т, Е. А. Панкова. — Казань : КГТУ, 2010. — 110 с.
15. Назарова М. В., Романов В. Ю. Лабораторный практикум по технологии подготовки нитей к ткачеству. Часть I: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. – 92 с.
16. Технология и оборудование для подготовки нитей к ткачеству: учебно-методический комплекс / Т.П.Иванова / УО «ВГТУ». – Витебск, 2008. – 306 с.
17. Баженов, В.И. Материаловедение трикотажно-швейного производства: учеб. пособие для сред. спец. учеб. заведений легкой пром-сти / В.И. Баженов, С.В. Бабинец. – М. : Легкая индустрия, 1971. – 304 с.
18. Мартынова Е. А. Разработка и исследование механизма раскладки с рассеивающим устройством : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : специальность 05.02.13 <Машины, агрегаты и процессы> / Мартынова Елизавета Андреевна; Московский государственный университет дизайна и технологии. - Москва, 2015. - 17 с.

19. Шалов, И. И. Проектирование трикотажного производства: Учебник / И. И. Шалов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Легкая индустрия, 1977. – 296 с.
20. Рокотов Н. В. Теоретические основы разработки намоточных механизмов для получения изделий с заданными свойствами и структурами : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : специальность 05.02.13 <Машины, агрегаты и процессы> / Рокотов Николай Викторович ; [Место защиты: С.-Петербург. гос. ун-т пром. технол. и дизайна]. - Санкт-Петербург, 2018. - 31 с.
21. Панин А. И. Исследование и разработка структур мотальных паковок, обеспечивающих оптимальный процесс сматывания : Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. : Спец. 05.19.02 / Панин Алексей Иванович ; [Моск. гос. текстил. ун-т им. А.Н. Косыгина]. - М., 2004. - 16 с.
22. Иванова С. Л. Разработка и исследование структур намотки уточных паковок, используемых при выработке технических сукон : автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. : спец. 05.19.02 / Иванова Светлана Леонидовна ; [Ульян. гос. техн. ун-т]. - Димитровград, 2005. - 16 с.
23. Махмудова Нигяр Расул Кызы. Параметры строения бобины крестовой намотки / Евразийский Союз Ученых. 2015. №12-5 (21).
24. Koranne, Milind. (2013). Fundamentals of yarn winding. 159-173.
25. Singh, M.K. (2014). Industrial practices in weaving preparatory. Industrial Practices in Weaving Preparatory. 1-283.
26. Башметов, В. С. Технология и оборудование для подготовки нитей к ткачеству : учебное пособие / В. С. Башметов, Т. П. Иванова, В.В. Невских. – Витебск : УО «ВГТУ», 2009. – 366 с.
27. Труевцев Н.И., Труевцев Н.Н., Гензер М.С. Технология и оборудование текстильного производства : (Мех. технология текстильных материалов) : [Учебник для текстильных ин-тов и фак.] / Н.И. Труевцев, Н.Н. Труевцев, М.С. Гензер. - Москва : Легкая индустрия, 1975. - 640 с.
28. Ряузов А.Н. Технология производства химических волокон : [Учебник для техникумов по спец. № 0833 "Технология хим. волокон"] / Ряузов А.Н., Груздев В.А., Бакшеев И.П. и др. - 3-е изд., перераб. и доп. - 448 с.

- 29.Коротеева Л. И., Озерский О.Н., Яскин А. П. Технологическое оборудование заводов химических нитей и волокон : [учеб. для технол. и мех. спец. вузов текстил. пром-сти] / Л.И. Коротеева, О.Н. Озерский, А.П. Яскин. - Москва : Легпромбытиздат, 1987. – 397с.
- 30.Фишман К.Е., Хрузин Н.А. Производство волокна капрон. - 3-е изд., перераб. и доп. - 311 с.
- 31.Жмыхов, И. Н. Процессы и оборудование производства волокнистых и пленочных материалов / Жмыхов И.Н., Гальбрайх Л.С., Акулич А.В. - Мн.:Вышэйшая школа, 2013. - 587 с.: ISBN 978-985-06-2310-2.
- 32.Кларе Г., Фрицше Э., Гребе Ф. Синтетические полиамидные волокна : Технология и химия / Пер. с нем. канд. техн. наук Л.С. Гольбрайха; Под ред. д-ра техн. наук проф. З.А. Роговина. - Москва : Мир, 1966. - 683 с.
33. Пат. 62474 А Україна, МПК В65Н54/38 / Пристрій для намотування ниткоподібного матеріалу / К.О. Гаврилов, О.В. Закора (Україна). - № 2003032756; Заявлено 09.06.2003; Опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12. – 2 с.
- 34.Оников, Э. А. Технология, оборудование и рентабельность ткацкого производства. Практическое пособие–справочник. / Э. А. Оников. – Москва : «Текстильная промышленность», 2003. – 320 с.
- 35.Регельман Е.З., Рокотов Н.В. Приемные механизмы машин для производства химических волокон / Под ред. Е.З. Регельмана; Ленингр. ин-т текстил. и лег. пром-сти им. С.М. Кирова. - Л. : Изд-во ЛГУ, 1988. - 245с.
- 36.А. с. 740671 СССР, МКИ В65Н53/38 Устройство регулирования натяжения нити при намотке /В.Л.Гольвдин, А.С .Северин, Е.З, Регельман , В.А.Абрамян, С.Д.Левина. Заявл. 06.01.78 № 2565733 / /28-12, опубл.15.06.80.
- 37.Матюшев, И. И. Высокоскоростные приемно-намоточные механизмы для химических нитей / И. И. Матюшев, В. А. Климов, Л. С. Мазин и др. — М.: Легпромбытиздат, 1991. — 256 с.
- 38.Мартынчик К.И. Разработка и анализ высокоскоростного приемно-намоточного механизма машин для производства и переработки



химических нитей с подвесом параллелограммного типа : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : специальность 05.02.13 <Машины, агрегаты и процессы> / Мартынчик Ксения Игоревна; [Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна]. - Санкт-Петербург, 2015. - 15 с.

39. Завертанний, Б.С. порівняльний аналіз пристроїв укочуючого ролика механізму намотування бобінажно-перемотувальних машин / Б.С. Завертанний, О.П. Манойленко, О.О. Акимов, В.А. Горобець // East European Science Journal. – 2020. – №53.Т.3 – С. 34-44.
40. А. с. 374224 СССР. Устройство для намотки нити / Л. М. Зельдин, Б. А. Гудовский, О. В. Пономарев [и др.]. – №1623874/28–12 ; заявл. 22.11.1971; опубл. 20.03.1973, Бюл. №15.
41. А. с. 638526 СССР. Устройство для намотки нити / Л. М. Зельдин, О. В. Пономарев, В. Н. Козлов [и др.]. – №2529858/28–12 ; заявл. 27.09.1977; опубл. 25.12.1978, Бюл. №47.
42. А. с. 870326 СССР. Устройство для намотки нити / Э. В. Риттер, А. С. Косенко, О. В. Пономарев [и др.]. – №2822470/28–12 ; заявл. 24.09.1979; опубл. 07.10.1981, Бюл. №37.
43. А. с. 1248921 СССР. Устройство для намотки нити / В. А. Климов, Л. С. Мазин, В. Н. Козлов. – №3769822/28–12 ; заявл. 06.07.1984; опубл. 07.08.1986, Бюл. №29.
44. А. с. 1646969 СССР. Устройство для непрерывной намотки текстильных паковок / А. М. Занозин, М. Ш. Гросман. – №4697970/12 ; заявл. 31.05.1989; опубл. 07.05.1991, Бюл. №17.
45. Абрамян, Л. А. Разработка и исследование приемно-намоточного механизма с комбинированным приводом бобинодержателя : автореф. дис. канд. тех. наук : 05.02.13 / Л. А. Абрамян ; ЛИТЛП им. С. М. Кирова. – Л., 1985. – 16с.
46. Franz Fourne (1999). Synthetic Fibers. – С. 401-416.
47. Ашур Раед Салех. Анализ динамики и совершенствование приемно-намоточного механизма машины НВ 1000-КЖ9 : автореф. дис. на соиск.

- учен. степ. канд. техн. наук : специальность 05.02.13 <Машины, агрегаты и процессы> / Ашур Раед Салех ; [С.-Петербург. гос. ун-т технологии и дизайна]. - Санкт-Петербург, 2008. - 16 с.
48. Башашин П.А. Разработка и исследование высокоскоростного бобинодержателя для формовочных машин и агрегатов, вырабатывающих минеральные и полиамидные нити : автореф. дис. на соиск. учен. степ. к. т. н. : специальность 05.02.13 <Машины, агрегаты и процессы по отраслям> / Башашин Павел Александрович ; [Моск. гос. текстил. ун-т им. А. Н. Косыгина]. - Москва, 2012. - 16 с.
49. Піпа Б.Ф., Защепкіна К.О., Закора О.В. Пристрій для намотування ниткоподібного матеріалу на хрестомотальній машині. Деклараційний патент на винахід. 70225А, 7 В65Н54138. Заявлено 30.12.03; Опубл. 15.09.04, - Бюл. №9. -3 с.
50. Пат. 15331 А Україна, МПК 65 Н 54 / 28 /. Пристрій для намотування ниткоподібного матеріалу / М.П. Зубков, І.А. Якубицька (І.А. Прохорова) (Україна). – № 95020505; - Заявлено 06.02.95; Опубл. 30.06.97, - Бюл. № 3. – 8 с.
51. Прошков А.Ф. Машины для производства химических волокон : Конструкции, расчет и проектирование : [Учеб. пособие для вузов по специальности "Машины и аппараты производств хим. волокон"]. - Москва : Машиностроение, 1974. - 470 с.
52. Прошков А.Ф. Расчет и проектирование машин для производства химических волокон.: Учебник для студентов вузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 402 с., ил.
53. Николаи, Е. Л. Теория гироскопов / Е. Л. Николаи – М.: Гостехиздат, 1948. – 288 с.
54. Коритынский Я.И. Исследования динамики и конструкций высокопроизводительных веретен текстильных машин. - Москва : Машгиз, 1963. - 643 с.
55. Коритынский Я.И. Колебания в текстильных машинах. - Москва : Машиностроение, 1973. - 320 с.

56. Кушуль М.Я. Автоколебания роторов (динамика быстроходных веретен) / Акад. наук СССР. Гос. ком. Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению. Ин-т машиноведения. - Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1963. - 167 с.
57. Трощановский, А. А. Максимальная скорость наматывания нитей на фрикционных механизмах оборудования для прядильного производства и производства химических волокон / Трощановский А. А. // Оборудование для прядильного производства и производства химических волокон / ЦНИИТЭИлегпищемаш. – 1980. – Вып. 3. – С. 14-17.
58. Акимов, А. А. Динамика наматывающего устройства маятникового типа с учетом упругости вала бобинодержателя / А. А. Акимов, Я. И. Коритыцкий; Московский текстильный институт. – Москва, 1983. – 14 с. – Деп. в ЦНИИТЭИлегпищемаш 7.01.1983, №339 мл – Д83.
59. Дослідження критичних швидкостей бобіноотримача з трьохконусним пакуванням. Акимов О.О., Грабовець Ю.Ф., Чередніченко П.І. Індустрія пластмас і РТИ: Сборник докладов первой международной научно-практической конференции. – Чернигов: АО «Химтекстильмаш», 2006. – страницы 431-434.
60. Неелов В.И., Ефремов Е.Д. Исследование влияния фрикционной муфты на процесс перематывания нити на мотальном автомате «Аутосук» // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1979. - № 4. - С. 48-51.
61. Политыко Ж.П. Исследование условий наматывания бобин на машине М-150 и изыскание путей улучшения структуры намотки: Автореф. дисс...канд. техн. наук: 05.19.03 / Ленингр. ин-т текст, и лег. пром-ти им. С.М. Кирова. - Л, 1972.-25 с.
62. Зубков М.П. Разработка методов и средств формирования мотальных паковок, повышающих эффективность процесса ткачества: Дис...канд. техн. наук: 05.19.03. - Херсон, 1993. - 158 с.

63. Политыко Ж.П. Пути уменьшения скольжения при наматывании конических бобин на машине М-150 // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1969. - № 1. - С. 84-87 с.
64. Фатдахов Р.М. Зависимость длины нити, наматываемой на коническую бобину, от угла поворота мотального барабанчика // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1972. - № 4. - С. 71-74.
65. Козин В. М. Возможности использования легкоплавких веществ для автоматической балансировки роторов / Козин В. М. ; Рос. акад. естествознания [и др.]. - Москва : Академия естествознания, 2009. - 231 с.
66. Попов Э.А., Квартин Л.М., Квартин Л.М. Динамика текстильных машин : Учеб. для вузов по специальности 170700 "Машины и аппараты текстил. и лег. пром-сти" / Э. А. Попов, Л. М. Квартин. - М. : Моск. гос. текстил. ун-т Международ. программа образования, 2001. - 245 с.
67. Маслов Г.С. Расчеты колебаний валов : Справочное пособие. - Москва : Машиностроение, 1968. - 271 с.
68. Бейгул О.О., Колесник І.А. Динаміка та міцність металургійних машин / О.О.Бейгул, І.А. Колесник. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2006. – 95с.
69. Сурьянинов Н.Г. Теоретические основы динамики машин : Учебное пособие для механич. спец. / Н.Г. Сурьянинов, А.Ф. Дащенко, П.А. Белоус .- Ч. 2: .- О. : ОГПУ, 2000.- 151 с.
70. Павленко І.В. Метод скінченних елементів в задачах коливань механічних систем: Навчальний посібник.– Суми: Вид-во СумДУ, 2007.– 180с.
71. Павленко И.В. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов и линейной теории упругости.– Сумы: Изд-во СумГУ, 2006.– 147с.
72. Васенев А.Д., Поникаров С.И., Николаев Н.А. Расчет и конструирование оборудования пищевых и химических производств.-Казань: «Печатный двор»,-2002.-200с.
73. Динамика авиационных газотурбинных двигателей / Под ред. И.А. Биргера, Б.Ф. Шорра. - М., 1981, - 232 с

74. Сильвестров Э. Е., Кореновский В. В. К нахождению критических скоростей ротора электронасоса // Известия МГТУ. 2010. №1.
75. Бабаков И.М. Теория колебаний [Текст] : учебное пособие / И. М. Бабаков. - 4-е изд., испр. - Москва : Дрофа, 2004. - 591 с.
76. Калекин В. С., Барсуков Б. Н. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли : учебное пособие / В.С. Калекин, Б.Н. Барсуков - Омск: Изд-во Омского государственного технического университета, 2007. - 150 с.
77. Михалев М.Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств : примеры и задачи : учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений / [М. Ф. Михалев и др.] ; под общ. ред. М. Ф. Михалева. - Изд. 2-е, испр. и доп.. - Москва: АРИС, 2010. - 306 с.
78. Коротков В.А., Татаренко Ю.В. Расчет критической частоты вращения двухпорных роторов компрессоров и детандеров динамического принципа действия: Учеб.-метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 60 с.
79. Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения : Справочник. - 6-е изд., испр. и доп. - Москва : Машиностроение, 1975. - 574 с.
80. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник : учебное пособие для подготовки бакалавров, специалистов, магистров по направлению: "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химии, нефтехимии и биотехнологии" / А.С. Тимонин, В.Б. Моисеев, К.Р. Таранцева; под общ. ред. А.С. Тимониной; Пенз. гос. технол. ун-т. Т. 1. - 1053 с.
81. Фаворин М.В. Моменты инерции тел. Справочник. Под ред. М.М. Гернета. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., „Машиностроение“, 1977. – 511 с.
82. Goswami B.C. (2002). Non linear dynamics of high-speed transport for staple yarns. Annual Report, National Textile Centre.
83. Гафаров Р.Х. Что нужно знать о сопротивлении материалов: Учебное пособие для вузов обуч. по направлениям подгот. и спец. в области

- техники и технологии/ Р.Х. Гафаров, В.С. Жернаков; под ред. В.С. Жернакова. – М.: Машиностроение, 2007. – 275 с.
84. Балдин В. А. Детали машин и основы конструирования. Передачи : учебник для бакалавриата и специалитета / В. А. Балдин, В. В. Галевко ; под ред. В. В. Галевко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 333 с.
85. Пронин Б.А., Ревков Г.А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы). Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1980. — 320 с.: ил.
86. Ткалич В. Л., Лабковская Р. Я. Обработка результатов технических измерений: Учебное пособие — СПб: СПбГУ ИТМО, 2011
87. Агапьев Б.Д. Практическая обработка результатов эксперимента / Б.Д.Агапьев, В.В.Козловский, К.Б.Агапьев. - СПб.; Екатеринбург: Издательские решения, 2017. - 80 с.
88. ГОСТ 11307-65. Нити химические. Метод определения плотности намотки
89. ГОСТ 26043-83. Вибрация. Динамические характеристики стационарных машин. Издательство стандартов, 1984. – 16с.
90. The research of the process of forging a rolling roller through the pack of the final form of rewinding machines / O.P. Manoilenko, B.S. Zavertannyi and O.O. Akymov // *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*. – 2020. – № 2, Vol. 28, June. – ISSN: 1335-0617 2585-8890
91. Завертанний Б. С. Дослідження впливу зміщення пакування вздовж осі бобінотримача на критичні швидкості [Текст] / Б. С. Завертанний, О. П. Манойленко, О. О. Акимов // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки*. - 2020. - № 2 (144). - С. 13-23.
92. Пристрій для намотування нитки у бобіни: пат. 137209 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201903356; заявл. 03.04.2019 ; опубл. 10.10.2019, Бюл. № 19.

