

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технологія машинобудування, верстати та інструменти
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

другий (магістерський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему **«Підвищення ефективності використання технологічного обладнання шляхом застосування механізмів для передачі енергії з високим коефіцієнтом корисної дії»**

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-91
спеціальності: 131 – прикладна
механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології
машинобудування

(назва освітньої програми)

Вода М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Дегтярьов І. М.

Даріуш Мазуркевич

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Суми – 2020 року

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет	Факультет технічних систем і енергоефективних технологій
Кафедра	Технологія машинобудування, верстати та інструменти
Освітньо-науковий рівень	другий (магістерський) <small>(назва)</small>
Спеціальність	131 – прикладна механіка <small>(шифр і назва)</small>
Освітня програма	технології машинобудування <small>(назва освітньої програми, за наявності)</small>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

« ___ » _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ**

Вода Михайло Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **«Підвищення ефективності використання технологічного обладнання шляхом застосування механізмів для передачі з високим коефіцієнтом корисної дії»**

керівник проекту **Дегтярьов Іван Михайлович канд. техн. наук, ст. викладач**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Даріуш Мазуркевич, д.т.н, доцент

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 13 » 11 2020 року за № 1767-III

2. Строк подання студентом роботи (проекту) «20» грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи (проекту) **Технічні параметри розроблюваного зразка суперваріатора**

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) **1. Аналіз конструкторсько-технологічні особливості деталей**

безступінчастих передач. 2. Розроблення альтернативного підходу до виготовлення та складання деталі суперваріатора та дослідження його ефективності.

3. Розроблення конструкції суперваріатора для металорізального верстату.

4. Чисельне моделювання розробленої конструкції суперваріатора

5. Розрахунок економічної ефективності розробленого технічного рішення.

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Фалько В. В., ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання «10» вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Актуальність проблеми, визначення мети та завдань досліджень	01.10.2020	
2	Провести аналіз конструкторсько-технологічні особливості деталей безступінчастих передач	01.10.2020	
3	Розробити альтернативного підходу виготовлення до та складання деталей суперваріатора та дослідження його ефективності	01.11.2020	
4	Розроблення конструкції суперваріатора для металорізального верстату	01.12.2020	
5	Чисельне моделювання розробленої конструкції суперваріатора	02.12.2020	
6	Розрахунок економічної ефективності розробленого технічного рішення.	05.12.2020	
7	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	06.12.2020	
8	Формулювання загальних висновків	10.12.2020	
9	Підготовка доповіді	14.12.2020	
10	Підготовка презентації	14.12.2020	
11	Оформлення роботи	16.02.2020	

Студент

_____ (підпис)

Михайло Вода

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівники роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Іван ДЕГТЯРЬОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)


_____ (підпис)

Даріуш Мазуркевич

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра становить 72 сторінки, в тому числі 17 рисунків, 3 таблиці, бібліографії із 33 джерел на трьох сторінках, трьох додатків на 16 сторінках.

Метою цієї роботи є підвищення ефективності використання технологічного обладнання шляхом застосування механізмів для передачі енергії з високим коефіцієнтом корисної дії.

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні **завдання**:

- проаналізувати конструкторсько-технологічні особливості деталі суперваріатора, виявити переваги і недоліки;
- розробити нову конструкцію суперваріатора, яка забезпечить впровадження в металорізальний верстат;
- дослідити нову конструкцію суперваріатора на ефективність.

Об'єкт дослідження: металорізальний верстат

Предмет дослідження: привід головного руху металорізального верстата.

Наукова новизна: вперше запропоновано запровадити механізм суперваріатора у металорізальні верстати; доведена працездатність запропонованої конструкції суперваріатора, яка забезпечує високий ступінь гнучкості, необхідну жорсткість системи.

СУПЕРВАРІАТОР, ВАРІАТОР, БЕЗСТУПІНЧАСТА ПЕРЕДАЧА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ВЕРСТАТ.

ABSTRACT

The master's qualification is 72 pages, including 17 drawings, 3 tables, bibliographies from 33 sources on three pages, three applications on 16 pages.

Improvement efficiency of technological equipment through the use of energy transfer mechanisms with a high coefficient of efficiency.

In order to achieve this goal, the following tasks were established and solved in the work:

- 1) analyze the design and technological features of the part supervariator, identify advantages and disadvantages;
- 2) to develop a new design of the supervariator which will provide introduction in the metal-cutting machine;
- 3) to investigate the new design of the supervariator for efficiency.

The object of study is the metal cutting machine.

The subject of the study is the drive of the main movement of the metal-cutting machine.

Scientific novelty: for the first time it is proposed to introduce the supervariator mechanism in metal-cutting machines; proven effectiveness of the proposed design of the supervariator, which provides a high degree of flexibility, the required rigidity of the system.

**SUPERVARIATOR, VARIATOR, CONTINUOUS TRANSMISSION,
ENERGY EFFICIENCY, MACHINE.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедрою

_____ Віталій ІВАНОВ

«____» грудня 2020 р.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ З ВИСОКИМ КОЕФІЦІЄНТОМ КОРИСНОЇ ДІЇ

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – прикладна механіка

Освітня програма – технології машинобудування

Студент

М. В. Вода

Керівник

І. М. Дегтярьов



signature

Д. Мазуркевич

Консультант з розділу охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	4
Розділ 1 Сучасний стан досліджень у галузі проектування суперваріаторів як перспективних безступінчастих передач	8
Розділ 2 Методика конструювання приводу на базі суперваріатора	19
2.1 Структура та компоненти суперваріатора з двигуном.....	19
2.2 Конструкція компонентів суперваріатора	19
2.3 Висновок	26
Розділ 3 Розроблення конструкції суперваріатора	28
3.1 Аналіз вихідних даних.....	28
3.2 Розроблення конструкції суперваріатора	28
Розділ 4 Дослідження суперваріатора для використання у механізмах.....	33
4.1 Передумови до виконання експериментальних досліджень	33
4.2 Чисельне моделювання конструкції суперваріатора.....	34
4.3 Динамічне дослідження	38
4.4 Аналіз навантаження небезпечного перетину вала	40
4.5 Висновок	42
Розділ 5 Техніко-економічний аналіз розробленої конструкції суперваріатора	43
5.1 Аналіз енергоефективності використання електроенергії.....	43
5.2 Економічний розрахунок ефективності суперваріатора	44
5.3 Висновок	46
Висновки	47

Перелік джерел посилань	Error! Bookmark not defined.
Додаток А Копії публікації	51
Додаток Б Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	54
Додаток В Креслення до наукової роботи	67

ВСТУП

Актуальність теми. Модернізація існуючих конструкцій і створення принципово нової техніки, що забезпечує поліпшення таких найважливіших показників робочих машин, як продуктивність і економічність, є однією з основних завдань сучасного машинобудування. Перераховані показники визначаються різними факторами, але реалізувати можливо, коли машина оснащена безступінчастою регульованою передачею. Вона дозволяє здійснити оптимальні, для даних умов швидкісні і силові режими роботи виконавчих органів робочої машини.

Застосування безступінчастих передач обумовлена необхідністю підвищення коефіцієнту корисної дії, збільшення продуктивності і економічності. У наш час дані показники починають набувати все більшого значення, бо на машинобудівних виробництвах зростає тенденція комплексної автоматизації виробничих процесів і організації гнучких автоматизованих виробництв.

Розглянемо робочі машини, з обертовими виконавчими органами, потужність приводного двигуна яких не перевищує 50 - 70 кВт, то в цьому діапазоні конкурентоздатні безступінчасті механічні передачі, які називають варіаторами.

Варіатор - пристрій, що передає крутний момент і здатне плавно змінювати передавальне відношення в деякому діапазоні регулювання. Зміна передавального відношення може здійснюватися автоматично, по заданою програмою або вручну. Варіатор застосовується в механізмах, машинах (агрегатах), де потрібно безступінчасто змінювати передавальне відношення: автомобілях, моторолерах, квадроциклах, конвеєрах, металорізальних верстатах, та ін.