93. Пристрій для намотування нитки у бобіни : пат. 136737 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201903355; заявл. 03.04.2019 ; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.
94. Пристрій для намотування нитки у бобіни: пат. 136673 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201902864; заявл. 22.03.2019 ; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.
95. Пристрій для намотування нитки у бобіни: пат. 136735 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201903353; заявл. 03.04.2019 ; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.
96. Пристрій для намотування нитки у бобіни: пат. 136674 Україна : МПК(2006) В65Н 54/00. № u201902866; заявл. 22.03.2019; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.
97. А.А. Алямовский. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике/А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович. – СПб.: БХВ-Петербург. 2008. – 1040 с.: ил.
98. А. А. Алямовский. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. – СПб.: БХВ-Петербург.2012. – 448.

# ДОДАТОК А

## Визначення критичних швидкостей механізму намотування

$$Lr := 0.250$$

$$Rno := 0.037$$

$$t := 0.05108 \quad \alpha := \pi \cdot \frac{3}{180} \quad \beta := \pi \cdot \frac{35}{180}$$

$$Rko := Rno$$

$$Hn := t \cdot (\tan(\alpha) + \tan(\beta)) \cdot \cos(\alpha)$$

$$Rko = 0.037$$

$$Hv := t \cdot (\tan(\beta) - \tan(\alpha)) \cdot \cos(\alpha)$$

$$Hc := Lr \cdot \cos(\alpha) - Hv - Hn$$

$$Rn1 := Rno - Hn \cdot \tan(\alpha)$$

$$Rn2 := Rno - (Hn + Hc) \cdot \tan(\alpha)$$

$$Rn3 := Rno - (Hn + Hc + Hv) \cdot \tan(\alpha)$$

$$Rk1 := Rn1 + \frac{t}{\cos(\alpha)}$$

$$Rk2 := Rn2 + \frac{t}{\cos(\alpha)}$$

$$Rk3 := Rn3$$

$$p := 1..13 \quad i := 1..13 \quad Ho := 0.0996 \quad H1 := Ho + Hn \quad H2 := H1 + Hc \quad H3 := H2 + Hv$$

$$N_i := r_i \quad rv_i := R_i \quad Rv_i := Xn_i \quad Xk_i := \rho_i$$

1	0.02	0.0125	0.02	0.0125	0.0208	0.056	7800
2	0.0325	0.0125	0.0372	0.0125	0.056	0.073	7800
3	0.02	0.0125	0.02	0.0125	0.073	0.083	7800
4	0.0212	0.006	0.0117	0.006	0.28	0.3	7800
5	0.0125	0	0.0125	0	0	0.185	7800
6	0.01	0	0.01	0	0.185	0.28	7800
7	0.006	0	0.006	0	0.28	0.3171	7800
8	0.0104	0.006	0.0104	0.006	0.3	0.3133	7800
9	0.0225	0.0195	0.0402	0.0372	0.063	0.353	1400
10	0.0229	0.0179	0.0372	0.0322	0.063	0.2975	2700
11	Rk2	Rn2	Rk1	Rn1	H1	H2	800
12	Rk3	Rn3	Rk2	Rn2	H2	H3	800
13	Rk1	Rn1	Rko	Rno	Ho	H1	800

$$V_i := \frac{\pi}{3} \cdot (Xk_i - Xn_i) \cdot \left[ \left[ (R_i)^2 - (Rv_i)^2 \right] + (R_i \cdot r_i - Rv_i \cdot rv_i) + \left[ (r_i)^2 - (rv_i)^2 \right] \right]$$

$$Vo := \sum_i V_i \quad M_i := V_i \cdot \rho_i \quad Mo := \sum_i (V_i \cdot \rho_i)$$

$$Mo = 5.604$$

$$M_{11} + M_{12} + M_{13} = 3$$

$$hc_i := \frac{\pi}{12} \cdot \frac{(Xk_i - Xn_i)^2}{V_i} \cdot \left[ 3 \left[ (R_i)^2 - (Rv_i)^2 \right] + 2(R_i \cdot r_i - Rv_i \cdot rv_i) + \left[ (r_i)^2 - (rv_i)^2 \right] \right]$$

$$Xc_i := Xk_i - hc_i$$

$$hc_1 = 0.018$$

$$Co := \sum_i \left[ \frac{\pi}{10} \cdot M_i \cdot \frac{(Xk_i - Xn_i)}{V_i} \cdot \left[ R_i \cdot (R_i + r_i) \cdot \left[ (R_i)^2 + (r_i)^2 \right] + \left[ (r_i)^4 - (rv_i)^4 \right] - Rv_i \cdot (Rv_i + rv_i) \cdot \left[ (Rv_i)^2 + (rv_i)^2 \right] \right] \right]$$



$$A_c := \frac{1}{2} \cdot C_o + \sum_{i=1}^{13} \left[ M_i \cdot \left[ \frac{\pi}{30} \cdot \frac{(Xk_i - Xn_i)^3}{V_i} \cdot \left[ 6 \cdot \left[ (R_i)^2 - (Rv_i)^2 \right] \dots \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + 3 \cdot (R_i \cdot r_i - Rv_i \cdot rv_i) + \left[ (r_i)^2 - (rv_i)^2 \right] \right] \right] - (hc_i)^2 \right]$$

$$H_{cm} := \frac{\sum_i (M_i \cdot Xc_i)}{M_o} \quad H_{cm} = 0.181$$

$$A_o := A_c + \sum_i \left[ M_i \cdot (H_{cm} - Xc_i)^2 \right] \quad A_o = 0.048$$

$$Dv1 := 0.03 \quad dv1 := 0.0 \quad E := 2 \cdot 10^{11} \quad Dv2 := 0.025 \quad dv2 := 0$$

$$I_{11} := \frac{\pi \cdot (Dv1^4 - dv1^4)}{64} \quad I_2 := \frac{\pi \cdot (Dv2^4 - dv2^4)}{64}$$

$$I_1 := 0.24$$

$$I_5 := 0.23 \quad I_3 := 0.05 \quad a := H_{cm} - I_3$$

$$Z_1 := 8 \quad Z_2 := 8$$

$$m_0 := M_o \quad \gamma_1 := 0 \quad \gamma_2 := 0$$

$$I_d := H_{cm} \quad I_{M1} := I_1 \quad D\emptyset_1 := 0.006 \quad D\emptyset_2 := 0.006$$

$$R_1 := \frac{I_d}{I_{11}} \cdot m_0 \cdot 9.8 \quad R_2 := \frac{I_d + I_{11}}{I_{11}} \cdot m_0 \cdot 9.8$$

$$kk_1 := 11.4 \cdot 10^6 \cdot \left[ D\emptyset_1 \cdot R_1 \cdot (Z_1)^2 \cdot \cos(\gamma_1) \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$kk_2 := 11.4 \cdot 10^6 \cdot \left[ D\emptyset_2 \cdot R_2 \cdot (Z_2)^2 \cdot \cos(\gamma_2) \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$\delta_{M1} := \frac{1}{kk_1} \cdot \left( \frac{I_d}{I_{11}} \right)^2 + \frac{1}{kk_2} \cdot \left( \frac{I_{11} + I_d}{I_{11}} \right)^2 + \left[ \frac{I_1 \cdot H_{cm}^2}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{a^2 \cdot (I_5 + 3 \cdot I_3) + I_3^2 \cdot (I_3 + 3 \cdot a)}{3 \cdot E \cdot I_2} \right]$$

$$\delta_{12} := \frac{I_d}{kk_1 \cdot (I_{11})^2} + \frac{I_{11} + I_d}{kk_2 \cdot (I_{11})^2} + \left[ \frac{I_1 \cdot H_{cm}}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{2 \cdot a \cdot (I_5 + 3 \cdot I_3) + 3 \cdot I_3^2}{6 \cdot E \cdot I_2} \right]$$

$$\delta_{22} := \left( \frac{1}{kk_1} + \frac{1}{kk_2} \right) \cdot \frac{1}{(I_{11})^2} + \left( \frac{I_1}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{I_5 + 3 \cdot I_3}{3 \cdot E \cdot I_2} \right)$$

$$\Delta_2 := \delta_{11} \cdot \delta_{22} - (\delta_{12})^2$$

$$M := \begin{pmatrix} M_o & 0 \\ 0 & A_o - C_o \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{C} &:= \begin{pmatrix} m_1 & -m_2 \\ -m_2 & m_3 \end{pmatrix} & m_1 &:= \frac{\delta_{22}}{\Delta_2} & m_2 &:= \frac{\delta_{12}}{\Delta_2} & m_3 &:= \frac{\delta_{11}}{\Delta_2} \\
& & m_1 &= 1.863 \times 10^7 & m_2 &= 2.865 \times 10^6 & m_3 &= 4.633 \times 10^5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{vv} &:= \text{eigenvals}(\mathbf{M}^{-1} \cdot \mathbf{C}) & \mathbf{vv} &= \begin{pmatrix} 1.303 \times 10^5 \\ 1.61 \times 10^7 \end{pmatrix} \\
\mathbf{v} &:= \sqrt{\mathbf{vv}}
\end{aligned}$$

$$\mathbf{v} = \begin{pmatrix} 360.93 \\ 4.012 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$k1 := 10^5 \quad k2 := 10^5 \quad kn := k1 + k2 \quad b1 := 0.1 \quad b2 := 0.15$$

$$\mathbf{MM} := \begin{bmatrix} Mo & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (-Co + Ao) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Mo & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (-Co + Ao) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{KK} := \begin{bmatrix} m_1 & -m_2 & 0 & 0 \\ -m_2 & m_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_1 + k1 + k2 & -m_2 + (k1 \cdot b1 - k2 \cdot b2) \\ 0 & 0 & -m_2 + (k1 \cdot b1 - k2 \cdot b2) & m_3 + k1 \cdot b1^2 + k2 \cdot b2^2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{p} := \sqrt{\text{eigenvals}(\mathbf{MM}^{-1} \cdot \mathbf{KK})}$$

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} 360.93 \\ 4.012 \times 10^3 \\ 409.87 \\ 4.023 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

## ДОДАТОК Б

### Визначення впливу зміщення пакування на критичні швидкості

$$\beta := \pi \cdot \frac{45}{180} \quad \alpha := \pi \cdot \frac{3.5}{180} \quad t1 := 0.05 \quad Rno1 := 0.037 \quad f := 0.000$$

$$t := t1 + f \cdot \tan(\alpha) \quad Rno := Rno1 + f \cdot \tan(\alpha) \quad t = 0.05$$

$$Lr1 := 0.250$$

$$Lk1 := Lr1 - 2 \cdot t1 \cdot \cos(\alpha)$$

$$k := \frac{f}{t1} \cdot |Lr1 - Lk1|$$

$$Lr := Lr1 + k \cdot \tan(\alpha)$$

$$k = 0$$

$$Hn := \left( t \cdot \tan(\alpha) + t \cdot \frac{1}{\tan(\beta)} \right) \cdot \cos(\alpha)$$

$$Hv := t \cdot \left( \frac{1}{\tan(\beta)} - \tan(\alpha) \right) \cdot \cos(\alpha)$$

$$Rko := Rno$$

$$Hc := Lr \cdot \cos(\alpha) - Hv - Hn$$

$$Rn1 := Rno - Hn \cdot \tan(\alpha)$$

$$Rk1 := Rn1 + \frac{t}{\cos(\alpha)}$$

$$Rn2 := Rno - (Hn + Hc) \cdot \tan(\alpha)$$

$$Rk2 := Rn2 + \frac{t}{\cos(\alpha)}$$

$$Rn31 := Rno - (Hn + Hc + Hv) \cdot \tan(\alpha)$$

$$Rn3 := Rn31 + f \cdot \tan(\alpha)$$

:

$$Rk3 := Rn3$$

$$p := 1..13 \quad i := 1..13 \quad Ho := 0.0996 \quad H1 := Ho + Hn \quad H2 := H1 + Hc \quad H3 := H2 + Hv$$

$$N_p \quad r_i := \quad rv_i := \quad R_i := \quad Rv_i := \quad Xn_i := \quad Xk_i \quad \rho_i$$

1	0.02	0.0125	0.02	0.0125	0.0208	0.056	7800
2	0.0325	0.0125	0.0372	0.0125	0.056	0.073	7800
3	0.02	0.0125	0.02	0.0125	0.073	0.083	7800
4	0.0212	0.006	0.0117	0.006	0.28	0.3	7800
5	0.0125	0	0.0125	0	0	0.185	7800
6	0.01	0	0.01	0	0.185	0.28	7800
7	0.006	0	0.006	0	0.28	0.3171	7800
8	0.0104	0.006	0.0104	0.006	0.3	0.3133	7800
9	0.0225	0.0195	0.0402	0.0372	0.063	0.353	1400
10	0.0229	0.0179	0.0372	0.0322	0.063 + f	0.2975 + f	2700
11	Rk3	Rn3	Rk2	Rn2	H2	H3	650
12	Rk2	Rn2	Rk1	Rn1	H1	H2	650
13	Rk1	Rn1	Rko	Rno	Ho	H1	650

$$V_i := \frac{\pi}{3} \cdot (Xk_i - Xn_i) \cdot \left[ (R_i)^2 - (Rv_i)^2 \right] + (R_i \cdot r_i - Rv_i \cdot rv_i) + \left[ (r_i)^2 - (rv_i)^2 \right]$$

$$Vo := \sum_i V_i \quad M_i := V_i \cdot \rho_i \quad Mo := \sum_i (V_i \cdot \rho_i)$$

$$M_{11} + M_{12} + M_{13} = 2.133635$$

$$Mo = 4.737696$$

$$hc_i := \frac{\pi}{12} \cdot \frac{(Xk_i - Xn_i)^2}{V_i} \cdot \left[ 3 \left[ (R_i)^2 - (Rv_i)^2 \right] + 2(R_i \cdot r_i - Rv_i \cdot rv_i) + \left[ (r_i)^2 - (rv_i)^2 \right] \right]$$

$$Xc_i := Xk_i - hc_i$$

$$Co := \sum_i \left[ \frac{\pi}{10} \cdot M_i \cdot \frac{(Xk_i - Xn_i)}{V_i} \cdot \left[ R_i \cdot (R_i + r_i) \cdot \left[ (R_i)^2 + (r_i)^2 \right] \dots \right. \right. \\ \left. \left. + \left[ (r_i)^4 - (rv_i)^4 \right] - Rv_i \cdot (Rv_i + rv_i) \cdot \left[ (Rv_i)^2 + (rv_i)^2 \right] \right] \right]$$

$$Ac := \frac{1}{2} \cdot Co + \sum_{i=1}^{13} \left[ M_i \cdot \left[ \frac{\pi}{30} \cdot \frac{(Xk_i - Xn_i)^3}{V_i} \cdot \left[ 6 \left[ (R_i)^2 - (Rv_i)^2 \right] \dots \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + 3(R_i \cdot r_i - Rv_i \cdot rv_i) + \left[ (r_i)^2 - (rv_i)^2 \right] \right] \right] - (hc_i)^2 \right]$$

$$Hcm := \frac{\sum_i (M_i \cdot Xc_i)}{Mo} \quad Hcm = 0.17375$$

$$Ao := Ac + \sum_i \left[ M_i \cdot (Hcm - Xc_i)^2 \right] \quad Ao = 0.04019$$

$$Dv1 := 0.03 \quad dv1 := 0.0 \quad E := 2 \cdot 10^{11} \quad Dv2 := 0.025 \quad dv2 := 0 \quad l1 := 0.24$$

$$l1 := \frac{\pi \cdot (Dv1^4 - dv1^4)}{64} \quad l2 := \frac{\pi \cdot (Dv2^4 - dv2^4)}{64} \quad l3 := 0.05 \quad a := Hcm - l3$$

$$l5 := 0.23$$

$$a = 0.12375$$

$$\delta11 := \frac{l1 \cdot (Hcm + f)^2}{3 \cdot E \cdot l1} + \frac{(a + f)^2 \cdot (l5 + 3 \cdot l3) + l3^2 \cdot [l3 + 3 \cdot (a + f)]}{3 \cdot E \cdot l2}$$

$$\delta11 = 0.000001$$

$$\delta12 := \frac{l1 \cdot (Hcm + f)}{3 \cdot E \cdot l1} + \frac{2 \cdot (a + f) \cdot (l5 + 3 \cdot l3) + 3 \cdot l3^2}{6 \cdot E \cdot l2}$$

$$\delta12 = 0.000006$$

$$\delta22 := \frac{l1}{3 \cdot E \cdot l1} + \frac{l5 + 3 \cdot l3}{3 \cdot E \cdot l2}$$

$$\delta22 = 0.000043$$

$$M := \begin{pmatrix} Mo & 0 \\ 0 & Ao - Co \end{pmatrix}$$

$$\Delta := \begin{pmatrix} \delta11 & -\delta12 \\ -\delta12 & \delta22 \end{pmatrix}$$

$$vv := \text{eigenvals}(M^{-1} \cdot \Delta - 1) \quad v := \sqrt{vv}$$

$$v = \begin{pmatrix} 421.929834 \\ 6563.441738 \end{pmatrix}$$

## ДОДАТОК В

Вимушені коливання підвісу при пружному кріпленні укочуючого ролика

$$L_r := 0.250 \quad R_{no} := 0.039 \quad R_{ko} := R_{no} \quad t := 0.026 \quad \alpha := \pi \cdot \frac{3.5}{180} \quad \beta := \pi \cdot \frac{35}{180}$$