Варіатори відрізняються простотою і компактністю конструкцій, надійністю в експлуатації. ККД варіаторів наближається до ККД ступінчастих

передач. Таким чином, вони знайшли досить широке застосування в сучасній техніці і тому розроблення нових конструкцій та їх дослідження тривають.

У зв'язку з цим постійно ведеться вдосконалення існуючих конструкцій. Причому характерною особливістю сучасного стану даного питання є те, що будь-які позитивні результати потребують багато зусиль і витрат. Остання обставина нашою на необхідність вироблення принципово нових підходів, нових кардинальних шляхів вирішення проблеми створення механічних безступінчастих передач.

Таким чином, найбільш доцільно розглянути нову концепцію безступінчастої передачі – суперваріатор. Суперваріатор – це пристрій з безперервним потоком потужності, що дозволяє плавно змінювати передавальне відношення трансмісії з високим ККД. Отже, з точки зору сучасних вимог, які пред'являються машинобудуванням до безступінчастих передач, суперваріатор є найперспективнішим з існуючих механічних безступінчастих передач. Тому, розробка суперваріатора є перспективним і актуальним напрямком у вирішенні проблеми створення безступінчастого приводу машин і механізмів.

Застосування механізму суперваріатора в приводах головного руху металорізальних верстатів є перспективним напрямком досліджень, адже саме це зумовить зменшення технологічного часу виробництва та зменшить витрати на виробництво деталей.

Метою цієї роботи є підвищення ефективності використання технологічного обладнання шляхом застосування механізмів для передачі енергії з високим коефіцієнтом корисної дії.

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні **завдання**:

- виконати аналіз актуальності проблеми та сучасного стану в області дослідження механізмів для передачі енергії, визначення мети та завдань досліджень;

- проаналізувати конструкторсько-технологічні особливості деталей безступінчастих передач;

- запропонувати альтернативний підхід до виготовлення та складання деталей суперваріатора та дослідити його ефективність;
- розробити конструкцію суперваріатора для металорізального верстату
- виконати чисельне моделювання розробленої конструкції суперваріатора;
- виконати розрахунок економічної ефективності розробленого технічного рішення.

Об’єкт дослідження: металорізальний верстат.

Предмет дослідження: привід головного руху металорізального верстата.

Наукова новизна результатів полягає в наступному: вперше запропоновано запровадити механізм суперваріатора у металорізальні верстати; доведена працездатність запропонованої конструкції суперваріатора, яка забезпечує широкий діапазон зміни частоти обертання з постійним коефіцієнтом корисної дії.

Практичне значення одержаних результатів відображене у тому, що розроблено конструкцію суперваріатора з електродвигуном, яка дозволяє реалізувати цю систему в механізм головного руху металорізальних верстатів, що може бути впроваджена на машинобудівних підприємствах.

Особистий внесок здобувача.

Усі теоретичні та експериментальні результати, що виносяться на захист кваліфікаційної роботи, отримані автором самостійно, а саме: виконанні аналітичні розрахунки конструкції суперваріатора та виконано чисельне моделювання розробленої конструкції, а також обробка та узагальнення одержаних результатів. Автором особисто проведено пошук та аналіз літературних джерел за тематикою кваліфікаційної роботи, розроблення моделі та систематизовано дані щодо технології виготовлення суперваріатора у різних виробничих умовах.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Збірник тез XIX Міжнародної науково-практичної конференції «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво» 2020 р., м. Суми.

Публікації.

За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано 1 наукова праця, а саме: 1 стаття «Перспективи використання механізму для безступінчатого регулювання числа обертів для металорізальних верстатів», яка опублікована у збірнику тез XIX Міжнародної науково-практичної конференції «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво» 2020 р., м. Суми.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел і додатку. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 71 сторінка, у тому числі 20 рисунків, 4 таблиці, бібліографії із 33 джерел на трьох сторінках, двох додатків на 14 сторінках.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ПРОЕКТУВАННЯ СУПЕРВАРІАТОРІВ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИХ БЕЗСТУПІНЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

У даний час перспективність використання варіаторів для безступінчастої автоматичної трансмісії автомобіля не викликає сумнівів. Особливо великий економічний і екологічний ефект очікується від застосування гібридних силових агрегатів, де двигун працює тільки в оптимальному режимі, а вироблена енергія, що запасається в накопичувачі, витрачається на рух автомобіля. Найбільш підходящі до використання на автомобілі накопичувачі механічної енергії – супермаховики, вимагають саме механічної безступінчастої трансмісії, тобто варіаторів. Варіаторний привід ефективний і тоді, коли джерелом первинної енергії на автомобілі є акумулятори або паливні елементи.

Варіатор (лат. Variator «змінювач») – пристрій, що передає крутний момент і здатний плавно міняти передавальне відношення в деякому діапазоні регулювання. Зміна передавального відношення може здійснюватися автоматично, за заданою програмою або вручну. В автомобілебудуванні має позначення CVT (англ. Continuously Variable Transmission).

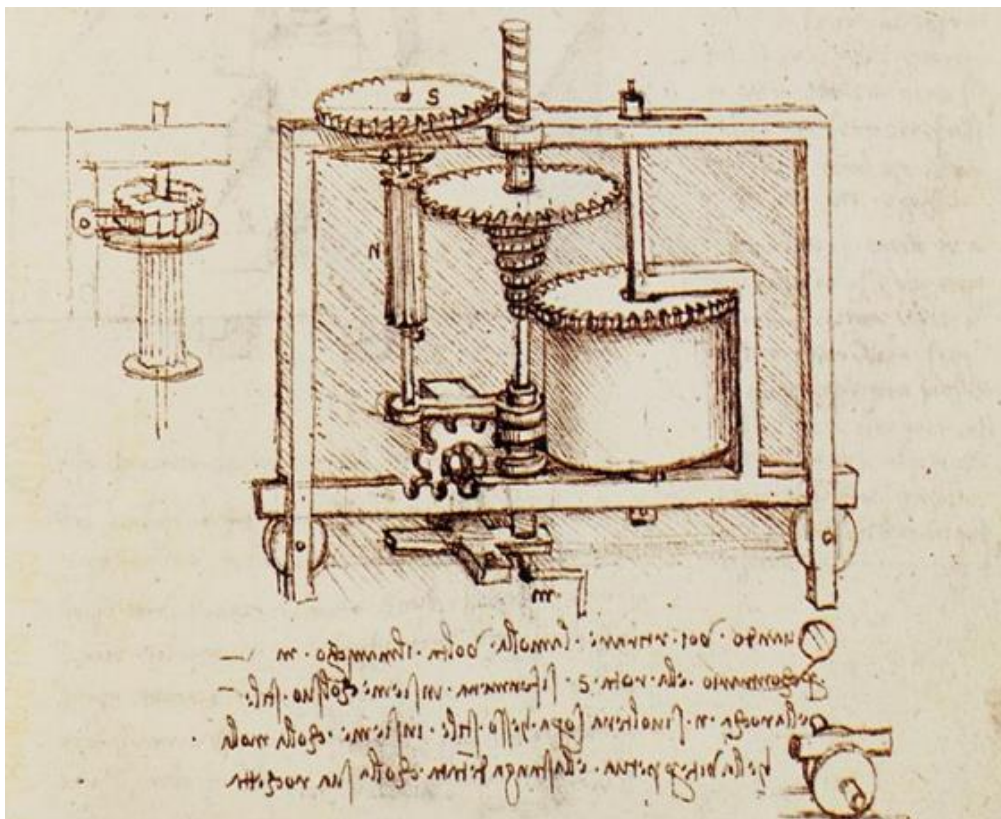
Суперваріатор, це пристрій з безперервним потоком потужності, що дозволяє плавно змінювати передавальне відношення трансмісії автомобіля в діапазоні 25 – 30 з ККД 97% як при прискоренні, так і при гальмуванні (рекуперації).

В сучасному світі існує ряд проблем, наприклад – екологічна. Один із видів забруднення навколишнього середовища виходить від автомобільного транспорту, який широко поширений в усьому світі. Двигуни внутрішнього згорання (ДВС) є джерелом забруднення. Велике число населення різних країн страждає від захворювань спричинених викидами відпрацьованих газів від ДВС.

Наступна і головна теза, яку вирішує людина є економічність. Економічність використання суперваріатора та супермаховика в парі, дає

можливість скоротити споживання палива до 40%. Кожного року зростають ціни на паливо. А потреба у використанні ДВС не зменшується. Тому, автотранспорт, який буде використовувати такий принцип роботи (супермаховик + суперваріатор), в значній мірі скоротить витрати на паливо.

Розглянемо історію варіаторів ближче. Принцип роботи безступінчастої трансмісії вперше описав у 1490 р. Леонардо да Вінчі [1]. Створена ним конструкція являла собою різноспрямовані конуси, між якими натягнутий ремінь (рис. 1.1) [1].



Джерело: <https://www.drom.ru/reviews/>

Рисунок 1.1 – Безступінчата трансмісія Леонардо да Вінчі 1490 р.

З 1960-х років, викладач Московського державного індустріального університету, доктор технічних наук, професор Нурбій Володимирович Гуліа, почав займатися темою варіаторів, а саме – раціонального використання енергії. Практично всі винаходи вченого - це механізми по накопиченню і перетворенню енергії. І цьому є одне розумне пояснення: людство навіть в 21 столітті

неефективно витрачає ресурси. У сучасного бензинового двигуна ККД складає 25-30%, а у дизельного до 40%. Велика частина енергії витрачається не раціонально. Якщо розглядати проблему в контексті автомобільного транспорту, то вона розсіюється переважно у вигляді тепла. Принцип функціонування енергетичної капсули досить простий – супермаховик служить для накопичення запасів енергії, а суперваріатор сприяє її ефективній передачі [2]

Великі компанії, що спеціалізуються на випуску коробок передач і варіаторів, витрачають величезні гроші на дослідження наступних, і раптом якийсь радянський винахідник розробляє продукт, який за основними показниками помітно перевершує моделі провідних виробників. Гуліа пішов іншим шляхом. Він вирішив знайти спосіб обійти існуючі «варіаторні закони» і змусити цей впертий механізм працювати з максимальним діапазоном і максимальною віддачою на головних режимах. Роки досліджень не пройшли марно: Гуліа знайшов такий спосіб, але схема пристрою була настільки непростя, що іноді і фахівці не могли до кінця зрозуміти принципи її роботи. Тоді, щоб «в доступній формі» довести можливість існування такого пристрою, Гуліа вирішив створити дослідний зразок [2].

За підтримки компанії-інвестор з Німеччини, яка стала співвласником німецького патенту професора, Гуліа в тандемі зі своїм аспірантом Іваном Бессуднова працювали майже рік над створенням цього пристрою, який значно спростив би конструкцію CVT, але при цьому не нашкодити його ефективності. Навіть сам винахідник не вірив, що, в кінцевому рахунку, коробка після модернізації буде працювати, однак подальші лабораторні дослідження розвіяли всі сумніви: ККД на основних режимах в районі 0.98 і діапазон 15–20 замість 4–6. Розробки і напрацювання Гуліа описані в його книзі [3] та патенті [7].

Але, Гуліа не був єдиним хто досліджував тему суперваріатора. Для визначення аналогів був проведений пошук за наступними країнами:

Англія – F 2 D (стара), F 16 H 15/28 по 15/54 по травень 1998 р.

ФРН (патенти і заявки) – F 16 H 15/04 по 15/54 з 1975 р. по травень 1998 року
Франція – F 16 H 15/04 по 15/54 з 1965 р по травень 1998 р.

СРСР, Росія – F 16 H 15/04 по 15/54 - весь фонд до травня 1998 р.

США – 74-721, 74-207, 74-208, 74-755, 74-772, 74-798, 74-190, 74-202, 74-204, 74-205 – весь фонд до травня 1998 р.

В даний час на цей винахід ще видано патент США (US 6,558,286B1 від 06.05.2003) і патентів в Китаї (ZL-99816732,0), Німеччині, Англії, Франції, Італії, Швеції, Швейцарії, Угорщини (223320) та Білорусі (7168).

Сучасна теорія і практика так званих замкнутих передач дозволяє перетворити підвищення передавального числа варіатора в зниження передавального числа всього приводу, в даному випадку названого суперваріатором [5]. Такі приклади в варіаторобудуванні є і вони відомі.

Автор ідеї, вивчення і розробки Нурбей Гуліа, почав дослідження області варіаторобудування з «Многодисковый планетарный вариатор». Винахід відноситься до машинобудування і може бути використано, для безступінчатої трансмісії автомобіля. Багатодисковий планетарний варіатор містить центральні колеса, водило, проміжні диски, внутрішні і зовнішні відбортовані диски, натискні пристрої з пружними елементами осьової дії і зв'язку. Досягнуто спрощення варіатора і підвищення його ККД [6].

Надалі Гуліа почав вдосконалення вже розробленого планетарного варіатора. «Автоматическая бесступенчатая передача» – винахід відноситься до машинобудування і може бути використано, зокрема в якості мотор-варіатора. Автоматична безступінчаста передача містить планетарний варіатор, регуляторна ланка і поворотні важелі. Головною відміною рисою є підвищена точність і надійність передач [7].

Наступним кроком було дослідження і подальше вдосконалення безступінчастої передачі. Винахід відноситься до машинобудування і може бути використано, зокрема, в трансмісіях транспортних засобів, в першу чергу автомобілів. Знижені енерговитрати на управління варіатором, спрощена силова частина варіатора і підвищені можливості безступінчастої передачі для її автоматизації. Плавна передача не містить силових зубчастих передач, навіть у виконанні її в якості коробки передач автомобіля [8].

Головним вінцем у працях професора Гуліа став «Широкодиапазонный бесступенчатый привод (супервариатор)». Винахід відноситься до машинобудування і може бути використано в транспортному машинобудуванні, зокрема в якості безступінчастим коробки передач автомобілів та інших транспортних засобів. Принцип роботи, компоновка і кінематика описана в працях вченого. Таке виконання приводу забезпечує широкий діапазон варіювання і високе значення ККД [9].



Джерело: <https://www.perunica.ru/nauka/>

Рисунок 1.2 – Дослідний зразок суперваріатора Н. Гуліа

Професор Гуліа продовжив роботу над суперваріатором. Він почав допрацьовувати принцип роботи механізму. На основі, вже виданого патенту – Широкодіапазонний безступінчастий привід [5], він розробляє наступний винахід. Двох-режимний безступінчастий привід-суперваріатор (його варіанти) [10] .

Завдання винаходу полягала в створенні приводу, що дозволяє передавати крутний момент в режимі зниження частоти обертання від вхідної кінематичної ланки базового варіатора до вихідної ланки приводу, що спрощує привід,

підвищує ККД базового варіатора і дозволяє уникнути високих проміжних частот обертання елементів рульового механізму і пов'язаних з ними проблем (вібрацій та ін.) [10].

Найбільш раціональне застосування описаного винаходу – це безступінчасті коробки передач автомобілів, особливо автобусів і тягачів, трансмісії механічних і електромеханічних гібридних силових агрегатів міських автобусів, а також в якості потужних приводів різноманітних машин загальнопромислового призначення – конвеєрів, дробарок, змішувальних машин, намотувальних пристроїв, бурильних машин та інших машин і пристроїв, що вимагають безступінчастого приводу [13].

Гібридний транспорт з використанням суперваріатора. У сучасному суспільстві на даний момент існує ряд проблем планетарного масштабу, наприклад екологічна ситуація. Більшість забруднень навколишнього середовища виходить від автомобільного транспорту, як від самого поширеного на планеті. Розроблюваний проект спрямований на вирішення цієї проблеми шляхом створення екологічного автотранспортного засобу на прикладі існуючого міського рейсового автобуса. Суть інновації полягає в застосуванні замість акумуляторів і електромотора супермаховика і суперваріатора. Фахівці вважають супермаховики одним з найбільш перспективних видів накопичувачів енергії серед усіх відомих нині і пророкують їм блискуче майбутнє.