$$H_n := t \cdot (\tan(\alpha) + \tan(\beta)) \cdot \cos(\alpha)$$

$$Y_r = 0.143$$

$$\rho t := 600$$

$$R_{n1} := R_{no} - H_n \cdot \tan(\alpha)$$

$$R_{k1} := R_{n1} + \frac{t}{\cos(\alpha)}$$

$$H_v := [t \cdot (\tan(\beta) - \tan(\alpha))] \cdot \cos(\alpha)$$

$$\underline{V} := 10 \quad R_r := 0.011$$

$$R_{n3} := R_{no} - L_r \cdot \sin(\alpha)$$

$$R_{k3} := R_{n3}$$

$$H_c := L_r \cdot \cos(\alpha) - H_v - H_n$$

$$L_c := \frac{H_c}{\cos(\alpha)}$$

$$R_{k2} := R_{n3} + \frac{H_v}{\tan(\beta - \alpha)}$$

$$R_{n2} := R_{k2} - \frac{t}{\cos(\alpha)}$$

$$\omega := \frac{2 \cdot V}{R_{k1} + R_{k2}} \quad \omega = 174.458$$

$$p := 1..3$$

$$i := 1..3$$

$$H_o := 0.0$$

$$\omega_r := \frac{V}{R_r} \quad \omega_r = 909.091$$

$\underline{N}_p$	$r_i$	$rv_i$	$\underline{R}_i$	$Rv_i$	$X_{n_i} :=$	$X_{k_i} :=$
1	Rko	Rno	Rk1	Rn1	Ho	Ho + Hn
2	Rk2	Rn2	Rk1	Rn1	Ho + Hn	Ho + Hn + Hc
3	Rk3	Rn3	Rk2	Rn2	Ho + Hn + Hc	Ho + Hn + Hc + Hv

$$\underline{V}_i := \frac{\pi}{3} \cdot (X_{k_i} - X_{n_i}) \cdot \left[ \left[ (R_i)^2 - (Rv_i)^2 \right] + (R_i \cdot r_i - Rv_i \cdot rv_i) + \left[ (r_i)^2 - (rv_i)^2 \right] \right]$$

$$M_n := \sum_i (V_i \cdot \rho t)$$

$$M_n = 1$$

$$V_o := \omega \cdot \frac{(R_{n1} + R_{n3})}{2}$$

$$V_o = 5.367$$

$$D_r := 0.022$$

$$L_p := 0.151$$

$$X_b := 0.122$$

$$Y_b := 0.123$$

$$L_b := \sqrt{(X_b)^2 + (Y_b)^2}$$

$$L_b = 0.173$$

$$\phi := \arccos \left[ \left( \frac{1}{2 \cdot L_p \cdot L_b} \right) \cdot \left[ L_p^2 + L_b^2 - \left( \frac{D_r}{2} + t + R_{no} \right)^2 \right] \right]$$

$$\underline{\varepsilon} := \arcsin \left( \frac{Y_b}{L_b} \right)$$

$$\phi = 0.453$$

$$\phi \cdot \frac{360}{2 \cdot \pi} = 25.966$$

$$X_r := L_p \cdot \cos(\phi + \varepsilon)$$

$$X_r = 0.049$$

$$Y_r := L_p \cdot \sin(\phi + \varepsilon)$$

$$ht := \left| \frac{(Yr \cdot Xb - Xr \cdot Yb)}{\sqrt{(Yr - Yb)^2 + (Xr - Xb)^2}} \right|$$

$$ht = 0.151$$

$$Cy := 0.85 \cdot 10^5$$

$$\frac{I}{A} := 0.032$$

$$Mp := 0.225$$

$$Cn := Lc \cdot Cy$$

$$Cn = 1.816 \times 10^4$$

$$\frac{A}{Lp} := 0.027$$

$$p := \sqrt{Cn \cdot \frac{ht^2}{I}}$$

$$p = 113.514$$

$$I := A + Mp \cdot Lp^2$$

$$I = 0.032$$

$$Cp := 1.2 \cdot 10^5$$

$$M := \begin{pmatrix} \frac{Cp + Cn}{Mp} & \frac{-Cp \cdot ht}{Mp} \\ \frac{-Cp \cdot ht}{A} & \frac{Cp \cdot ht^2}{A} \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \begin{pmatrix} 838.68 \\ 107.608 \end{pmatrix}$$

$$\lambda := \sqrt[2]{\text{eigenvals}(M)}$$

$$\Delta := 2.5 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{\delta}{A} := 1 \cdot 10^{-4}$$

$$k := 0$$

$$\psi := \frac{\pi \cdot k}{2}$$

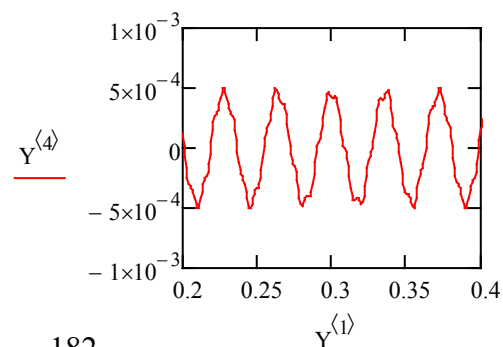
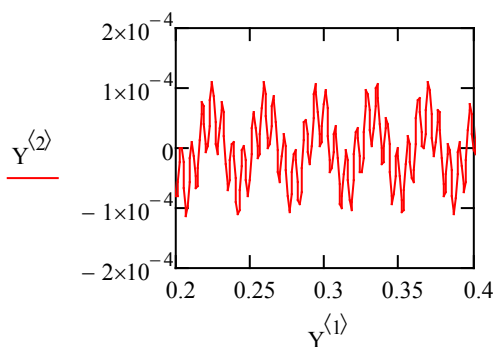
$$b_1 := 7 \quad b_2 := 5$$

$$F(t) := Cn \cdot (\Delta \cdot \cos(\omega \cdot t) + \frac{\delta}{A} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi))$$

$$\text{ORIGIN} := 1$$

$$D(t, y) := \begin{bmatrix} y_2 \\ \frac{F(t) - (Cp + Cn) \cdot y_1 - b_1 \cdot y_2 + Cp \cdot ht \cdot y_3}{Mp} \\ y_4 \\ \frac{Cp \cdot ht \cdot y_1 - Cp \cdot ht^2 \cdot y_3 - b_2 \cdot y_4}{A} \end{bmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$Y := \text{Rkadapt}(y, 0, 0.8, 1000, D)$$



$$n := 1000 \quad i := 0..n - 1$$

$$S2 := \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=50}^{n-1} \left[ (Y^{(2)})_j \right]^2}$$

$$S2 = 5.5 \times 10^{-5}$$

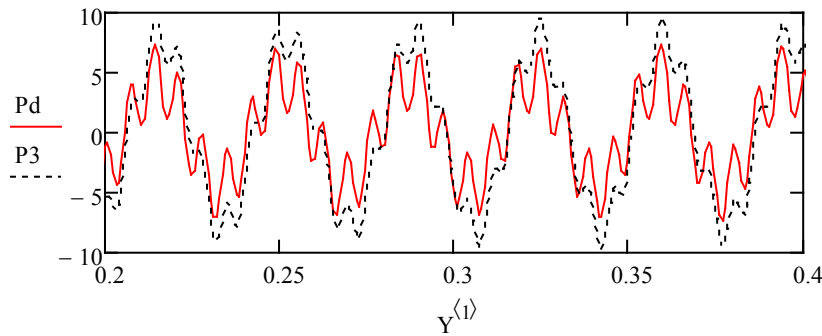
$$S4 := \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=200}^{n-1} \left[ (Y^{(4)})_j \right]^2}$$

$$S4 = 2.921 \times 10^{-4}$$

$$Pd := Cn \cdot (\Delta \cdot \cos(\omega \cdot Y^{(1)}) + \delta \cdot \cos(\omega r \cdot Y^{(1)} + \psi) - Y^{(2)})$$

$$P3 := Cn \cdot \left[ \Delta \cdot \frac{-1}{\left( \frac{p}{\omega} \right)^2 - 1} \cos(\omega \cdot Y^{(1)}) + \delta \cdot \frac{-1}{\left( \frac{p}{\omega r} \right)^2 - 1} \cos(\omega r \cdot Y^{(1)} + \psi) \right]$$

$$Cn \cdot \Delta = 4.539$$



$$S6 := \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=400}^{n-1} \left[ (Pd)_j \right]^2}$$

$$S6 = 2.924$$

$$S7 := \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=400}^{n-1} \left[ (P3)_j \right]^2}$$

$$S7 = 4.447$$

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	$8 \cdot 10^{-4}$	$8.625 \cdot 10^{-6}$	0.021	$3.035 \cdot 10^{-7}$	$1.486 \cdot 10^{-3}$
3	$1.6 \cdot 10^{-3}$	$2.992 \cdot 10^{-5}$	0.03	$4.379 \cdot 10^{-6}$	0.01
4	$2.4 \cdot 10^{-3}$	$5.264 \cdot 10^{-5}$	0.024	$1.916 \cdot 10^{-5}$	0.028
5	$3.2 \cdot 10^{-3}$	$6.503 \cdot 10^{-5}$	$5.649 \cdot 10^{-3}$	$5.011 \cdot 10^{-5}$	0.049
6	$4 \cdot 10^{-3}$	$6.118 \cdot 10^{-5}$	-0.015	$9.689 \cdot 10^{-5}$	...

## ДОДАТОК Г

Експериментальне визначення частот обертання суцільного укочуючого ролика

Результати вимірювання частот обертання укочуючих роликів  $n$  заносимо у другий стовпчик таблиці, розраховуємо та заносимо в третій стовпчик цієї таблиці різності, а в четверту – їх квадрати (Таблиця Г.1).

Таблиця Г.1 Визначення частот обертання укочуючого ролика на початку процесу намотування для суцільного укочуючого ролика

№ пп	$n, \text{хв}^{-1}$	$\bar{x} - n = X$	$X^2$
1	5693	4	16
2	5690	7	49
3	5704	-7	49
4	5700	-3	9
5	5701	-4	16
6	5689	8	64
7	5702	-5	25
8	5690	7	49
9	5702	-5	25
10	5700	-3	9
$\bar{x}$	5697		311

Середньоквадратичною помилкою середнього арифметичного називається величина  $S_{\bar{x}}$  та визначається за формулою:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n-1}}$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{311}{9}} = 5,87$$

Задавшись надійністю  $P = 0,95$ , за таблицею коефіцієнтів Стюдента для десяти вимірів знаходимо  $t = 2,26$ . Абсолютну помилку знаходимо за формулою:



$$\Delta x = S\bar{x} \cdot t$$

$$\Delta x = 5,87 \cdot 2,26 = 13,27$$

Кінцевий результат має вигляд  $n \pm \Delta x$  (при  $P = 0,95$ ), тобто істинне значення вимірюваної величини  $x$  лежить в довірчому інтервалі  $5683,73 < x < 5710,27$  з ймовірністю  $P$ , що становить 95%. Відносна похибка результату вимірювань:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{X} \cdot 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{13,27}{5697} \cdot 100 = 0,23 \%$$

Таким чином, середнє значення  $\bar{x}$  для 10 випробувань складає  $5697 \text{ хв}^{-1}$ .

## ДОДАТОК Д

Результати експериментального дослідження впливу зміщення бобіотримача на масу пакування

Результати вимірювання ваги пакувань  $n$  при  $\Delta = -0,005\text{м}$  заносимо у другий стовпчик таблиці, розраховуємо та заносимо в третій стовпчик цієї таблиці різності, а в четверту – їх квадрати (Таблиця Д.1).

Таблиця Д.1 Визначення ваги пакування при  $\Delta = -0,005\text{м}$

№ пп	$n, \text{хв}^{-1}$	$\bar{x} - n = X$	$X^2$
1	800	2	4
2	800	2	4
3	797	5	25
4	796	6	36
5	804	-5	25
6	799	3	9
7	806	-4	16
8	801	1	1
9	810	-8	64
10	807	-5	25
$\bar{x}$	802		209

Середньоквадратичною помилкою середнього арифметичного називається величина  $S_{\bar{x}}$  та визначається за формулою:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n}}$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{209}{9}} = 4,81$$

Задавшись надійністю  $P = 0,95$ , за таблицею коефіцієнтів Стюдента для десяти вимірів знаходимо  $t = 2,26$ . Абсолютну помилку знаходимо за формулою:

$$\Delta x = S_{\bar{x}} \cdot t$$

$$\Delta x = 4,81 \cdot 2,26 = 10,87$$

Кінцевий результат має вигляд  $n \pm \Delta x$  (при  $P = 0,95$ ), тобто істинне значення вимірюваної величини  $x$  лежить в довірчому інтервалі  $791,13 < x < 812,87$  з ймовірністю  $P$ , що становить 95%. Відносна похибка результату вимірювань:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{10,87}{802} \cdot 100 = 1,35\%$$

Таким чином, середнє значення  $\bar{x}$  для 10 випробувань складає 802г.

Результати вимірювання ваги пакувань  $n$  при  $\Delta=0\text{м}$  заносимо у другий стовпчик таблиці, розраховуємо та заносимо в третій стовпчик цієї таблиці різності, а в четверту – їх квадрати (Таблиця Д.2).

Таблиця Д.2 Визначення ваги пакування  $\Delta=0\text{м}$

№ пп	$n, \text{хв}^{-1}$	$\bar{x} - n = X$	$X^2$
1	823	-4	16
2	813	6	36
3	816	3	9
4	822	-3	9
5	818	1	1
6	817	2	4
7	823	-4	16
8	818	1	1
9	817	2	4
10	820	-1	1
$\bar{x}$	819		93

Середньоквадратичною помилкою середнього арифметичного називається величина  $S_{\bar{x}}$  та визначається за формулою:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{93}{9}} = 3,21$$

Задавшись надійністю  $P = 0,95$ , за таблицею коефіцієнтів Стюдента для десяти вимірів знаходимо  $t = 2,26$ . Абсолютну помилку знаходимо за формулою:

$$\Delta x = 3,21 \cdot 2,26 = 7,26$$

Кінцевий результат має вигляд  $n \pm \Delta x$  (при  $P = 0,95$ ), тобто істинне значення вимірюваної величини  $x$  лежить в довірчому інтервалі  $811,74 < x < 826,26$  з ймовірністю  $P$ , що становить 95%. Відносна похибка результату вимірювань:

$$\varepsilon = \frac{1,52}{819} \cdot 100 = 0,19 \%$$

Таким чином, середнє значення  $\bar{x}$  для 10 випробувань складає 819г.

Результати вимірювання ваги пакувань  $n$  при  $\Delta = +0,005\text{м}$  заносимо у другий стовпчик таблиці, розраховуємо та заносимо в третій стовпчик цієї таблиці різності, а в четверту – їх квадрати (Таблиця Д.3).

Таблиця Д.3 Визначення ваги пакування  $\Delta = +0,005\text{м}$

№ пп	$n, \text{хв}^{-1}$	$\bar{x} - n = X$	$X^2$
1	829	0	0
2	830	-1	1
3	828	1	1
4	826	3	9
5	827	2	4
6	832	-3	9
7	835	-7	49
8	826	3	9
9	827	2	4
10	829	0	0
$\bar{x}$	829		86

Середньоквадратичною помилкою середнього арифметичного називається величина  $S_{\bar{x}}$  та визначається за формулою:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{86}{9}} = 3,09$$

Задавшись надійністю  $P = 0,95$ , за таблицею коефіцієнтів Стьюдента для десяти вимірів знаходимо  $t = 2,26$ . Абсолютну помилку знаходимо за формулою:

$$\Delta x = 3,09 \cdot 2,26 = 6,98$$

Кінцевий результат має вигляд  $n \pm \Delta x$  (при  $P = 0,95$ ), тобто істинне значення вимірюваної величини  $x$  лежить в довірчому інтервалі  $822,02 < x < 835,98$  з ймовірністю  $P$ , що становить 95%. Відносна похибка результату вимірювань:

$$\varepsilon = \frac{1,52}{829} \cdot 100 = 0,18 \%$$

Таким чином, середнє значення  $\bar{x}$  для 10 випробувань складає 829г.

## ДОДАТОК Е

Результати експериментального визначення густини пакування

Результати вимірювання густини пакування  $n$  заносимо у другий стовпчик таблиці, розраховуємо та заносимо в третій стовпчик цієї таблиці різності, а в четверту – їх квадрати (Таблиця Е.1).

Таблиця Е.1 Визначення густини пакування

№ пп	$n, \text{хв}^{-1}$	$\bar{x} - n = X$	$X^2$
1	654	-4	16
2	645	5	25
3	648	2	4
4	652	-2	4
5	649	1	1
6	649	1	1
7	654	-4	16
8	650	0	0
9	648	2	4
10	652	-2	4
$\bar{x}$	650		75

Середньоквадратичною помилкою середнього арифметичного називається величина  $S_{\bar{x}}$  та визначається за формулою:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{75}{9}} = 2,88$$

Задавшись надійністю  $P = 0,95$ , за таблицею коефіцієнтів Стюдента для десяти вимірів знаходимо  $t = 2,26$ . Абсолютну помилку знаходимо за формулою:

$$\Delta x = 2,88 \cdot 2,26 = 6,51$$

Кінцевий результат має вигляд  $n \pm \Delta x$  (при  $P = 0,95$ ), тобто істинне значення вимірюваної величини  $x$  лежить в довірчому інтервалі  $643,69 < x < 656,51$  з ймовірністю  $P$ , що становить 95%. Відносна похибка результату вимірювань:

$$\varepsilon = \frac{6,51}{650} \cdot 100 = 1,01\%$$

Таким чином, середнє значення  $\bar{x}$  для 10 випробувань складає  $650 \text{ хв}^{-1}$

## ДОДАТОК Є

Фрагмент листа результатів моделювання намотувального механізму з врахуванням впливу укочуючого ролика у програмі SolidWorks для рівноважного стану системи

Справочная система координат: Ось-1			Справочная система координат: Ось-1			Справочная система координат: Ось-1		
Кадр	Время	Ось-1	Кадр	Время	Ось-1	Кадр	Время	Ось-1
1	0,000	0,0000E+00	1	0	0	1	0	0
2	0,000	0,0007E-15	2	0,000794	1,05822E-14	2	0,000794	1,3904E-14
3	0,000	0,0035E+00	3	0,000864	22,33619528	3	0,000851	46,4798402
4	0,000	0,0160E+00	4	0,001064	340,9732122	4	0,001056	554,277106
5	0,000	0,0471E+00	5	0,001348	418,7441694	5	0,001408	728,672745
6	0,000	0,0553E+00	6	0,001587	812,6578386	6	0,001587	1144,69374
7	0,000	0,0766E+00	7	0,001587	812,6578386	7	0,00199	1294,42442
8	0,000	0,0766E+00	8	0,001964	829,2995956	8	0,002381	1388,85486
9	0,000	0,1109E+00	9	0,002381	1113,135844	9	0,002381	1388,85486
10	0,000	0,1437E+00	10	0,002381	1113,135844	10	0,002798	1565,74506
11	0,000	0,1437E+00	11	0,00291	1305,112356	11	0,003049	1622,02618
12	0,000	0,1437E+00	12	0,003175	1411,888903	12	0,003175	1644,25172
13	0,000	0,1437E+00	13	0,003968	1746,523986	13	0,0033	1789,99885
14	0,000	0,1437E+00	14	0,004762	2104,199831	14	0,003551	1979,35661
15	0,000	0,1437E+00	15	0,005159	2225,754653	15	0,003968	2193,24323
16	0,000	0,1437E+00	16	0,005556	2485,811609	16	0,003968	2193,24323
17	0,000	0,1437E+00	17	0,005556	2485,811609	17	0,004259	2328,38256
18	0,000	0,1648E+00	18	0,005952	2645,397113	18	0,004762	2570,25013

---

5793	0,002	2,9726E+00	##	1,787351	39916,20556	##	1,784921	50415,3859
5794	0,002	2,9696E+00	##	1,787659	39981,08322	##	1,784921	50415,3859
5795	0,002	2,9193E+00	##	1,787877	39921,95953	##	1,785238	50473,465
5796	0,002	2,9193E+00	##	1,788095	39912,72615	##	1,785556	50428,1631
5797	0,002	2,9193E+00	##	1,788204	39971,16243	##	1,785714	50484,9049
5798	0,002	2,9192E+00	##	1,788532	39878,03259	##	1,786032	50437,1833
5799	0,002	2,9193E+00	##	1,788889	39965,57443	##	1,786508	50497,2154
5800	0,002	2,9200E+00	##	1,789087	39899,28739	##	1,786508	50497,2154
5801	0,002	2,9200E+00	##	1,789683	39905,58089	##	1,786756	50376,0231
5802	0,002	2,9200E+00	##	1,789881	39937,99388	##	1,787054	50491,3957
5803	0,002	2,9200E+00	##	1,790476	39874,84788	##	1,787302	50466,6423
5804	0,002	2,9249E+00	##	1,791071	39832,53739	##	1,787415	50461,1988
5805	0,002	2,9267E+00	##	1,79127	39893,94861	##	1,787982	50425,7898
5806	0,002	2,9267E+00	##	1,791667	39868,90256	##	1,788095	50378,9444
5807	0,002	2,9267E+00	##	1,792063	39965,72417	##	1,788322	50457,0253
5808	0,002	2,9267E+00	##	1,792063	39965,72417	##	1,788889	50437,7854
5809	0,002	2,9267E+00	##	1,792659	39978,5495	##	1,788889	50437,7854
5810	0,002	2,9267E+00	##	1,792857	39937,54858	##	1,789286	50420,8256
5811	0,002	2,9420E+00	##	1,793056	39909,01321	##	1,789683	50481,2834
5812	0,002	2,9437E+00	##	1,793651	39912,49743	##	1,789881	50468,5787



5813	0,002	2,9504E+00	##	1,793651	39912,49743	##	1,790179	50385,7782
5814	0,002	2,9549E+00	##	1,794246	39928,59344	##	1,790476	50422,1056
5815	0,002	2,9685E+00	##	1,794444	39944,66249	##	1,790972	50409,5519
5816	0,002	2,9619E+00	##	1,794841	39944,25416	##	1,79127	50387,1752
5817	0,002	2,9619E+00	##	1,795238	39945,83878	##	1,79127	50387,1752
5818	0,002	2,9552E+00	##	1,795437	39925,37846	##	1,791567	50437,3331
5819	0,002	2,9581E+00	##	1,796032	39931,8922	##	1,792063	50474,954
5820	0,002	2,9591E+00	##	1,796032	39931,8922	##	1,79246	50383,4168
5821	0,002	2,9583E+00	##	1,796429	39922,63228	##	1,792857	50429,6149
5822	0,002	2,9635E+00	##	1,796825	39891,14265	##	1,792956	50478,4288
5823	0,002	2,9635E+00	##	1,797024	39952,52816	##	1,793254	50379,5545
5824	0,002	2,9639E+00	##	1,797619	39927,44594	##	1,793651	50454,3881
5825	0,002	2,9639E+00	##	1,797619	39927,44594	##	1,79375	50397,7852
5826	0,002	2,9567E+00	##	1,798413	39929,92968	##	1,794444	50322,584
5827	0,002	2,9659E+00	##	1,798611	39963,09662	##	1,794444	50322,584
5828	0,002	2,9659E+00	##	1,799206	39987,5028	##	1,794792	50470,5118
5829	0,002	2,9754E+00	##	1,799405	39936,32379	##	1,795238	50475,8957
5830	0,002	2,9566E+00	##	1,8	39963,22859	##	1,795437	50498,8654
5831	0,002	2,9566E+00	##	1,8	39963,22859	##	1,796032	50501,7955
5832	0,002	2,9566E+00	##	1,800595	39954,35214	##	1,796032	50501,7955
5833	0,002	2,9566E+00	##	1,800794	39923,14503	##	1,796329	50434,6855
5834	0,002	2,9567E+00	##	1,80119	39960,00386	##	1,796577	50497,0565
5835	0,002	2,9567E+00	##	1,801587	39866,80773	##	1,796825	50514,8759
5836	0,002	2,9450E+00	##	1,801786	39924,73277	##	1,796825	50514,8759
5837	0,002	2,9390E+00	##	1,802381	39906,5781	##	1,797619	50472,2344
5838	0,002	2,9391E+00	##	1,803175	39976,94025	##	1,798016	50485,5282
5839	0,002	2,9443E+00	##	1,803373	39903,23306	##	1,798313	50399,2908
5840	0,002	2,9528E+00	##	1,803968	39932,97659	##	1,798413	50423,521
5841	0,002	2,9595E+00	##	1,804762	39951,22696	##	1,798611	50445,9328
5842	0,002	2,9546E+00	##	1,805556	39969,05916	##	1,798859	50400,9579
5843	0,002	2,9719E+00	##	1,805754	39983,35394	##	1,799157	50404,5982
5844	0,002	2,9737E+00	##	1,806349	39955,27883	##	1,799206	50409,9837
5845	0,002	2,9737E+00	##	1,806548	39880,99977	##	1,8	50442,9123
5846	0,002	2,9737E+00	##	1,806796	39894,12129	##	1,800088	50413,9453
5847	0,002	2,9737E+00	##	1,807044	39969,65145	##	1,800441	50384,7804
5848	0,002	2,9742E+00	##	1,807143	39951,96803	##	1,800794	50425,4636
5849	0,002	2,9779E+00	##	1,807316	39923,58059	##	1,800952	50415,6945
5850	0,002	2,9779E+00	##	1,807564	39903,14304	##	1,801429	50268,3466
5851	0,002	2,9512E+00	##	1,807937	39966,75364	##	1,801587	50303,7903
5852	0,002	2,9512E+00	##	1,808061	39941,3985	##	1,801746	50324,3541
5853	0,002	2,9513E+00	##	1,808309	39959,26025	##	1,802222	50453,99
5854	0,002	2,9746E+00	##	1,80859	39903,22087	##	1,802381	50469,3584
5855	0,002	2,9518E+00	##	1,80873	39863,66623	##	1,802579	50461,2724
5856	0,002	2,9518E+00	##	1,808929	39930,48824	##	1,803026	50458,8488
5857	0,002	2,9518E+00	##	1,809524	39961,80054	##	1,803175	50477,9679
5858	0,002	2,9518E+00	##	1,810317	39994,19923	##	1,803323	50383,5512
5859	0,002	2,9518E+00	##	1,810317	39994,19923	##	1,803968	50390,3472
5860	0,002	2,9518E+00	##	1,811111	39947,82293	##	1,803968	50390,3472
5861	0,002	2,9532E+00	##	1,811905	39936,20522	##	1,804241	50503,5364
5862	0,002	2,9532E+00	##	1,811905	39936,20522	##	1,804489	50427,8825

5863	0,002	2,9632E+00	##	1,8125	39873,60915	##	1,804762	50428,8529
5864	0,002	2,9632E+00	##	1,812698	39925,01187	##	1,804762	50428,8529
5865	0,002	3,0069E+00	##	1,812748	39945,6413	##	1,805357	50375,8443
5866	0,002	3,0027E+00	##	1,812996	39914,46393	##	1,805556	50473,2841
5867	0,002	3,0027E+00	##	1,813492	39924,67361	##	1,805655	50460,6984
5868	0,002	3,0007E+00	##	1,813605	39932,19041	##	1,806349	50449,2578
5869	0,002	3,0007E+00	##	1,813832	39949,86609	##	1,806548	50421,4406
5870	0,002	3,0007E+00	##	1,814059	39962,75818	##	1,807143	50407,0626
5871	0,002	2,9483E+00	##	1,814286	39982,51976	##	1,807143	50407,0626
5872	0,002	2,9209E+00	##	1,814286	39982,51976	##	1,807937	50450,9122
5873	0,002	2,9209E+00	##	1,814512	39933,57957	##	1,808135	50426,4921
5874	0,002	2,9209E+00	##	1,815079	39922,93012	##	1,808433	50370,331
5875	0,002	2,9213E+00	##	1,815079	39922,93012	##	1,80873	50419,7877
5876	0,002	2,9213E+00	##	1,815675	39941,68032	##	1,80873	50419,7877
5877	0,002	2,9314E+00	##	1,815873	39910,84891	##	1,809524	50380,1214
5878	0,002	2,9615E+00	##	1,815972	39946,93031	##	1,810317	50446,2406
5879	0,002	2,9615E+00	##	1,816667	39961,01639	##	1,811111	50423,7209
5880	0,002	2,9559E+00	##	1,816667	39961,01639	##	1,811706	50432,7296
5881	0,002	2,9559E+00	##	1,817113	39868,44733	##	1,811905	50412,4884
5882	0,002	3,0148E+00	##	1,81746	39962,8047	##	1,8125	50420,5423
5883	0,002	3,0367E+00	##	1,81746	39962,8047	##	1,812698	50441,9517
5884	0,002	3,0367E+00	##	1,818254	39911,50257	##	1,813095	50446,4173
5885	0,002	3,0439E+00	##	1,818452	39941,16218	##	1,813492	50418,2788
5886	0,002	3,0439E+00	##	1,818899	39858,16593	##	1,81369	50434,3785
5887	0,002	3,0464E+00	##	1,819048	39877,45455	##	1,814286	50464,8685
5888	0,002	3,0472E+00	##	1,819147	39917,91416	##	1,814286	50464,8685
5889	0,002	3,0474E+00	##	1,819637	39864,69828	##	1,814534	50467,3286
5890	0,002	3,0475E+00	##	1,819841	39912,45601	##	1,815079	50476,8345
5891	0,002	3,0476E+00	##	1,819909	39939,28082	##	1,815193	50492,2286
5892	0,002	3,0016E+00	##	1,820114	39951,66628	##	1,81542	50387,5842

## **ДОДАТОК Ж**

Матеріали, які підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи та патенти на корисну модель України



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **136673** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
**B65H 54/00**

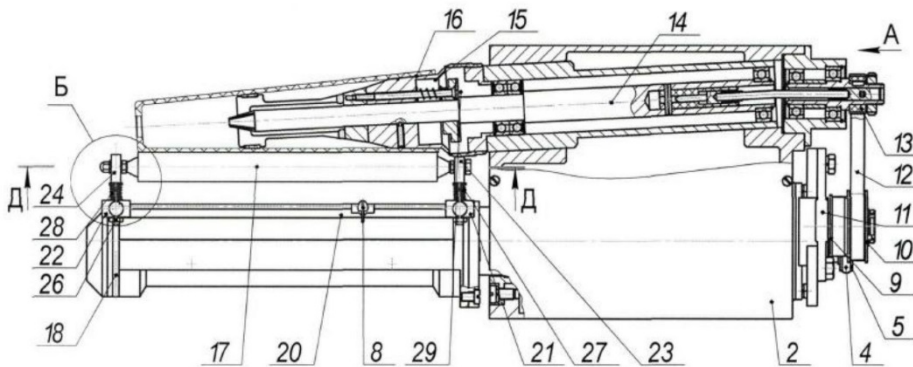
**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: <b>u 2019 02864</b>	(72) Винахідник(и): <b>Манойленко Олександр Петрович (UA), Завертанний Богдан Сергійович (UA), Акимов Олександр Олександрович (UA), Макаренко Олександр Вікторович (UA), Висоцький Олександр Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>22.03.2019</b>	(73) Власник(и): <b>КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ, вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.08.2019</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.08.2019, Бюл.№ 16</b>	

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАМОТУВАННЯ НИТКИ У БОБІНИ**

(57) Реферат:

Пристрій для намотування нитки у бобіни включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з кінчною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, яка встановлена у кінцях двох штоків амортизаторів, іншими кінцями встановлені в коромислі та введені з ним двома пружинами в силове замикання. Пристрій оснащений двома гайками, двома шарнірними підшипниками, двома циліндричними пальцями з отворами. Інші кінці штоків амортизаторів виконані з різьбовою частиною, на яких з можливістю регулювання закріплені гайки. Кінці штоків амортизаторів шарнірними підшипниками з'єднані з віссю, іншими кінцями встановлені рухомо в отвори циліндричних пальців, які обертальною парою з'єднані з коромислом.



Фіг. 2

U  
UA 136673 U

Корисна модель належить до текстильного машинобудування, зокрема до пристроїв намотування нитки у бобіни.

Відомий пристрій для намотування нитки у бобіни [<http://www.wsf-tex.com/products/wsf618b-02-precision-winder.html>, 2015 р.], що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, яка встановлена в коромислі.

При цьому вісь жорстко закріплена в коромислі, що не забезпечує рівномірне прилягання поверхні укочуючого ролика до поверхні конічної бобіни, по всій її довжині та цим не забезпечує рівномірну укладку пряжі, що призводить до зниження та надійності роботи пристрою та якості пакування.

Відомий також пристрій для намотування нитки у бобіни [А. С. СРСР № 704877, МПК: В65Н 54/52, В65Н 59/38, 1979 г.], що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, яка встановлена у кінцях двох штоків амортизаторів, іншими кінцями встановлені в коромислі та введені з ним двома пружинами в силове замикання.

При цьому укочуючий ролик виконаний з тахометричним датчиком, який з'єднаний з електричним приводом, тахометричним перетворювачем та регулюючим перетворювачем частоти та датчиком швидкості нитки, що ускладнює конструкцію пристрою, вісь жорстко закріплена в кінцях штоків амортизаторів, їх інші кінці з'єднані з коромислом зворотнопоступальною кінематичною парою, що забезпечує переміщення укочуючого ролика лише паралельно твірній конічної бобіни, і цим самим унеможлиблює прилягання їх поверхонь по всій довжині та цим не забезпечує рівномірну укладку нитки, що призводить до зниження надійності роботи пристрою, та якості пакування.

В основу корисної моделі поставлена задача створити такий пристрій намотування нитки у бобіни, у якому введенням нових елементів, їх зв'язків, забезпечилось би підвищення надійності його роботи та якості пакування.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, яка встановлена у кінцях двох штоків амортизаторів, іншими кінцями встановлені в коромислі та введені з ним двома шарнірними підшипниками, двома циліндричними пальцями з отворами, інші кінці штоків амортизаторів виконані з різьбовою частиною, на яких з можливістю регулювання закріплені гайки, кінці штоків амортизаторів шарнірними підшипниками з'єднані з віссю, іншими кінцями встановлені рухомо в отвори циліндричних пальців, які обертальною парою з'єднані з коромислом.

Застосування двох шарнірних підшипників та двох циліндричних пальців з отворами, з'єднання їх з кінцями штоків, коромислом та віссю дозволяє встановлювати вісь укочуючого ролика відносно твірної конуса конічної бобіни і тим самим забезпечує щільне прилягання їх поверхонь, а виконання штоків з різьбовими частинами та закріплення гайок з можливістю регулювання, забезпечує можливість регулювання жорсткості амортизатора та покращення умов намотування нитки, що призводить та підвищення надійності роботи пристрою та якості пакування.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями:

кінематична схема пристрою для намотування нитки у бобіни фіг. 1; загальний вигляд пристрою для намотування нитки у бобіни фіг. 2; вигляд А, вказаний на фіг. 2, фіг. 3; виносний елемент Б, вказаний на фіг. 2, фіг. 4; переріз В-В, вказаний на фіг. 4, фіг. 5; переріз Г-Г, вказаний на фіг. 4, фіг. 6; переріз Д-Д, вказаний на фіг. 2, фіг. 7.