В результаті ми зможемо отримати рейсовий автобус для потреб міста, який практично не має викидів, що має максимальну швидкість 90 км / год (що досить для міських умов) і з підвищеною безпекою руху для пасажирів і водія. Наукова новизна полягає в тому, що вперше пропонується в застосуванні замість акумуляторів і електромотора супермаховика і суперваріатора для рейсового пасажирського міського автобуса при цьому оснащеного сучасними технологіями.

В даний час йде інтенсивний процес автомобілізації суспільства. З одного боку розвиток автомобілізації висловлює техніко-економічний прогрес, а з іншого – зумовлює негативний вплив на екологію. Найбільшої шкоди

автомобільний транспорт завдає містам, так як місто є центром тяжіння автотранспорту. Пропонується почати вирішувати цю проблему з міського пасажирського транспорту, так як автопарки міст не завжди складаються з найостанніших моделей транспортних засобів, що проходять за останніми затвердженими нормативами. Другою стороною актуальності розробки є щодня зростаюча ціна на паливо, що негативно позначається на прибутку підприємства і на купівельну спроможність послуги у населення.

За допомогою гібридних силових агрегатів витрата палива знижується в 2 – 2,5 рази, та й всім екологічним вимогам такі агрегати відповідають. Проблему представляє привід від супермаховика на колеса, вірніше, на головну передачу автомобіля. Цей привід повинен, по-перше, мати діапазон 20 – 25, по-друге, ККД його повинен бути гранично високим. Просто високого ККД, тобто близько 0,9, вистачило б для приводу автомобіля тільки від двигуна; до речі, і діапазону 6-8 теж цілком вистачило б, і не потрібно цих фантастичних показників 20 – 25. У порівнянні зі звичайним приводом автомобіля від двигуна, в гібриді потужність постійно циркулює по трансмісії, припустимо, по варіатору - від коліс до супермаховика, і назад. Коли тягове зусилля автомобіля направлено вперед, потужність йде від супермаховика через варіатор на колеса. При спуску або гальмуванні двигуном потужність змінює свій напрямок на протилежне. І якщо в звичайному автомобілі ця спрямована назад потужність гаситься, примусово прокричав двигун, то в гібриді відбувається процес рекуперації. Енергія знову повертається в супермаховик, значно, відсотків на 30, підвищуючи економічність автомобіля. Тому значення ККД приводу потрібно приймати як би в «квадраті», примножуючи саме на себе. Наприклад, при ККД приводу 0,9, циркуляція потужності знизить його до 0,92, тобто до 0,81. Ось 0,98, навіть 0,97, мабуть, вистачило б - тоді реальний ККД при рекуперації був би не менш 0,95, що ще допустимо. Але таких приводів, крім суперваріатора, просто немає. Тому і використовується в гібридах найчастіше електропривод, який дозволяє забезпечити достатній діапазон регулювання, правда, за рахунок сильного зниження ККД. Ще б пак – механічну енергію двигуна потрібно переводити в

електричну, а потім - назад, щоб подавати на колеса. Та й тягові двигуни дуже важкі і не економічні – як-не-як крутний момент потрібно міняти раз в 20 – 25, якщо використовувати їх для гібридів. Але все одно, і такі електромеханічні гібриди дають велику економію палива.

Дана розробка може застосовуватися на вже існуючому пасажирському автотранспорті. Її застосування дозволить знизити витрати на обслуговування до 60% в рік, підвищити безпеку пасажирів (за рахунок економії палива), поліпшити екологічну безпеку в регіоні (за рахунок зменшення викидів).

Переваги використання гібридної установки суперваріатора у парі із супермаховиком у автотранспорті:

- зниження витрати палива на 40...60%;
- зменшення викиду шкідливих газів в атмосферу;
- зниження витрат на технічне обслуговування;
- зниження рівня шуму;
- підвищення динаміки руху автотранспорту;
- підвищення пускових якостей ДВС при низьких температурах;
- підвищення довговічності ДВС.

Отже, перспектива впровадження гібридних установок в автомобільний транспорт з використанням суперваріатора у парі із супермаховиком існує, для цього розроблені схеми і підготовлені всі складові машини. Залишилося впровадити гібридну установку на реальний автомобільний транспорт [11].

На даний момент розробкою, дослідженнями і аналізом в сфері суперваріатора займаються дві російські приватні компанії: ЗАО «Комбарко» і ООО «Суперваріатор». У 2013 році було проведено дослідження і аналітична робота представниками ООО «Комбарко інжиниринг», в якому розглянуто і порівняно існуючі на ринку в даний момент часу коробки передач. В дослідженнях приймали участь поширені трансмісії провідних компаній: Allison 4000, ZF AS Tronic 16 AS 2230 TD, ZF Ecomat 2 HP 602 C, Voith Diwa D 864.5, Eaton Ultrashift PLUS VCS і дослідний робочий зразок суперваріатора [4].

При виборі трансмісії потрібно слідувати і брати до уваги наступні критерії. Це повинні бути трансмісії світових лідерів у цій галузі будівництва і різноманітність типів трансмісії (механічні, механічні роботизовані, автоматичні і комбіновані). Розглянувши вищеперераховані трансмісії і порівнявши за рядом критерій дослідницький центр дійшов наступних результатів.



Рисунок 1.3 – Результати порівняльного аналізу компанії
ООО «Комбарко інжиниринг»

На рисунку 2 приведені результати порівняльного аналізу, який провела компанія ООО «Комбарко інжиниринг», відносно дослідного зразка суперваріатора. В ході дослідження були виставлені оцінки, котрі відображені на рисунку 1.3. З діаграми робимо висновок, що суперваріатор має перевагу над існуючими моделями трансмісій за рядом ознак. Це дослідження дає посилання для широкого використання суперваріатора.

Зробимо наступні висновки, щодо суперваріатора. Суперваріатор не має швидкозношуваних елементів в конструкції, не потребує додаткового обслуговування в процесі експлуатації, являється безступінчастим у всьому діапазоні швидкостей і навантажень, простота конструкції, компактність, невелика маса і головне – низька собівартість виробництва, і подальшої експлуатації [12].

Огляд літератури всіх вищезазначених напрямків показує наступні обмеження виконаних науково-дослідних робіт: проведені дослідження, експерименти і виготовлення дослідних зразків направлені лише в одному напрямку машинобудування. В працях багатьох дослідників галузі, яка пов'язана із суперваріатором не розглянуто використання даного агрегату у верстатах різного спрямування. Суперваріатор – це безступінчаста коробка передач, тому існує доцільність використання у верстатах всіх груп. Безступінчасті варіатори мають цілий ряд переваг перед коробками передач на базі шестерень і іншими видами ступінчастих приводів. Варіатор дозволить безступінчасте регулювання обертів шпинделя верстата на ходу, чим дозволяє отримати найбільш оптимальні швидкості різання в залежності від діаметра оброблюваних деталей. Суперваріатор дає змогу підвищити продуктивність роботи верстатів від можливості вибору оптимальних режимів різання. Прикладом може слугувати токарний верстат. За допомогою варіатора, забезпечується можливість виконання різноманітних технологічних операцій з постійною швидкістю різання. Економічний ефект з використанням суперваріатора прослідковується на практиці. Збільшення швидкостей різання і подач веде до скорочення часу на обробку деталей – основного технологічного часу, чим веде до збільшення продуктивності верстата. Головна мета – зменшення часу на обробку деталей, економить ресурси затрачені на виготовлення однієї деталі. Суперваріатор можливо використовувати у приводах головного руху і подачі верстатів. На даний момент часу різновиди варіаторів використовуються у верстатах різних груп. Вони доволі чудово замінюють звичні ступінчасті приводи, але дані представники обмежені у діапазоні регулювання передаточного відношення. Завдяки цьому, існує доцільність у модернізації звичних варіаторів на привід суперваріатора. Котрий, завдяки високому ККД, можливості ширшого діапазону регулювання, можливості збільшення крутного моменту і меншому часу на регулювання передатного відношення може замінити існуючі варіатори при мінімальних затратах, але при цьому збільшивши продуктивність верстата, зменшення часу на обробку деталі, у результаті все це зменшує виробничі

витрати і дає бажаний економічний ефект. Кожне виробництво від малого до великого прагне до економії коштів на вироблення продукції, без втрати якості виробленої деталі. Суперваріатор – є одним із способів зменшення часу технологічного процесу і отримання якісної продукції, при менших витратах.