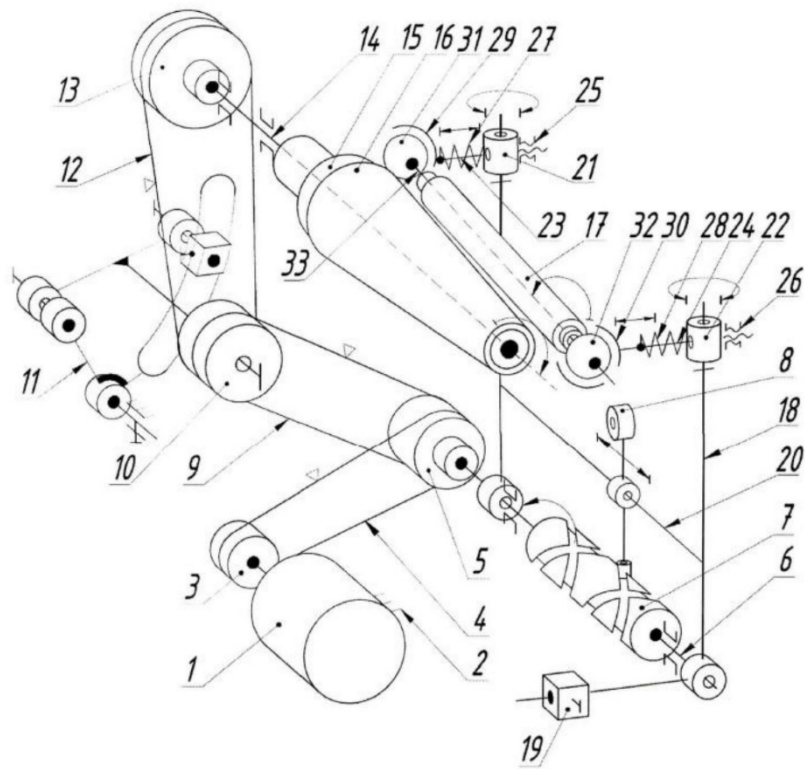
Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що включає електродвигун 1 (фіг. 1-7), який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 5 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який встановлений рухомо на гітарі 11, закріпленої з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленням на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який встановлений рухомо у корпусі

2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо встановлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8. Кінці коромисла 18 з'єднані обертальними парами з циліндричними пальцями 21 та 22, в отвори яких рухомо встановлені інші кінці штоків амортизаторів 23 та 24, виконаних з різьбовими частинами (на фіг. не позначено), на яких закріплені з можливістю регулювання гайки 25 та 26. На штоках амортизаторів 23 та 24 відповідно встановлені пружини 27 та 28, кінці яких уперті відповідно у циліндричні пальці 21 та 22, а інші їх кінці закріплені на штоках амортизаторів 23 та 24. На кінцях штоків амортизаторів 23 та 24 закріплені зовнішні кільця 29 та 30 шарнірних підшипників, а внутрішні їх кільця 31 та 32 закріплені на осі 33, яка з'єднана з укочуючим роликом 17, який противагою 19 введений в силове замикання з кінчною бобіною 16.

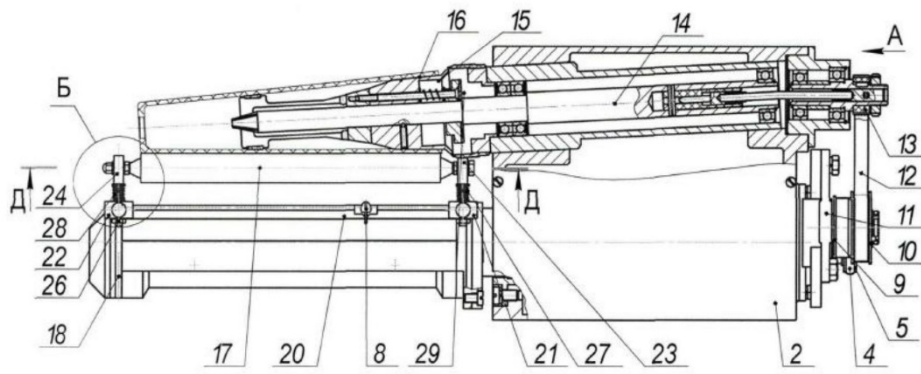
Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином: обертальний рух вала електродвигуна 1 передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно-оступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківа 5 передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримачу 15 разом з кінчною бобіною 16. Обертальний рух кінчної бобіни 16 за рахунок сил тертя призводить до обертання укочуючого ролика 17 відносно осі 33. Противага 19 забезпечує силовий контакт укочуючого ролика 17 з кінчною бобіною 16, переміщення штоків амортизаторів 23 та 24 відносно в отворах циліндричних пальців 21 та 22 забезпечує компенсацію вібрації укочуючого ролика 17. Збереження контакту укочуючого ролика 17 з кінчною бобіною 16 досягається поворотом внутрішніх кілець 31, 32 шарнірних підшипників відносно його зовнішніх кілець 29, 30 та одночасно поворотом осі 33 відносно штоків амортизаторів 23, 24 та поворотом циліндричних пальців 21 та 22 в коромислі 18. Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2. Регулювання жорсткістю пружин 27 та 28 здійснюється гайками 25 та 26.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для намотування нитки у бобіни, що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з кінчною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, яка встановлена у кінцях двох штоків амортизаторів, іншими кінцями встановлені в коромислі та введені з ним двома пружинами в силове замикання, який відрізняється тим, що оснащений двома гайками, двома шарнірними підшипниками, двома циліндричними пальцями з отворами, інші кінці штоків амортизаторів виконані з різьбовою частиною, на яких з можливістю регулювання закріплені гайки, кінці штоків амортизаторів шарнірними підшипниками з'єднані з віссю, іншими кінцями встановлені рухомо в отвори циліндричних пальців, які обертальною парою з'єднані з коромислом.

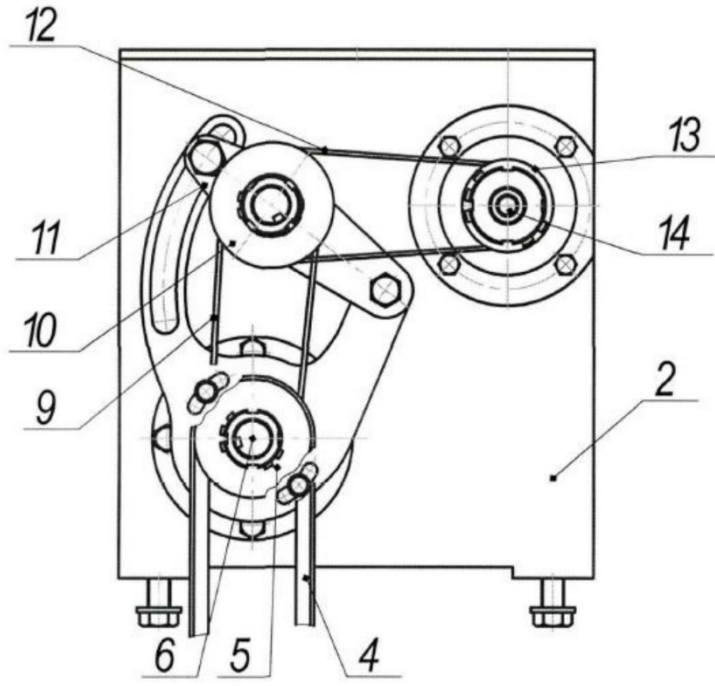


Фиг. 1



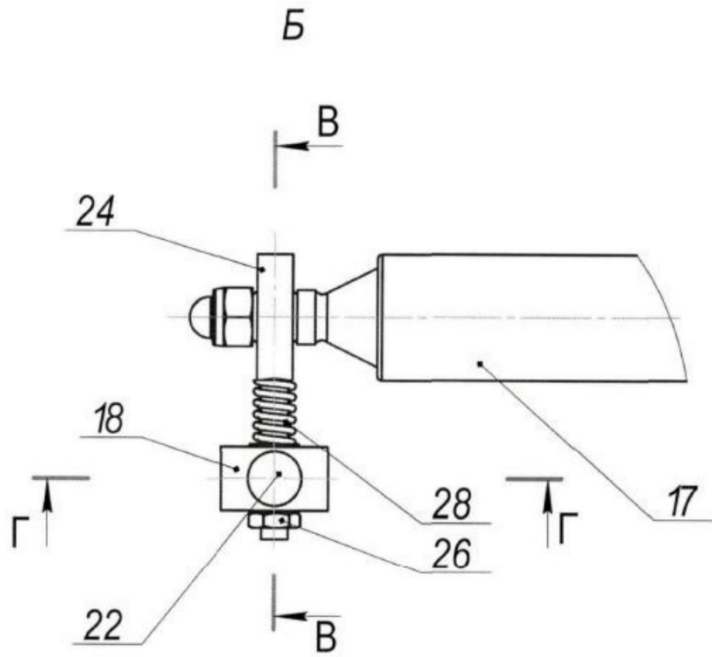
Фиг. 2

A

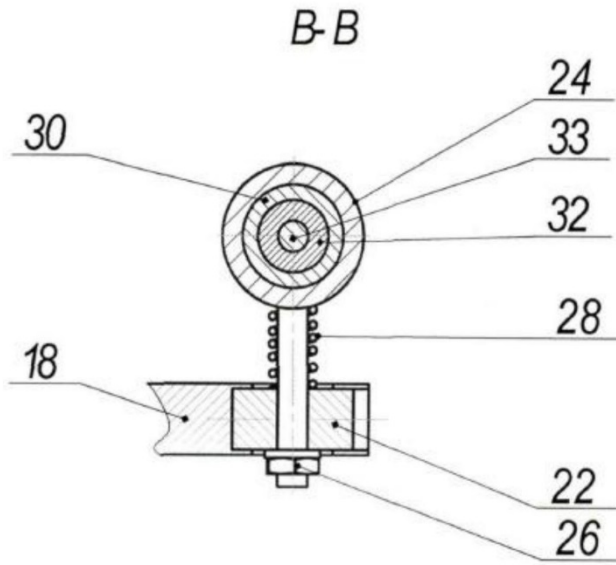


Фиг. 3

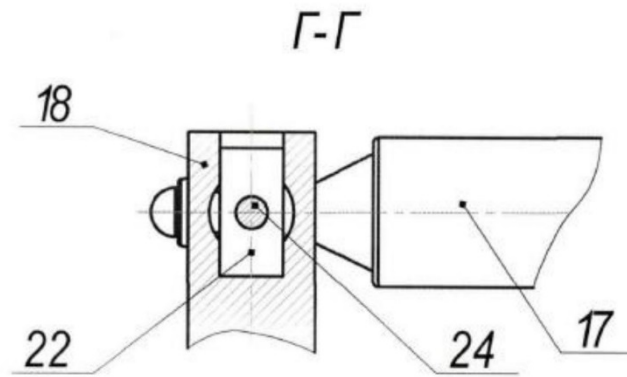




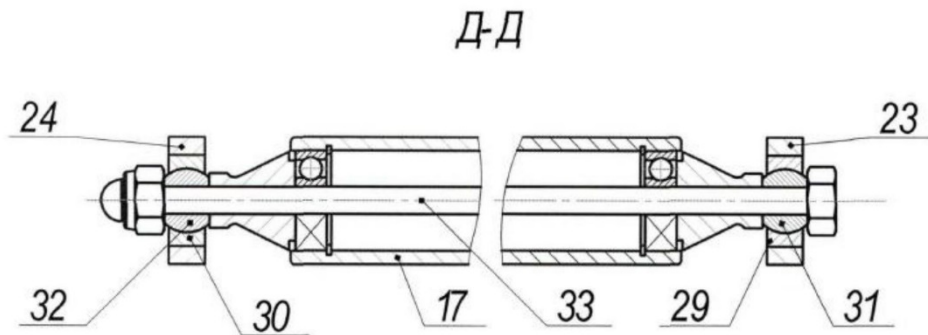
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

---

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **136674** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
**B65H 54/00**

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

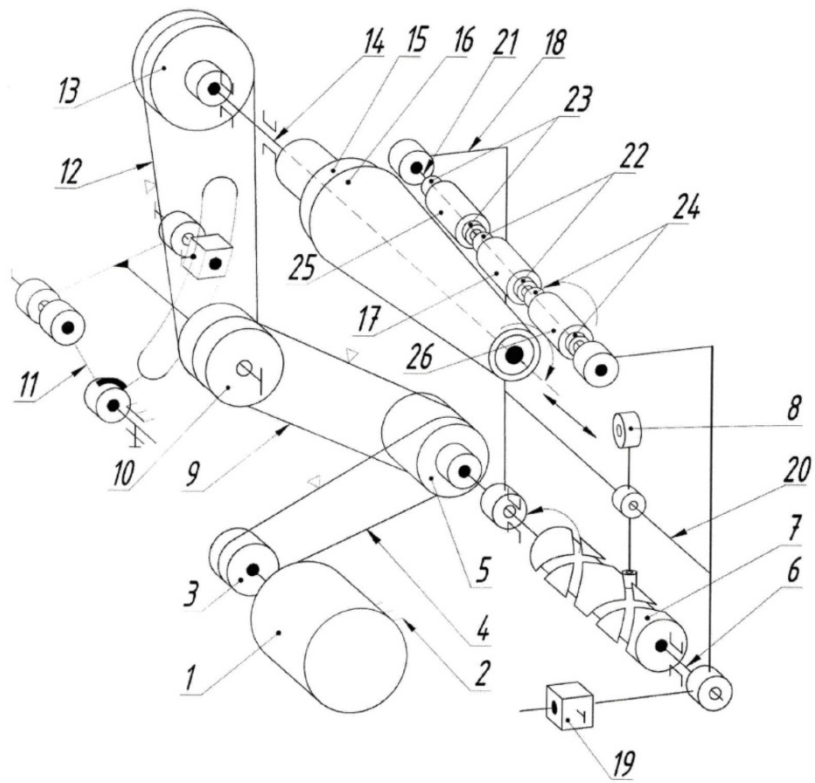
<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2019 02866</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Акимов Олександр Олександрович (UA), Манойленко Олександр Петрович (UA), Завертаний Богдан Сергійович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>22.03.2019</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.08.2019</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ, вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011 (UA)</b>
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.08.2019, Бюл.№ 16</b>	

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАМОТУВАННЯ НИТКИ У БОБІНИ**

**(57)** Реферат:

Пристрій для намотування нитки у бобіни включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який парою підшипників з'єднаний з віссю, яка закріплена в коромислі. Оснащений принаймні парою додаткових укочуючих роликів та додатковими парами підшипників, закріплених на осі.

**UA 136674 U**



Фиг. 1

Корисна модель належить до текстильного машинобудування, зокрема до пристроїв намотування нитки у бобіни.

Відомий пристрій для намотування нитки у бобіни [А. С. СРСР № 704877, МПК: В65Н 54/52, В65Н 59/38, 1979 г.], що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який парою підшипників з'єднаний з віссю, яка встановлена в коромислі.

При цьому укочуючий ролик виконаний з тахометричним датчиком, який з'єднаний з електричним приводом, тахометричним перетворювачем, регулюючим перетворювачем частоти та датчиком швидкості нитки, а вісь укочуючого ролика встановлена в амортизаторі коромисла, який містить два штоки, дві пружини, виконання укочуючого ролика у вигляді суцільного циліндра не забезпечує рівномірну укладку пряжі на конічну бобіну завдяки різній лінійній швидкості по всій довжині твірної конуса у зоні контакту з конічною бобіною, що ускладнює конструкцію пристрою та надійність його роботи та якості пакування.

Відомий також пристрій для намотування нитки у бобіни [<http://www.wsf-tex.com/products/wsf618b-02-precision-winder.html>, 2015 р.], що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який парою підшипників з'єднаний з віссю, яка закріплена в коромислі.

При цьому укочуючий ролик виконаний у вигляді суцільного циліндра, що не дозволяє здійснювати рівномірну укладку пряжі на конічну бобіну завдяки різній лінійній швидкості по всій довжині твірної конуса у зоні контакту з конічною бобіною, що призводить до зниження надійності роботи пристрою та якості пакування.

В основу корисної моделі покладена задача створити такий пристрій намотування нитки у бобіни, у якому введенням нових елементів, їх зв'язків, забезпечилась б підвищення надійності його роботи та якості пакування.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для намотування нитки у бобіни, що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який парою підшипників з'єднаний з віссю, яка закріплена в коромислі, згідно з корисною моделлю, оснащений принаймні парою додаткових укочуючих роликів та додатковими парами підшипників, закріплених на осі.

Застосування принаймні двох додаткових укочуючих роликів та встановлення їх на осі на двох парах підшипника, дозволяє отримати різну швидкість укочуючих роликів вздовж твірної конуса конічної бобіни в зоні контакту та зменшити витрати енергії при проковзуванні циліндричного ролика по конічній бобіні, що призводить до покращення умов намотування нитки та забезпечує підвищення надійності роботи пристрою та якості пакування.

На фіг. 1 - представлена кінематична схема пристрою для намотування нитки у бобіни;

на фіг. 2 - представлено креслення пристрою для намотування нитки у бобіни (вигляд зверху);

на фіг. 3 - представлений вигляд А вказаний на фіг. 2;

на фіг. 4 - представлений розріз Б-Б вказаний на фіг. 2.