Висновок

Аналіз літературних джерел показав, що у даний час науковці займаються розрахунками, розробкою та виготовленням робочих моделей, а також дослідженням параметрів суперваріатора. Проте недостатньо уваги приділяється впровадженню у виробництво суперваріатора, як одного із вузлів механообробних верстатів, що дозволить збільшити крутний момент, та виконувати безступінчасте регулювання передаточного відношення у широкому діапазоні для універсальних верстатів, що дозволить зменшити час на регулювання та підрахунок числа обертів. При невеликих партіях та частій зміні номенклатури це вигідно, з точки зору собівартості продукції.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА КОНСТРУЮВАННЯ ПРИВОДУ НА БАЗІ СУПЕРВАРІАТОРА

2.1 Структура та компоненти суперваріатора з двигуном

В основі суперваріатора лежить планетарний і диференційний механізм. Кілька років пішло тільки на те, щоб усвідомити – планетарна схема найкращим чином підходить для варіатора. Пояснення тут одне: при передавальному відношенні одному ККД планетарного механізму прагне до 100%. Гулія віддав перевагу дисковому варіатору, здатному передавати великі потужності. Його принцип роботи полягає в тому, що обертання на вхідний вал з жорстко закріпленими дисками надходить від двигуна, після чого починається обертання конічних сателітів. Зовнішні диски залишаються нерухомими, при цьому всім сателіти обертають не тільки вихідний вал, але ще роблять обертальні рухи навколо своєї осі. Завдяки радіальному переміщенню сателітів відбувається зміна передавального відношення в механізмі.

Особливість диференціала полягає у відсутності йому характерних конічних зубчаток, замість яких встановлені циліндричні зубчасті колеса, які на практиці довели свою велику ефективність і економічність [7].

2.2 Конструкція компонентів суперваріатора

На початку проектування конструкції суперваріатора розглянемо, які компоненти входять до його складу. Перерахуємо основні основоположні компоненти конструкції нашого механізму. На рисунку 2.1 – представлений загальний вигляд конструкції суперваріатора разом з електродвигуном.

Після розгляду загальної моделі перейдемо до конкретних компонентів даної моделі і розглянемо основні властивості, і вимоги котрим повинні відповідати дані компоненти.

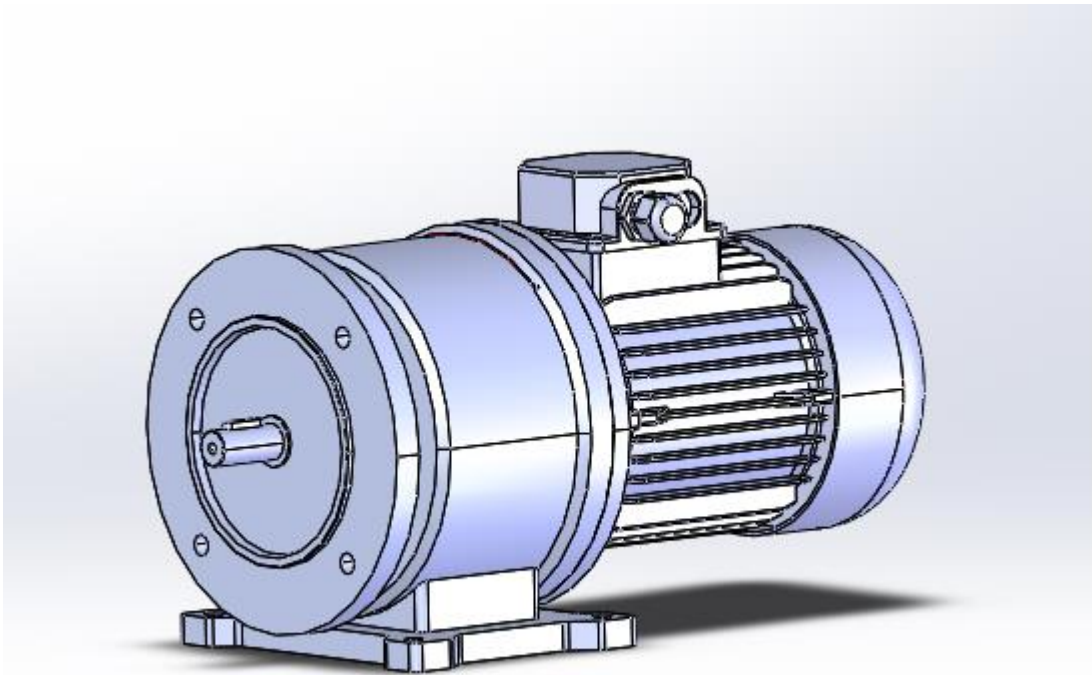


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд Суперваріатора з двигуном

Корпус суперваріатора

Аналіз матеріалів в машинобудуванні показав, що для отримання корпусних деталей використовують сірий чавун, сталь та алюміній.

Частіше всього використовують чавун марок СЧ15 – СЧ20 ГОСТ 1412–79. Це зумовлено добрими ливарними властивостями сірого чавуну, його гарною оброблюваністю на металорізальних верстатах, низькою вартістю, досить високою зносостійкістю. Міцність чавуну нижче, ніж сталі, однак для корпусів переважної більшості вона цілком достатня. Основним критерієм їх працездатності є жорсткість, необхідна для забезпечення нормальної роботи. Недоліком чавуну, як корпусного матеріалу, є погана його ремонтпридатність.

Сталеві виливки із сталей 15Л, 25Л, 35Л ГОСТ 977 – 88, застосовують тільки в тих випадках, коли міцність чавунних деталей недостатня. Це обумовлено наступними обставинами. Ливарні властивості сталей значно нижче ливарних властивостей чавунів. Сталь має малу рідкотекучість, внаслідок чого гірше заповнює ливарні форми; виявляють велику схильність до ліквації (утворення в процесі кристалізації при охолодженні розплавленого металу неметалічних включень в його структурі) і утворення пазирів; мають значну, в

1,5 – 2 рази більшу усадку. Через велику усадку у сталевих виливків спостерігається досить висока ймовірність появи викривлення і утворення усадочних тріщин і раковин. Сталеві виливки важче піддаються очищенню від пригару. Тому сталь уникають застосовувати для виливків складної конфігурації з тонкими стінками, підвищеними вимогами до їх зовнішнім виглядом і точності розмірів.

У зв'язку з вищевикладеним зі сталі виконують виливки корпусів, що мають просту конфігурацію і сприймають значні динамічні (ударні) навантаження, при яких сірий чавун працює значно гірше сталі.

Корпуси з алюмінієвих сплавів (сплави: алюміній-кремнієві АЛ2, АЛ4, АЛ9; алюміній-магнієві АЛ8, АЛ13, АЛ22) в силу низької щільності алюмінієвих сплавів по загальній масі істотно менше сталевих і чавунних. Такі корпусу легко обробляються на верстатах, а по ремонтпридатності із застосуванням зварювання є приблизно такими ж, як і чавунні. При високому рівні технологічної забезпеченості ремонтного виробництва ремонт корпусів з алюмінієвих сплавів не викликає особливих труднощів.

Порівнюючи та проаналізувавши всі вищевикладені матеріали для отримання корпусу суперваріатора, вибираємо оптимальний матеріал з економічної точки зору і з врахуванням маси готової деталі. Зупиняємо вибір на корпусі з алюмінію А13, обґрунтовуючи низькою собівартістю виготовленої продукції, незначній масі порівняно з конкурентами, легкою ремонтпридатністю у разі виявлення недоліків в процесі експлуатації і забезпеченням усіх технічних характеристик.

Фрикційні диски суперваріатора

Важливими конструкційними матеріалами машинобудування є фрикційні матеріали. Вони обумовлюють надійність та довговічність ряду відповідальних вузлів таких як тормоза, муфти зчеплення, фрикційні передачі. Такі матеріали повинні відповідати цілому ряду вимог, котрі пов'язані із забезпеченням заданої стабільності характеристик, строку служби та безпечній експлуатації.