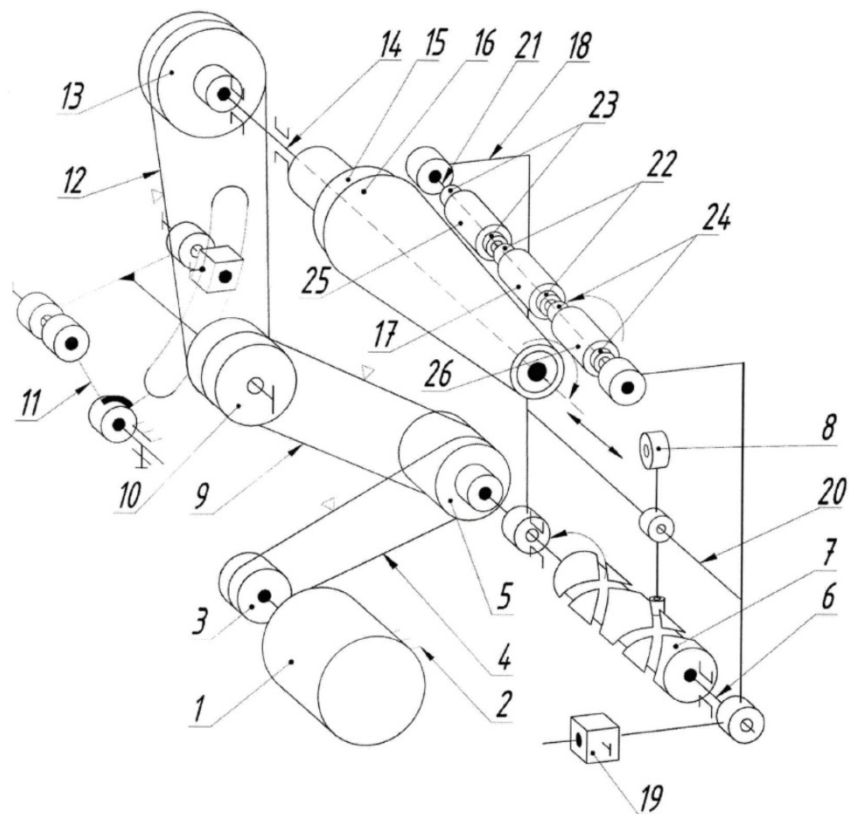
Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що включає електродвигун 1 (фіг. 1-4), який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 5 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений рухомо на гітарі 11 закріпленої з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленого на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо установлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8, а на кінці коромисла 18 закріплена вісь 21, на якій рухомо установлений, на парі підшипників 22, укочуючий ролик 17. По обидва боки на додаткових парах підшипників 23 та 24 на осі 21 рухомо установлені додаткові укочуючі ролики 25 та 26. Укочуючий ролик 17 та додаткові укочуючі ролики 25 та 26 противагою 19 введені в силове замикання з конічною бобіною 16.

Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином, обертальний рух вала електродвигуна 1, передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6.

Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно поступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківів 5 передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримачу 15 разом з конічною бобіною 16. Обертальний рух конічної бобіни 16 за рахунок сил тертя, які виникають між поверхнями уключуючого ролика 17 та додаткових уключуючих роликів 25 та 26 призводить до їх обертання, відповідно в парах підшипників 22 та додаткових парях підшипників 23 та 24 відносно осі 21. Противага 19 забезпечує силовий контакт уключуючого ролика 17 та додаткових уключуючих роликів 25 та 26 з конічною бобіною 16. Регулювання зусилля натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Пристрій для намотування нитки у бобіни, що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм уключуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, уключуючий ролик, який парю підшипників з'єднаний з віссю, яка закріплена в коромислі, який відрізняється тим, що оснащений принаймні парю додаткових уключуючих роликів та додатковими парями підшипників, закріплених на осі.



Фіг. 1

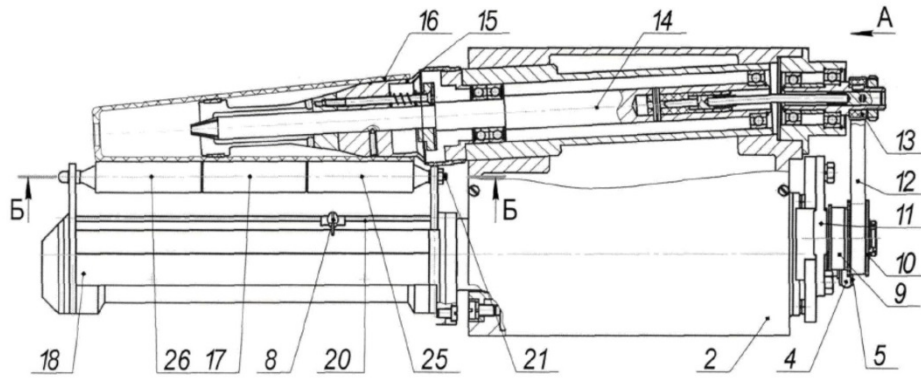


Fig. 2

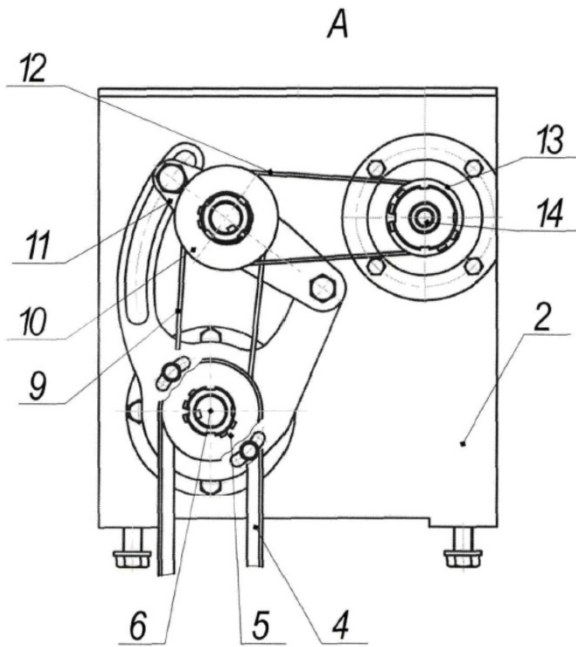
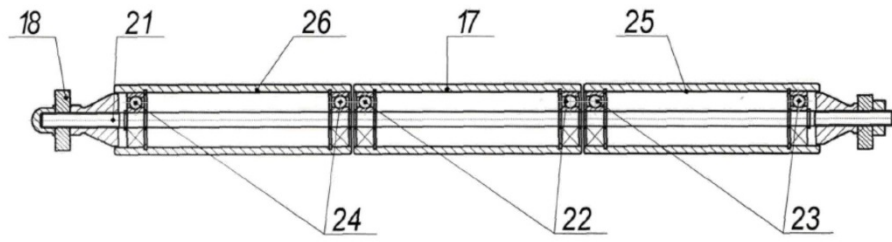


Fig. 3

Б-Б



Фиг. 4

---

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601





МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **136735** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
**B65H 54/00**

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

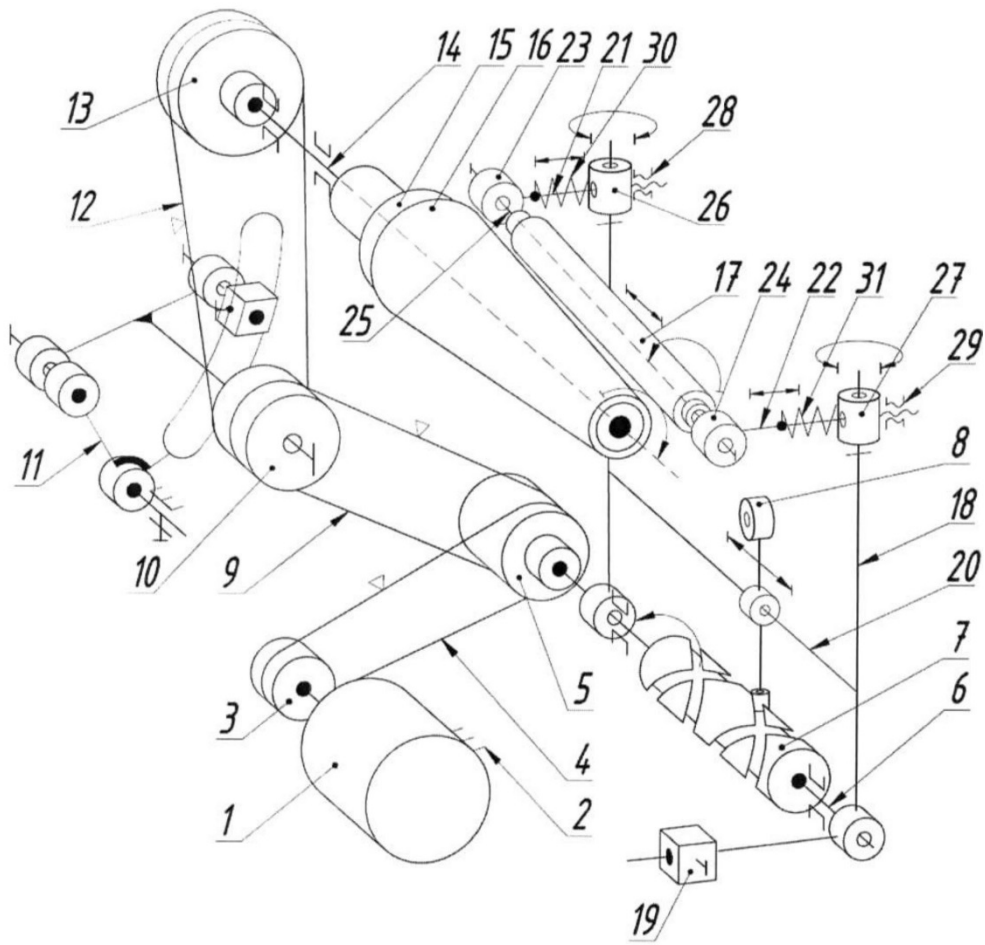
(21) Номер заявки: <b>u 2019 03353</b>	(72) Винахідник(и): <b>Манойленко Олександр Петрович (UA), Завертанний Богдан Сергійович (UA), Акимов Олександр Олександрович (UA), Дворжак Володимир Миколайович (UA), Куліш Яна Миколаївна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>03.04.2019</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.08.2019</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.08.2019, Бюл.№ 16</b>	(73) Власник(и): <b>КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ, вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011 (UA)</b>

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАМОТУВАННЯ НИТКИ У БОБІНИ**

**(57) Реферат:**

Пристрій для намотування нитки у бобіни включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю. Кінці осі установлені на кінцях штоків двох амортизаторів, їх інші кінці встановлені в коромислі та введені з ним двома пружинами в силове замикання. Оснащений двома гайками, двома циліндричними пальцями з отворами, двома ковзними втулками, які закріплені на кінцях штоків, та зворотно-поступальною кінематичною парою, з'єднані з кінцями осі. Інші кінці штоків виконані з різьбовими частинами та з'єднані з отворами циліндричних пальців, які з'єднані обертальною кінематичною парою з коромислом, на різьбових частинах з можливістю регулювання закріплені гайки.

**UA 136735 U**



Фиг. 1

Корисна модель належить до текстильного машинобудування, зокрема до пристроїв намотування нитки у бобіни.

Відомий пристрій для намотування нитки у бобіни [<http://www.wsf-tex.com/products/wsf618b-02-precision-winder.html>, 2015 р.], що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, яка встановлена в коромислі.

При цьому укочуючий ролик виконаний у вигляді пустотілого циліндра, а кінці осі установлені жорстко в коромислі, що не забезпечує рівномірне прилягання поверхні укочуючого ролика до поверхні конічної бобіни, по всій її довжині та цим не забезпечує рівномірну укладку пряжі, що призводить до зниження надійності роботи пристрою та якості пакування.

Відомий також пристрій для намотування нитки у бобіни [А.С. СРСР № 704877, МПК: В65Н 54/52, В65Н 59/38, 1979 г.], що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, кінці осі установлені на кінцях штоків двох амортизаторів, їх інші кінці встановлені в коромислі та введені з ним двома пружинами в силове замикання.

При цьому укочуючий ролик виконаний з тахометричним датчиком, який з'єднаний з електричним приводом, тахометричним перетворювачем та регулюючим перетворювачем частоти та датчиком швидкості нитки, кінці осі установлені жорстко на кінцях штоків амортизаторів, які установлені на коромислі з можливістю тільки зворотного-поступального руху, що забезпечує переміщення укочуючого ролика лише паралельно твірній конічної бобіни, і цим самим унеможлиблює прилягання їх поверхонь по всій довжині та цим не забезпечує рівномірну укладку нитки, що призводить до зниження надійності роботи пристрою та якості пакування.

В основу корисної моделі поставлена задача створити такий пристрій намотування нитки у бобіни, у якому введенням нових елементів, їх зв'язків, забезпечилась б підвищення надійності його роботи та якості пакування.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для намотування нитки у бобіни, що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, кінці осі установлені на кінцях штоків двох амортизаторів, їх інші кінці встановлені в коромислі та введені з ним двома пружинами в силове замикання, згідно з корисною моделлю, оснащений двома гайками, двома циліндричними пальцями з отворами, двома ковзними втулками, які закріплені на кінцях штоків та зворотно-поступальною кінематичною парою з'єднані з кінцями осі, інші кінці штоків виконані з різьбовими частинами та з'єднані з отворами циліндричних пальців, які з'єднані оберальною кінематичною парою з коромислом, на різьбових частинах з можливістю регулювання закріплені гайки.

Застосування двох циліндричних пальців з отворами, з'єднання їх з штоками та оберальною кінематичною парою з коромислом, застосування двох ковзних втулок закріплення їх на кінцях штоків та з'єднання з кінцями осі зворотно-поступальною парою, забезпечує орієнтування осі укочуючого ролика відносно твірної конуса конічної бобіни і тим самим забезпечує щільне прилягання їх поверхонь, а виконання штоків з різьбовими частинами та закріплення гайок з можливістю регулювання, забезпечує можливість регулювання жорсткості амортизатора та покращення умов намотування нитки, що призводить до підвищення надійності роботи пристрою та якості пакування.

На фіг. 1 - представлена кінематична схема пристрою для намотування нитки у бобіни; на фіг. 2 - представлено креслення загального виду пристрою для намотування нитки у бобіни; на фіг. 3 - представлений вид А вказаний на фіг. 2; на фіг. 4 - представлений виносний елемент Б вказаний на фіг. 2; на фіг. 5 - представлений розріз В-В вказаний на фіг. 4; на фіг. 6 - представлений розріз Г-Г вказаний на фіг. 4; на фіг. 7 - представлений розріз Д-Д вказаний на фіг. 4; на фіг. 8 - представлений виносний елемент Е вказаний на фіг. 2.

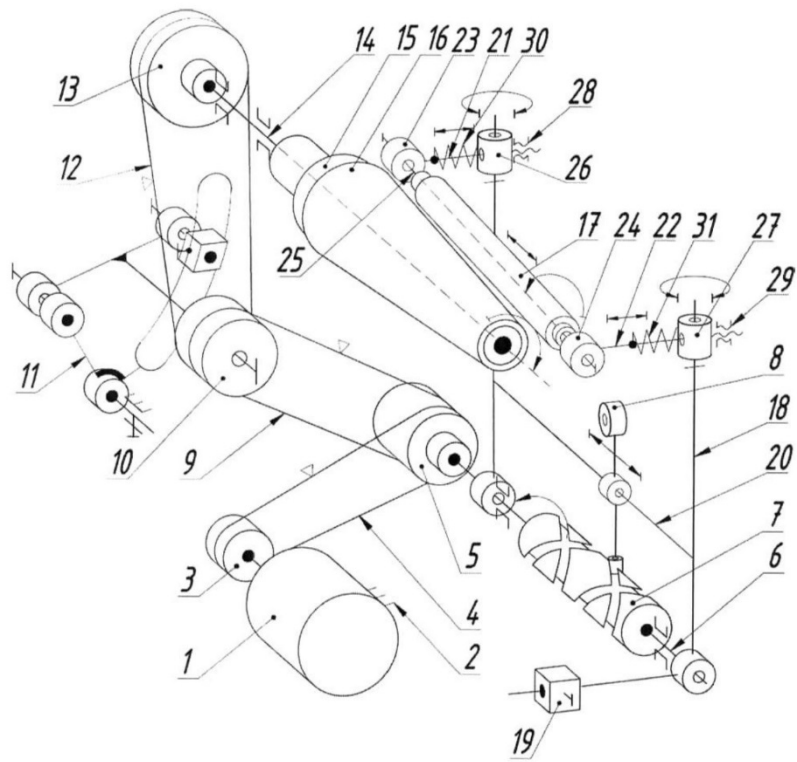
Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що включає з електродвигун 1 (фіг. 1-8), який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5, закріпленим на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 5 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений рухомо на гітарі 11, закріплений з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13, закріпленим на валу 14

5 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо встановлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8. На кінцях штоків амортизаторів 21 та 22 закріплені ковзні втулки 23 та 24, які з'єднані зворотно-поступальною кінематичною парою з віссю 25, яка з'єднана з укочуючим роликком 17, який противагою 19 введений в силове замикання з конічною бобіною 16. Коромисло 18 з'єднане обертальними парами з циліндричними пальцями 26 та 27, отвори яких з'єднані поступальною кінематичною парою з іншими кінцями штоків амортизаторів 21 та 22 на їх різьбових кінцях (на фіг. не показано) закріплені з можливістю регулювання гайки 28 та 29. На штоках амортизаторів 21 та 22 відповідно встановлені пружини 30 та 31, кінці яких уперті відповідно у циліндричні пальці 26 та 27, а інші їх кінці закріплені на штоках амортизаторів 21 та 22.

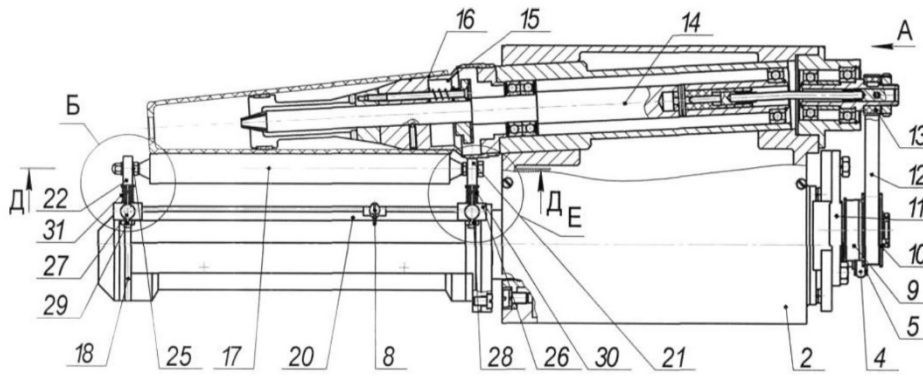
15 Пристрій для намотування нитки у бобіні працює наступним чином, обертальний рух вала електродвигуна 1 передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно-поступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківа 5 передається пасом 9 натяжному шківу 10, пасом 12 - веденому шківу 13 та валом 14 бобінотримачу 15 разом з конічною бобіною 16. Обертальний рух конічної бобіни 16 за рахунок сил тертя призводить до обертання укочуючого ролика 17 відносно осі 25. Противага 19 забезпечує силовий контакт укочуючого ролика 17 з конічною бобіною 16, переміщення штоків амортизаторів 21 та 22 відносно отворів циліндричних пальців 26 та 27 забезпечує компенсацію вібрації укочуючого ролика 17, а збереження контакту його з конічною бобіною 16 досягається поворотом циліндричних пальців з отвором 26 та 27 в коромислі 18 та одночасним переміщенням штоків амортизаторів 21 та 22 в ковзних втулках 23 та 24 вздовж осі 25. 25 Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2. Регулювання жорсткості пружин 30 та 31 здійснюється гайками 28 та 29.

#### 30 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

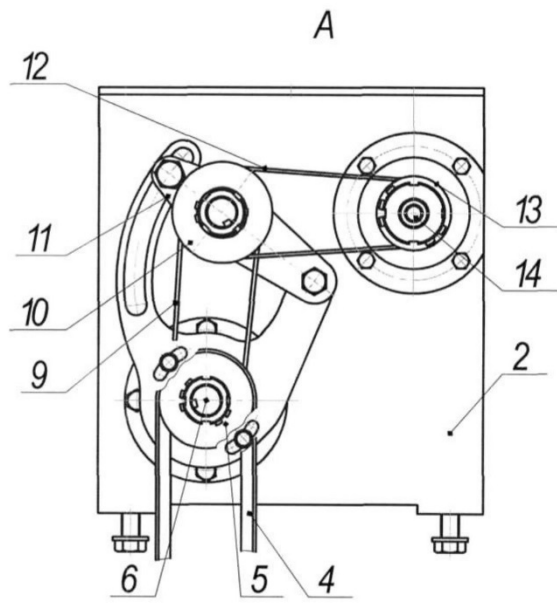
35 Пристрій для намотування нитки у бобіні, що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, кінці осі установлені на кінцях штоків двох амортизаторів, їх інші кінці встановлені в коромислі та введені з ним двома пружинами в силове замикання, який **відрізняється** тим, що оснащений двома гайками, двома циліндричними пальцями з отворами, двома ковзними втулками, які закріплені на кінцях штоків, та зворотно-поступальною кінематичною парою, з'єднані з кінцями осі, інші кінці штоків виконані з різьбовими частинами та з'єднані з отворами циліндричних пальців, які з'єднані обертальною кінематичною парою з коромислом, на різьбових частинах з можливістю регулювання закріплені гайки. 40



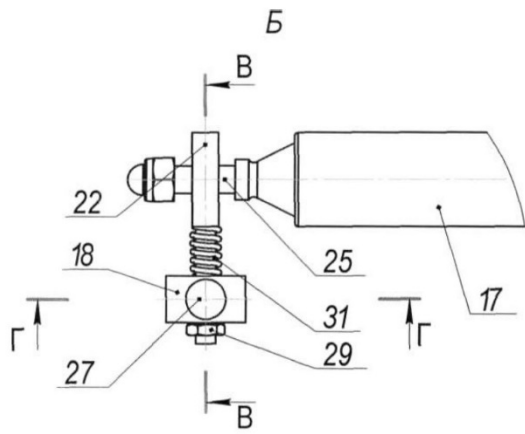
Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4

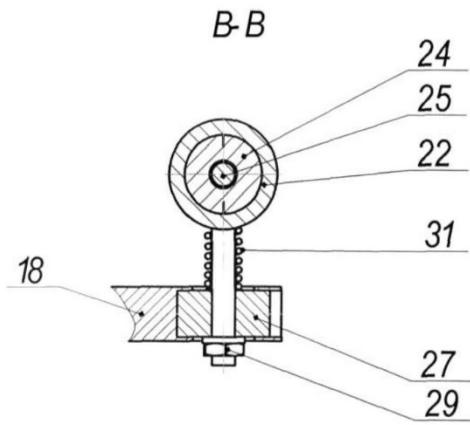


Fig.5

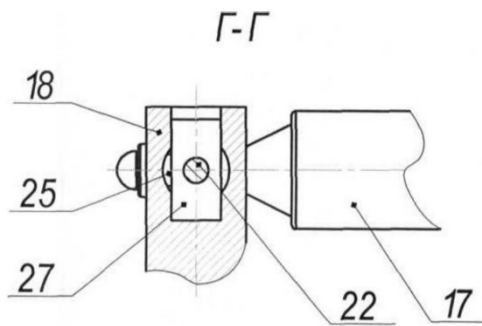


Fig.6

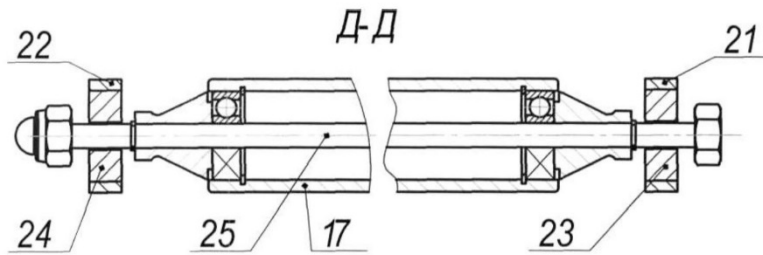
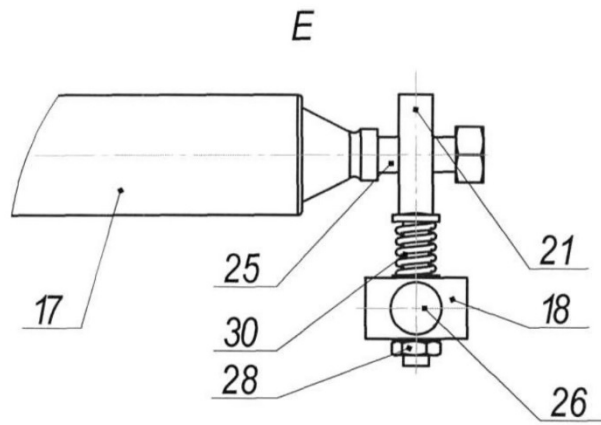


Fig.7



**Фиг.8**

---

Комп'ютерна верстка М. Шамоніна

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601





МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **136737** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
**B65H 54/00**

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

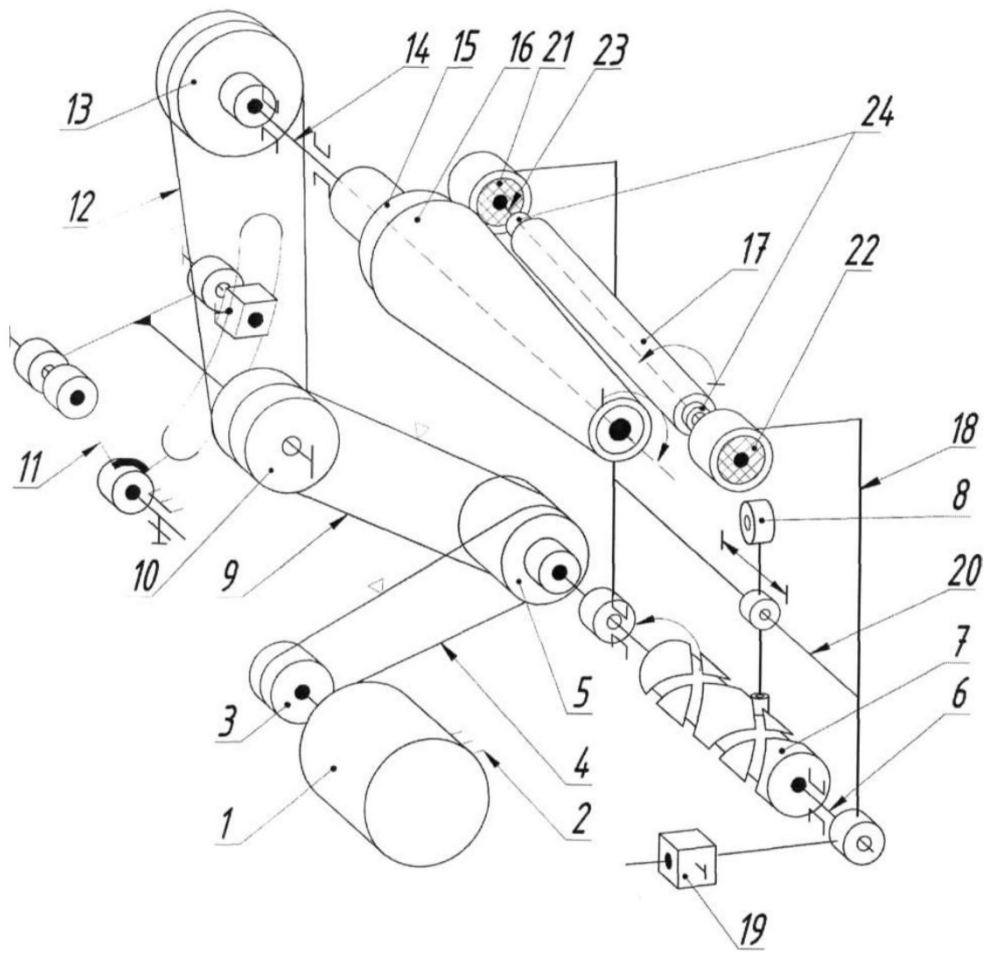
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2019 03355</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>03.04.2019</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.08.2019</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.08.2019, Бюл.№ 16</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Манойленко Олександр Петрович (UA), Завертанний Богдан Сергійович (UA), Акимов Олександр Олександрович (UA), Болотян Максим Олександрович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ, вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011 (UA)</b></p>
--	---

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАМОТУВАННЯ НИТКИ У БОБІНИ**

**(57) Реферат:**

Пристрій для намотування нитки у бобіни містить корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що містить противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, її кінці встановлені в двох амортизаторах, встановлених в коромислі. Амортизатори виконані у вигляді гумових втулок, які закріплені в коромислі, а вісь закріплена в отворах гумових втулок.

**UA 136737 U**



Фиг. 1

Корисна модель належить до текстильного машинобудування, зокрема до пристроїв намотування нитки у бобіни.

Відомий пристрій для намотування нитки у бобіни [http://www.wsf-tex.com/products/wsf618b-02-precision-winder.html, 2015.], що містить корпус, в якому розміщені бобінотримач з кінцевою бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм уключуючого ролика, що містить противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, уключуючий ролик, який з'єднаний з віссю, яка встановлена в коромислі.

При цьому вісь уключуючого ролика жорстко закріплена в коромислі, що не забезпечує надійність його роботи при різних частотах обертання бобінотримача.

Відомий також механізм для намотування пряжі у бобіни [А.С. СРСР № 704877, МПК: В65Н 54/52, В65Н 59/38, 1979.], що містить корпус, в якому розміщені бобінотримач з кінцевою бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм уключуючого ролика, що містить противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, уключуючий ролик, який з'єднаний з віссю, її кінці встановлені в двох амортизаторах, встановлених в коромислі.

При цьому електричний привод містить тахометричний перетворювач, регулюючий перетворювач зміни частоти, з'єднані з датчиком швидкості нитки, та тахометричний датчик, установлений в порожнині уключуючого ролика, амортизатор, виконаний у вигляді корпусу, в якому встановлено два штоки, на штоках встановлені дві пружини, кінці яких уперті в коромисло та штоки, що ускладнює конструкцію пристрою та технологічність виготовлення.

В основу корисної моделі поставлена задача створити такий пристрій перемотування нитки у бобіни, у якому введенням нових елементів, їх зв'язків, забезпечилося б спрощення конструкції та технологічності його виготовлення.

Поставлена задача вирішується тим, що містить корпус, в якому розміщені бобінотримач з кінцевою бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм уключуючого ролика, що містить противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, уключуючий ролик, який з'єднаний з віссю, її кінці встановлені в двох амортизаторах, встановлених в коромислі, згідно з корисною моделлю, амортизатори виконані у вигляді гумових втулок, які закріплені в коромислі, а вісь закріплена в отворах гумових втулок.

Застосування амортизатора у вигляді двох гумових втулок усуває коливання уключуючого ролика, які виникають при намотуванні, при різних швидкостях та неточності виготовлення деталей та їх встановлення, що також забезпечує спрощення конструкції та технологічності виготовлення деталей пристрою.

На фіг. 1 - представлена кінематична схема пристрою для намотування нитки у бобіни; на фіг. 2 - представлено креслення загального виду пристрою для намотування нитки у бобіни (вид зверху); на фіг. 3 - представлений вид А вказаний на фіг. 2; на фіг. 4 - представлений розріз Б-Б вказаний на фіг. 2.

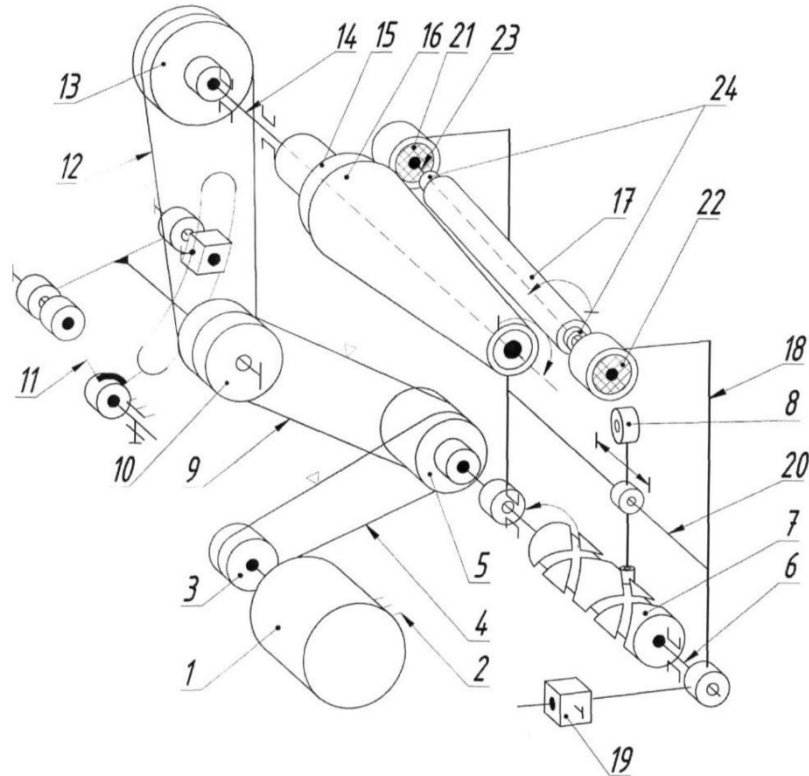
Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що містить електродвигун 1 (фіг. 1-4), який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 5 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений рухомо на гітарі 11, закріплений з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленого на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена кінцева бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм уключуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо установлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8, а на кінці коромисла 18 закріплені амортизатори, виконані у вигляді гумових втулок 21 та 22, в яких закріплена вісь 23. На осі 23 в підшипниках 24 рухомо встановлений уключуючий ролик 17, який противагою 19 введений в силове замикання з кінцевою бобіною 16.

Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином: обертальний рух вала електродвигуна 1 передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно поступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківа 5 передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримача 15 разом з кінцевою бобіною 16. Обертальний рух кінцевої бобіни 16 за рахунок сил тертя, які виникають між поверхнями уключуючого ролика 17, призводить до його обертання в підшипниках 24 відносно осі 23. Противага 19 забезпечує силовий контакт уключуючого ролика 17 з кінцевою бобіною 16, а гумові втулки 21 та 22 забезпечують демпфування коливань.