Матеріал з якого виготовляють фрикційні диски повинен бути зносостійким і відрізнятися високою теплостійкістю. Також, матеріал з якого виготовлений фрикційний диск безпосередньо визначає силу тертя.

Диски виготовляють зі сталі і гартують до високої твердості (HRC 50 .. 60). Варіатор працює в маслі. Рясне змащення значно зменшує зношення і робить роботу варіаторів стійкою, незалежною від випадкових факторів, що впливають на тертя. Зниження коефіцієнта тертя при змащуванні варіатора легко компенсують збільшенням числа контактів. Тонкі сталеві диски дозволяють отримати компактну конструкцію при значній потужності.

Вали суперваріатора

Основними матеріалами для валів служать вуглецеві і леговані сталі завдяки високим механічним характеристикам, здатності до зміцнення і легкості отримання циліндричних заготовок прокаткою. Основними параметрами по підбору матеріалів для виготовлення валів варіатора є залежність від міцності на кручення і згин, то вали виготовляють із сталей 45, 40X, 40XH, 50X. В таблиці 2.1 наведена характеристика представлених матеріалів і ціна. Оптимальним вибором будуть якість і ціна. Вали варіатора виготовляють з поліпшеною сталі 45 ГОСТ 1050-74 з твердістю HB 255-285 і 40X (HB 269-302). Вали на ділянках повинні мати твердість HRC > 30. Вихідний вал виконується з канавкою під шпонку. Такий вал з'єднується безпосередньо з вхідним валом машини, що приводиться.

Таблиця 2.1 – Механічні властивості матеріалів валів

Матеріал	Твердість HB, не нижче HB	Границя текучості $\sigma_{0,2}$, МПа	Границя короткочасної міцності σ_b , МПа	Відносне подовження після розриву δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %
Сталь 40XH ГОСТ 4543-71	269-302	785	980	11	45

Матеріал	Твердість НВ, не нижче НВ	Границя текучості $\sigma_{0,2}$, МПа	Границя короткочасної міцності σ_b , МПа	Відносне подовження після розриву δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %
Сталь 45 ГОСТ 1050- 88	255-285	355	600	16	40
Сталь 40X ГОСТ 4543-71	217	785	980	10	45
Сталь 50X ГОСТ 4543-71	229	885	1080	9	40

Сателіти

Деталь сателіт входить в склад механізму суперваріатора. В процесі використання сателіти піддаються навантаженням:

- вигин зуба, який може відбутися у разі однократного максимального навантаження;
- в результаті багатократних циклічних навантажень, може відбутися вигин зуба, в подальшому це призведе до втомних руйнувань;
- контактні напруження, в наслідок чого може відбутися викривування зуба.

Деталь сателіт працює в закритому просторі, з високою частотою обертання, при температурі навколишнього середовища від -40 до +50 градусів, а температура безпосередньо у вузлі може досягати до 80 градусів.

Сателіт виготовляється зі сталі 20ХН3А, використання даної сталі найбільш оптимальна для виготовлення сателіта. Сталь досить легко піддається механічній обробці і відповідає всім вимогам, що пред'являються до деталі. Механічні характеристики сталі представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Механічні характеристики сталі для виготовлення сателітів

Матеріал	Границя текучості $\sigma_{0,2}$, МПа	Границя короткочасної міцності σ_b , МПа	Відносне подовження після розриву δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %
Сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-85	735	930	12	55

Електрична машина

Під час вибору електродвигуна для механізму двигун-суперваріатор звертаємо увагу на такі основні параметри, для вибору оптимального двигуна:

- надійність;
- частота обертання;
- собівартість;
- вага;
- потужність і ККД.

Для порівняння і вибору розглянемо три типи двигунів: асинхронні, синхронні і двигуни постійного струму.

Таблиця 2.3 – Порівняння між трьома типами двигунів

Двигун	Асинхронний	Постійного струму	Синхронний
Потужність	Висока	Середня та низька	Середня та низька
Питома потужність	Середній ($\approx 0,7$ кВт / кг)	Середній ($\approx 0,7$ кВт / кг)	Висока ($\approx 1,2$ кВт/кг)
ККД	Висока (93,4%)	Висока (93%)	Дуже висока (95,2%)
Розмір	1,8 кг / кВт	3 кг / кВт	2,3 кг / кВт
Межа міцності на розрив	Середня	Середня	Низька
Максимальна / базова швидкість	Середня (> 3)	Висока (> 4)	Низька (< 2)

Двигун	Асинхронний	Постійного струму	Синхронний
Вартість	Низька (22 € / кВт)	Низька (100 € / кВт)	Висока (3824 € / кВт)

Із проведеного порівняльного аналізу між трьома типами двигунів: синхронний, асинхронний і двигуна постійного струму, було отримано наступні результати. Головним критерієм оцінки складає – економічний фактор. Найдешевшим у використанні і обслуговуванні буде асинхронний двигун. Порівнюючи асинхронний двигун і двигун постійного струму, то асинхронний має ряд переваг, він надійніший має меншу собівартість. Хоча його частота обертання обмежена верхньою межею, але в парі із суперваріатором, котрий дає збільшення крутного моменту, це не є проблемою. Звісно, що синхронний двигун виграє по більшості параметрів у асинхронного, але його собівартість і вартість електроенергії в процесі роботи має занадто велику вартість. Тому, вибір електродвигуна був зупинений на асинхронному двигуну.

Підшипники

Підшипник слід вибирати виходячи з трьох основних чинників: навантаження, швидкості і довговічності, які визначають застосування підшипників, проте в розрахунок підшипників слід включити додаткові фактори: умови роботи, навколишні умови, вартість монтажу і експлуатації і так далі.

Нижче наведені інші чинники, які слід врахувати, виконуючи підбір підшипників:

- Навантаження на підшипники. Радіальна, осьова або їх комбінація.
- Величина навантаження. Випадкова або постійна, слабка або сильна вібрація.
- Швидкість. Величина, постійна або змінна, напрямок - постійне або осцилююче. Швидкість обертання підшипника обмежена його класом точності, використовуваної мастилом, конструкцією сепаратора і типом ущільнень.
- Довговічність. Як довго підшипник повинен працювати при необхідній навантаженні і швидкості.

– Шум і вібрація істотно впливає на вибір підшипників. Чи буде підшипник працювати в умовах, коли шум небажаний або використаний в обладнанні з високою швидкістю обертання, де небажаний дисбаланс для запобігання вібрацій.

– Неспіввісність. Чи існує і в якій мірі. Цей фактор істотно ускладнює розрахунок підшипників.

– Температура. Яка навколишня і робоча температури. Швидкість, навантаження і зовнішній нагрів впливають на робочу температуру.

– Навколишні умови. Чи присутні і в якій мірі забруднення і корозія.

Після того, як були виявлені і оцінені перераховані обмеження, слід порівняти характеристики підшипників різних типів з необхідними умовами. Досліджують вимоги, що виникають в процесі експлуатації і монтажу, а також витрати, що виникають.

У підшипникових вузлах суперваріатора використовують підшипники кочення – конічні роликпідшипники, що сприймають значні радіальні і осьові навантаження при відносно невеликих розмірах. Однак використання кулькових підшипників краще, так як ці підшипники не вимагають регулювання осьового зазору. Для прямозубих сателітів найбільш підходящими є сферичні роликові одно- і дворядні підшипники, що забезпечують самовстановлення сателітів з вирівнюванням навантаження уздовж зуба.

Підшипники кочення витримують великі навантаження і швидкості. Вони мають малу величину внутрішнього тертя і вимагають менше енергії при обертанні. Навантаження зазвичай визначає тип підшипника кочення, що використовується в конкретних умовах.

2.3 Висновок

На базі проаналізованих літературних джерел, що були розглянуті у першому розділі, була розроблена методика щодо послідовності та алгоритму складання деталей, які входять до складу суперваріатора, що дозволить на основі

знань про кожний елемент конструкції перейти до її розроблення. При цьому у методиці враховувались конструктивні параметри та технологічні параметри з метою вже на етапі проектування прагнути до зменшення витрат при виробництві.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СУПЕРВАРІАТОРА

3.1 Аналіз вихідних даних

Розроблення конструкції суперваріатора починати з «нуля» є не доцільно. Потрібно взяти за основу модель, спираючись на вже існуючі конструкції, призначені для виконання тих самих функцій чи завдань, що і у розроблюваного механізму. Таким чином, виконаний літературний огляд таких конструкцій представлений у першому розділі стане у пригоді.

Для цього проводимо аналіз існуючих конструкцій, метою якого є:

- оцінити насиченість сфери виробництва конструкцій даного типу та ринок, на якому присутні діючі зразки з необхідними функціями - аналогами розроблюваного виробу;
- оцінити технічний рівень аналогів і напрямки їх розвитку (вдосконалення);
- провести порівняльну оцінку аналогів і вибрати прототип розроблюваного виробу - пристрій, найбільш повно відповідає функціональним, конструктивним, економічним і іншим вимогам, що пред'являються до розробляється виробу;
- запропонувати власну конструкцію під вимоги, що висунуті у завданні роботи.

На основі проведеного аналізу існуючих конструкцій приймаємо рішення про розроблення власної концепції суперваріатора.

3.2 Розроблення конструкції суперваріатора

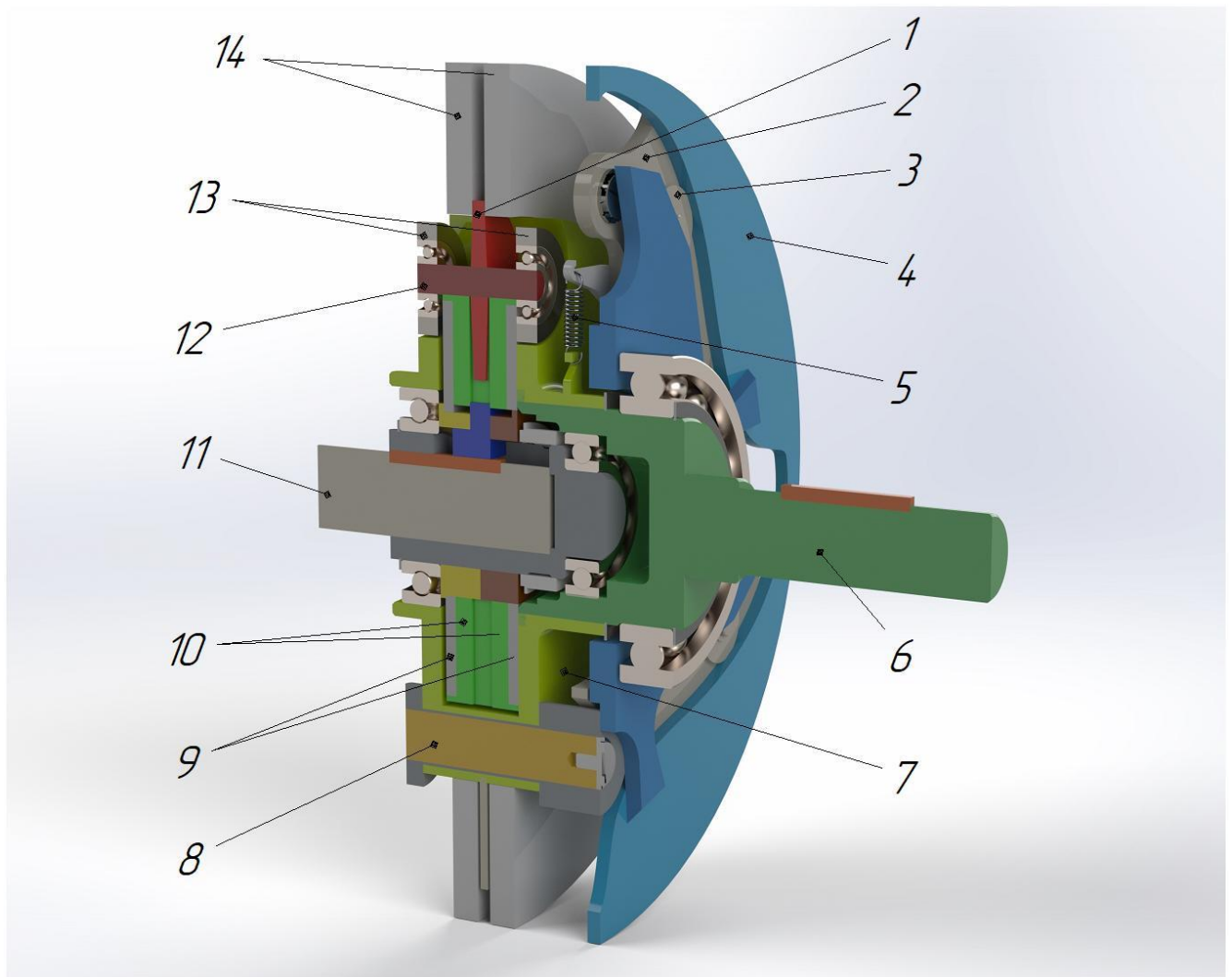
Суперваріатор з двигуном є новим і перспективним напрямком розвитку безступінчастих приводів. Головна перевага полягає в здатності самостійно (без використання сервоприводів, датчиків і електронного блоку управління)

реагувати на зміну зовнішнього навантаження на вихідному валу. При її підвищенні варіатор автоматично по поступово зростаючій гіперболічній характеристиці збільшує передавальне відношення і крутний момент, а при зниженні – зменшує, що дозволяє зберігати потужність двигуна майже постійною.

На основі відомих розробок, патентів і досліджень була розроблена конструкція суперваріатора, представлена на рисунку 3.1. Конструкція варіатора містить у собі ряд центральних зовнішніх (поз.14, рис.3.1) і внутрішніх фрикційних дисків (поз.10, рис.3.1), між якими за допомогою елементів затиску, затиснуті сателіти (поз.1, рис.3.1), вони передають крутний момент в планетарній передачі.

Для підвищення надійності конструкції, кожна з осей сателітів встановлюється в двох підшипниках кочення, в традиційних пристроях ці осі закріплені консольно в підшипниках ковзання. Підшипники сателітів встановлені на кінцях поворотних важелів, з протилежного боку яких розташовуються противаги з роликками, що переміщуються в фасонних прорізах (напрямних) диска, закріпленого на вихідному валу (поз.6, рис.3.1). Передавальне відношення варіатора визначається видаленням від вала сателітів, на які з одного боку діє тарілчаста пружина (поз.9, рис.3.1), а з іншого - противаги поворотних важелів, кулачковий механізм (поз.2, рис.3.1).

При малому моменті на валу і великій швидкості обертання сателіти стягуються до центру (до вала) тарілчастою пружиною, а роликки з противагами, положення яких в фасонній прорізи визначається швидкістю вихідного вала, навпаки, віддаляються від нього. При зростанні опори на валу і зменшенні його швидкості, роликки швидко пересуваються по направляючої прорізи до центру, що викликає поворот важеля і переміщення сателітів до периферії. В результаті автоматично змінюється передавальне відношення. При зменшенні ж моменту вони зміщуються в зворотному напрямку, завжди прагнучі зайняти положення, що врівноважують діючі на них сили.



1 – конічні сателіти; 2 – поворотний важіль; 3 - ролик; 4 – кулачковий диск;
 5 - пружина; 6 – вихідний вал; 7 - водило; 8 - вісь; 9 – тарілчасті пружини;
 10 – внутрішні центральні фрикційні диски; 11 – вхідний вал; 12 – вісь сателітів;
 13 – опори кочення; 14 – зовнішні центральні фрикційні диски.

Рисунок 3.1 – Конструктивна схема суперваріатора

Можна додати ще одне пояснення принципу роботи суперваріатора. На вхідному валу закріплені внутрішні фрикційні диски, тоді як зовнішні пов'язані з корпусом варіатора і тому нерухомі. Між внутрішніми і зовнішніми дисками затиснуті сателіти конусної форми, вони обертаються разом з вихідним валом і одночасно навколо своєї осі.