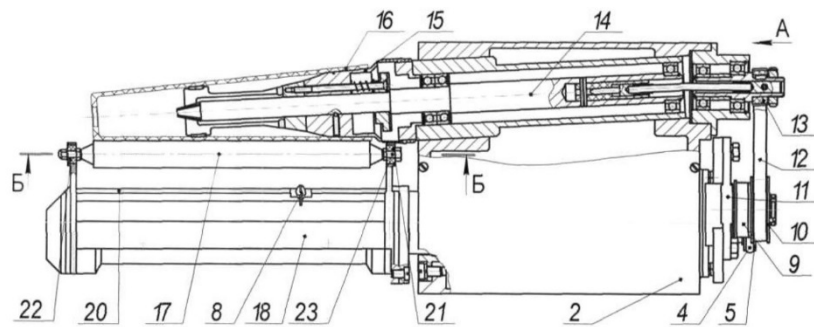
Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

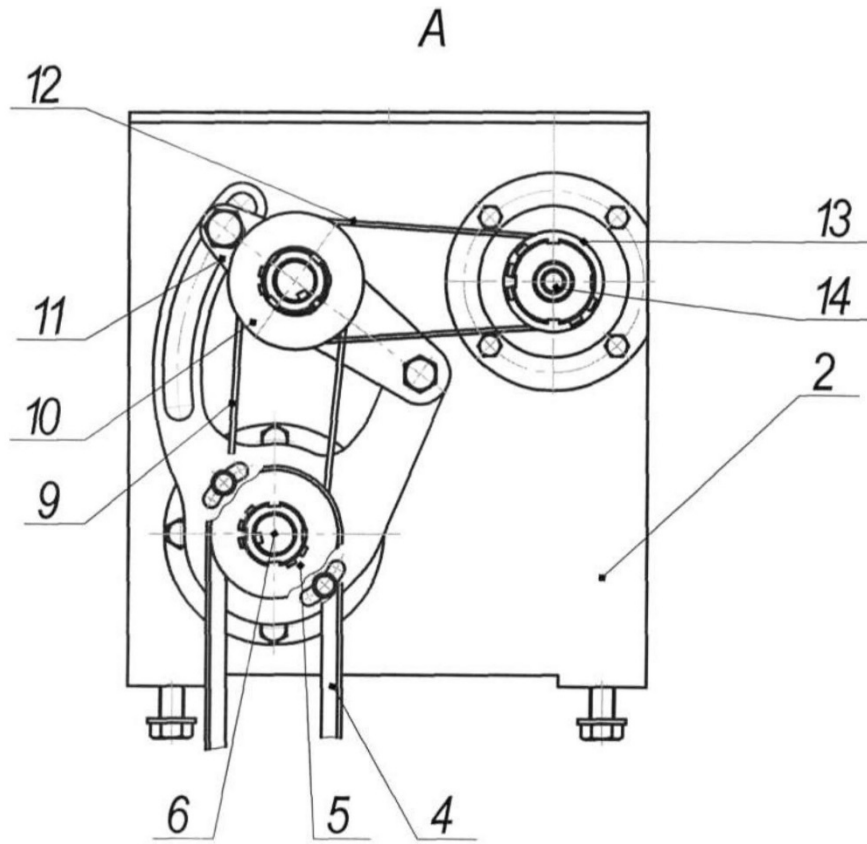
5 Пристрій для намотування нитки у бобіні, що містить корпус, в якому розміщені бобіотримач з  
 10 конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що містить противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, її кінці встановлені в двох амортизаторах, встановлених в коромислі, який **відрізняється** тим, що амортизатори виконані у вигляді гумових втулок, які закріплені в коромислі, а вісь закріплена в отворах гумових втулок.



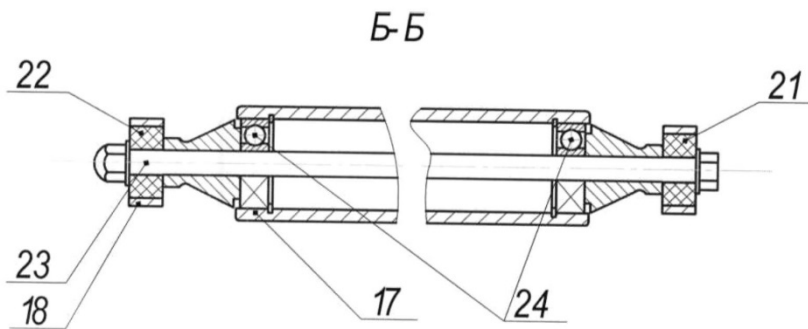
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **137209** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
**B65H 54/00**

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

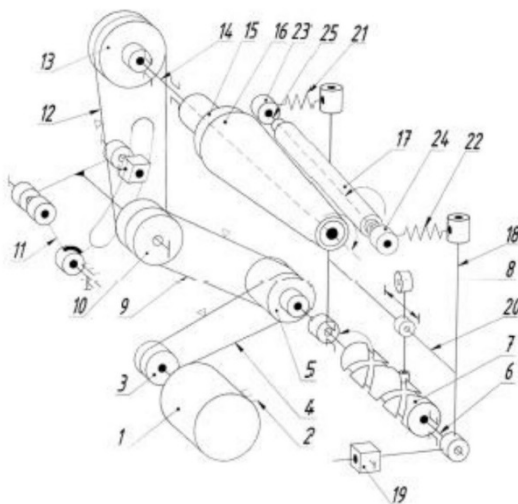
**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: <b>u 2019 03356</b>	(72) Винахідник(и): <b>Акимов Олександр Олександрович (UA), Манойленко Олександр Петрович (UA), Завертаний Богдан Сергійович (UA), Мотузов Михайло Юрійович (UA), Басюк Сергій Іванович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>03.04.2019</b>	(73) Власник(и): <b>КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ, вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.10.2019</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.10.2019, Бюл.№ 19</b>	

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАМОТУВАННЯ НИТКИ У БОБІНИ**

**(57) Реферат:**

Пристрій для намотування нитки у бобіни містить корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, її кінці закріплені у двох штоках амортизатора, які двома пружинами введені в силове замикання з коромислом. Штоки амортизаторів виконані у вигляді тримачів, в яких закріплені кінці відповідних пружин, а їх інші кінці закріплені в коромислі.



**Фиг. 1**

**UA 137209 U**

Корисна модель належить до текстильного машинобудування, зокрема до пристроїв намотування нитки у бобіни.

Відомий пристрій для намотування нитки у бобіни [<http://www.wsf-tex.com/products/wsf618b-02-precision-winder.html>, 2015 р.], що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, та введений противагою в силове замикання з конічною бобіною.

При цьому вісь укочуючого ролика жорстко закріплена в коромислі, що не дозволяє компенсувати вібрації, які виникають з боку конічної бобіни, при різних частотах обертання укочуючого ролика та не забезпечує прилягання поверхонь укочуючого ролика та конічної бобіни по всій площі контакту, що знижує надійність роботи пристрою та якості пакування.

Відомий також пристрій для намотування нитки у бобіни [А.С. СРСР № 704877, МПК: В65Н 54/52, В65Н 59/38, 1979 г.], що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, її кінці закріплені у двох штоках амортизатора, які двома пружинами введені в силове замикання з коромислом.

При цьому електричний привід містить тахометричний перетворювач, регулюючий перетворювач зміни частоти обертання бобінотримача, з'єднаних з датчиком швидкості нитки та тахометричний датчик установлений в порожнині укочуючого ролика, два штоки амортизатора з'єднані з коромислом зворотно-поступальною кінематичною парою, на штоках амортизатора встановлені дві пружини, кінці пружин уперті в коромисло з однієї сторони та штоки з іншої, з'єднання штоків з коромислом призводить до переміщення вісі тільки паралельно твірній конуса конічної бобіни, що не забезпечує прилягання поверхонь укочуючого ролика та конічної бобіни по всій площині їх контакту та не дозволяє здійснювати рівномірну укладку пряжі, що призводить до зниження надійності роботи пристрою та якості пакування.

В основу корисної моделі покладена задача створити такий механізм перемотування нитки у бобіни, у якому введенням нових елементів, їх зв'язків, забезпечилося б поліпшення надійності його роботи та якості пакування.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрої для намотування нитки у бобіни, що включає корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, її кінці закріплені у двох штоках амортизатора, які двома пружинами введені в силове замикання з коромислом, згідно з корисною моделлю, штоки амортизаторів виконані у вигляді тримачів, в яких закріплені кінці відповідних пружин, а їх інші кінці закріплені в коромислі.

Виконання штоків амортизаторів у вигляді тримачів та закріплення кінців двох пружин в коромислі та тримачах дозволяє орієнтувати вісь укочуючого ролика відносно твірної конуса конічної бобіни і тим самим забезпечувати щільне прилягання їх поверхонь, компенсацію вібрації, яка виникає при намотуванні, при різних швидкостях та похибок при встановленні конічної бобіни на бобінотримачі, що призводить до надійності роботи пристрою та якості пакування.

На Фіг. 1 - представлена кінематична схема пристрою для намотування нитки у бобіни; на Фіг. 2 - представлено креслення загального виду пристрою для намотування нитки у бобіни; на Фіг. 3 - представлений вид А вказаний на Фіг. 2; на Фіг. 4 - представлений виносний елемент Б вказаний на Фіг. 2, на Фіг. 5 - представлений виносний елемент В вказаний на Фіг. 2.

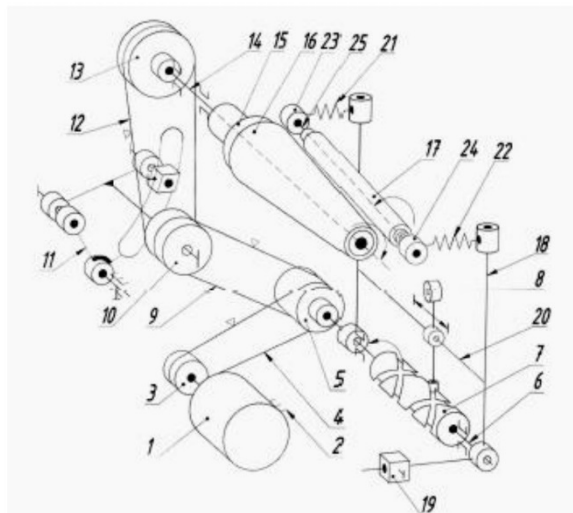
Пристрій для намотування нитки у бобіни містить електричний привод, що включає електродвигун 1 (Фіг. 1-5), який закріплений на корпусі 2, на валу електродвигуна 1 закріплений ведучий шків 3, який з'єднаний пасом 4 з веденим шківом 5 закріпленого на валу 6 механізму розкладника 7 з розкладником 8. Ведений шків 5 також пасом 9 з'єднаний з натяжним шківом 10, який установлений рухомо на гітарі 11 закріпленої з можливістю регулювання у корпусі 2. Натяжний шків 10 з'єднаний пасом 12 з веденим шківом 13 закріпленого на валу 14 бобінотримача 15, на якому закріплена конічна бобіна 16 та який установлений рухомо у корпусі 2. Механізм укочуючого ролика 17 містить коромисло 18 з противагою 19, яке рухомо установлено на валу 6. Напрямна 20 коромисла 18 з'єднана поступальною кінематичною парою з розкладником 8. На кінцях коромисла 18 закріплені кінці пружин 21 та 22, інші їх кінці закріплені на штоках амортизаторів виконаних у вигляді тримачів 23 та 24, які закріплені на

кінцях вісі 25, яка з'єднана з укочуючим роликком 17, який противагою 19 введений в силове замикання з конічною бобіною 16.

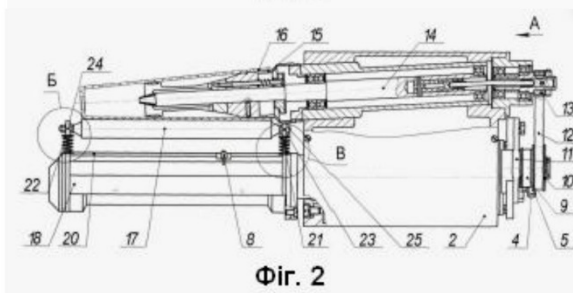
5 Пристрій для намотування нитки у бобіни працює наступним чином, обертальний рух вала електродвигуна 1 передається ведучим шківом 3 через пас 4 веденому шківу 5 та валу 6. Обертальний рух вала 6 механізмом розкладника 7 перетворюється в зворотно-поступальний рух розкладника 8 відносно напрямної 20 коромисла 18. Обертальний рух веденого шківка 5 передається пасом 9 натяжним шківом 10, пасом 12 веденому шківу 13 та валу 14 бобінотримачу 15 разом з конічною бобіною 16. Обертальний рух конічної бобіни 16 за рахунок сил тертя, призводить до обертання укочуючого ролика 17 відносно осі 25. Противага 19 забезпечує силовий контакт укочуючого ролика 17 з конічною бобіною 16, а його вібрація компенсується пружинами 21 та 22, які також забезпечують постійний контакт його поверхні з конічною бобіною 16. Регулювання зусиллям натягу пасів 9 та 12 здійснюється натяжним шківом 10 шляхом повороту гітари 11 відносно корпусу 2.

15 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

20 Пристрій для намотування нитки у бобіни, що містить корпус, в якому розміщені бобінотримач з конічною бобіною та механізм розкладника нитки, які з'єднані з електричним приводом, механізм укочуючого ролика, що включає противагу, коромисло, яке встановлене на валу механізму розкладника нитки, укочуючий ролик, який з'єднаний з віссю, її кінці закріплені у двох штоках амортизатора, які двома пружинами введені в силове замикання з коромислом, який відрізняється тим, що штоки амортизаторів виконані у вигляді тримачів, в яких закріплені кінці відповідних пружин, а їх інші кінці закріплені в коромислі.

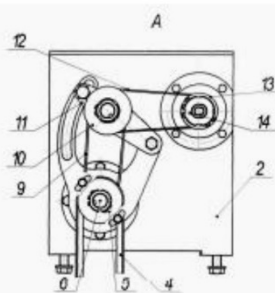


Фіг. 1

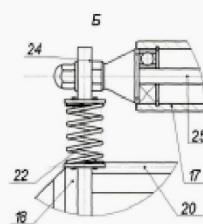


Фіг. 2

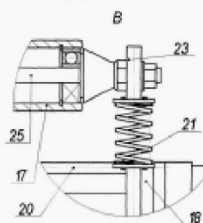




Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна


---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



Затверджую

Директор виконавчий  
ТОВ «ПЕТ Технолоджиз»

  
М.Ю. Полянський  
2020р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

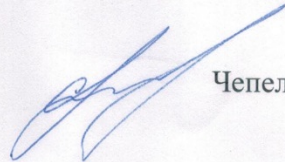
результатів дисертаційної роботи Завертанного Б.С. на тему «Структурний синтез намотувальних механізмів перемотувальних машин», поданої на здобуття вченого ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 - Галузеве машинобудування.

Результати досліджень, виконаних в дисертаційній роботі Завертанного Б.С. передані для впровадження ТОВ «ПЕТ Технолоджиз», яка є розробником і виробником обладнання для виробництва полімерних виробів. В рамках співробітництва ТОВ «ПЕТ Технолоджиз» з Завертаним Б.С., яке полягало в створенні програмної моделі для розрахунку резонансних частот коливань двохопорних роторів, які входять до складу обладнання, було виконано наступне:

- створена програма для визначення резонансних частот коливань ротора;
- проведено математичне моделювання згідно параметрів існуючого механізму;
- проведено програмну оптимізацію існуючого механізму;
- внесені корективи до конструкції механізму відповідно до результатів моделювання.

Розроблена модель механізму показала можливість підвищення робочої частоти обертання оптимізованого механізму на 17% в порівнянні із базовою моделлю.

Керівник конструкторського бюро



Чепела І.М.

Затверджую

Директор Килимник А.В.  
ТОВ «42ДЕЙ»



\_\_\_\_\_ 2020р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Завертанного Б.С. на тему «Структурний синтез намотувальних механізмів перемотувальних машин», поданої на здобуття вченого ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 - Галузеве машинобудування.

Результати досліджень, виконаних в дисертаційній роботі Завертанного Б.С. передані для впровадження на ТОВ «42ДЕЙ», яке є виробником трикотажних виробів м. Київ. В рамках співробітництва ТОВ «42ДЕЙ» з Завертанним Б.С., яке полягало у вдосконаленні намотуваного обладнання для зменшення вібрації в намотувальних частинах останнього, для чого було виконано наступне:

- вдосконалена конструкція укочуючого ролика з пружним кріпленням;
- проведено математичне моделювання коливань обладнання згідно параметрів існуючого механізму та вдосконаленої конструкції;
- встановлені пружні опори кріплення механізму намотування на остові машини.

Впроваджена розробка дозволила зменшити коливання (вібрацію) обладнання на 12% в порівнянні із базовою моделлю.

Інженер-програміст ТОВ «42ДЕЙ» \_\_\_\_\_ А.А. Волковицький

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "A.A. Volkovitskiy".

Затверджую  
Проректор з науково-педагогічної  
діяльності Київського  
національного університету  
технологій та дизайну  
Моргулець О. Б.

« 10 » \_\_\_\_\_ 2020 р.



#### АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження аспіранта кафедри Прикладної механіки та машин Київського національного університету технологій та дизайну Завертанного Богдана Сергійовича на тему: «Структурний синтез намотувальних механізмів перемотувальних машин» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за освітньою програмою Галузеве машинобудування спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Комісія у складі:

Голова – зав. каф. ПММ Манойленко О. П.;

Члени комісії – гарант освітньо-професійної програми Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування спеціальності 133 Галузеве машинобудування д.т.н., професор Місяць В. П.;

гарант освітньо-професійної програми Машинобудування спеціальності 133 Галузеве машинобудування к.т.н., доцент Дворжак В. М.

Цим Актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження Завертанного Богдана Сергійовича використовуються у навчальному процесі кафедри Прикладної механіки та машин Київського національного університету технологій та дизайну при підготовці та викладанні лекційного курсу і проведенні лабораторних занять з дисциплін «Механічна технологія та обладнання підприємств легкої промисловості» для студентів освітньої програми Машинобудування спеціальності 133 Галузеве машинобудування, а також «Проектування трикотажного обладнання» та курсового, дипломного проектуванні і науково-дослідній роботі для студентів освітньої програми Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Голова комісії:

Зав. каф. ПММ Манойленко О. П.

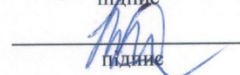
Члени комісії:

д.т.н., професор Місяць В. П.

к.т.н., доцент Дворжак В. М.

  
підпис

  
підпис

  
підпис

« 10 » \_\_\_\_\_ 2020 р.