Щоб змінити передавальне відношення, потрібно впливати на поворотні важелі сателітів. Хід останніх задає шайба з прорізом, яка має незвичну форму.

Сателіти в результаті переміщуються в радіальному напрямку назовні або всередину, тим самим змінюючи співвідношення кутових швидкостей вхідного і вихідного валів варіатора.

У традиційного варіатора сателіти видавлюються до центру простим силовим натиском на фрикційні елементи, в результаті чого всі точки контакту навантажуються однаково, незалежно від величини переданих зусиль. Тому, щоб уникнути руйнування фрикційних дисків сильним притиском, крутний момент різко обмежують - як тільки він зростає більш ніж в 2 рази, система передачі починає буксувати.

Восьмикратне підвищення моменту суперваріатором стало можливим завдяки оптимізованому притиску фрикційних дисків, що відбувається автоматично, в залежності від передавального відношення. При цьому у фрикційних контактах враховується і змінюється коефіцієнт гідродинамічного тертя, оскільки крутний момент між дисками передається через тонку 1,5 мкм плівку масла, завдяки якій при стисненні вони не притискаються і не зношуються.

Внутрішні і зовнішні натискні елементи суперваріатора пружно деформуються за рахунок, того що сателіти розклинюють їх, які мають конусоподібний розтин. Оптимальний по ККД натиск на фрикційні диски забезпечується за рахунок спеціально підібраних характеристик «сила – деформація». Можливість заїдання варіатора при такому рішенні виключається, а контактні напруги зводяться до мінімуму.

До переваг суперваріатора (в порівнянні з іншими фрикційними варіаторами від виробників з різноманітних країн світу) можна віднести:

- невеликі розміри, що говорить про компактність розробки;
- можливий ККД до 96%, ніж в аналогових пристроях, там він не перевищує 80%;
- збільшення крутного моменту у 8 разів (в кращих аналогів у 2 рази);
- можливість змінювати передавальне відношення в діапазоні 1,3-8,3 (звичні значення в районі 1,4-5);

- час, котрий відводиться на регулювання передавального відношення зменшений, порівняно з аналогічними варіаторами і становить не більше 3 с (у інших - кілька хвилин);
- існує можливість зміни передавального відношення при зупиненому варіаторі.

В процесі експлуатації суперваріатора, його робоча температура не збільшується вище 60 ° С. Однією з переваг, можливо загадати, що при роботі суперваріатора, майже відсутні вібрації – це добре відгукнеться в роботі всього вузла машини, де буде задіяний варіатор. Суперваріатор відзначається високою надійністю і довгим терміном експлуатації. Зміна, у випадку збільшення крутного моменту у 8 разів при зниженні вихідного валу, відбувається без втрат і зниженню ККД. Наприклад: застосування суперваріатора у парі з електродвигуном потужністю 5,5 кВт дозволяє замінити мотор редуктор з частотним регулюванням потужністю 22 кВт.

3.3 Висновок

Виходячи із розглянутої методики, літературних джерел, а також аналогів та прототипів варіатор них механізмів було проведено підбір всіх складових конструкції і матеріалів, що дозволило розробити конструкцію суперваріатора для створення твердотільних 3D моделей, що будуть використані для подальших досліджень та аналізу.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ СУПЕРВАРІАТОРА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У МЕХАНІЗМАХ

4.1 Передумови до виконання експериментальних досліджень

Сучасний етап науково-технічного розвитку потребує удосконалення методів розрахунку на міцність і жорсткість машинобудівних конструкцій, з метою впровадження нових технологій, підвищення якості, надійності та довговічності машин, їх конкурентоспроможності на світовому ринку.

На даний момент для проведення розрахунків використовуються програмні комплекси, котрі використовують чисельні методи моделювання та аналізу конструкції. Один із поширених є метод кінцевих елементів, який дозволяє спроектувати моделі будь-якого рівня складності. У сьогоденних реаліях обчислювальна потужність середнього комп'ютера може бути достатньою для проведення аналізу моделі конструкцій, що складається з тисячі елементів.

В результаті моделювання анізотропія і нелінійні властивості матеріалів рідко беруться до уваги, тому структурний аналіз в основному проводиться з використанням спрощених фізичних моделей. У зв'язку з цим виникає сильна потреба в інтеграції моделей, які регулюють і враховують більшу різноманітність властивостей матеріалу. Таким чином, проблема може бути вирішена тільки за допомогою потужного програмного забезпечення с сучасним призначенням для користувача інтерфейсом.

Використовуючи програмне забезпечення для інженерного аналізу і численного моделювання Ansys, є можливість за допомогою модулів програми, провести віртуальне дослідження суперваріатора, результатом якого є аналіз напруженого-деформованого стану і резонансних частот коливання суперваріатора за спрощеним методом скінченних елементів.

Спроектована конструкція суперваріатора з легкістю піддається динамічним навантаженням, тому за допомогою програмного забезпечення Ansys Workbench, передбачена можливість виконання наступних видів аналізу:

Динамічний аналіз – проводиться оцінка напружено-деформованого стану (напружень, деформацій, зміщень, запасу міцності).

Модальний аналіз – проводиться оцінка частот власних коливань системи, при цьому включаючи можливі переміщення жорсткого тіла.

Виконання даного аналізу забезпечує наступний результат: дослідження напружено-деформованого стану, частоти власних коливань і небезпечного перерізу вихідного валу.

4.2 Чисельне моделювання конструкції суперваріатора

Для модального аналізу запропонованої конструкції суперваріатора потрібна провести підготовку. На початку виконуємо побудову моделі суперваріатора за допомогою програмного комплексу системи автоматизованого проектування – Solidworks (рисунок 4.1). Аналіз модального дослідження займає певний проміжок часу, тому для скорочення часу на аналіз виконуємо спрощення розробленої моделі. Виключені деталі не будуть впливати на проведені дослідження.

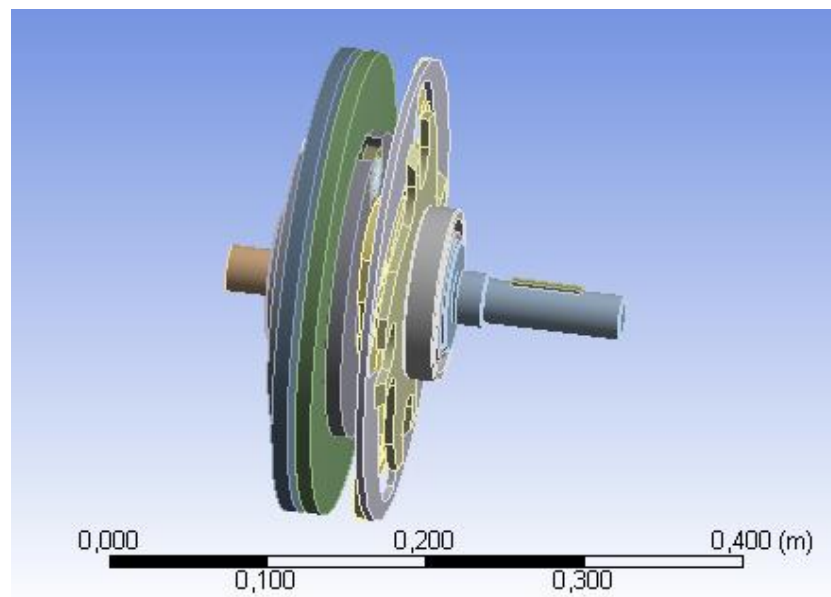


Рисунок 4.1 – Модель суперваріатора для аналізу

Першим етапом при вирішенні вищевказаних задач є розроблення скінченно-елементної моделі, а розрахункова 3D-модель – на рисунку 4.2.

Матеріал елементів конструкції приймаємо за замовчуванням – це середньовуглецева сталь з межею міцності близько 460 МПа та модулем Юнга – $2 \cdot 10^5$ МПа. Мінімальна довжина грані сітки рівна $2,29 \cdot 10^{-3}$ мм; кількість елементів сітки – 69419 шт.

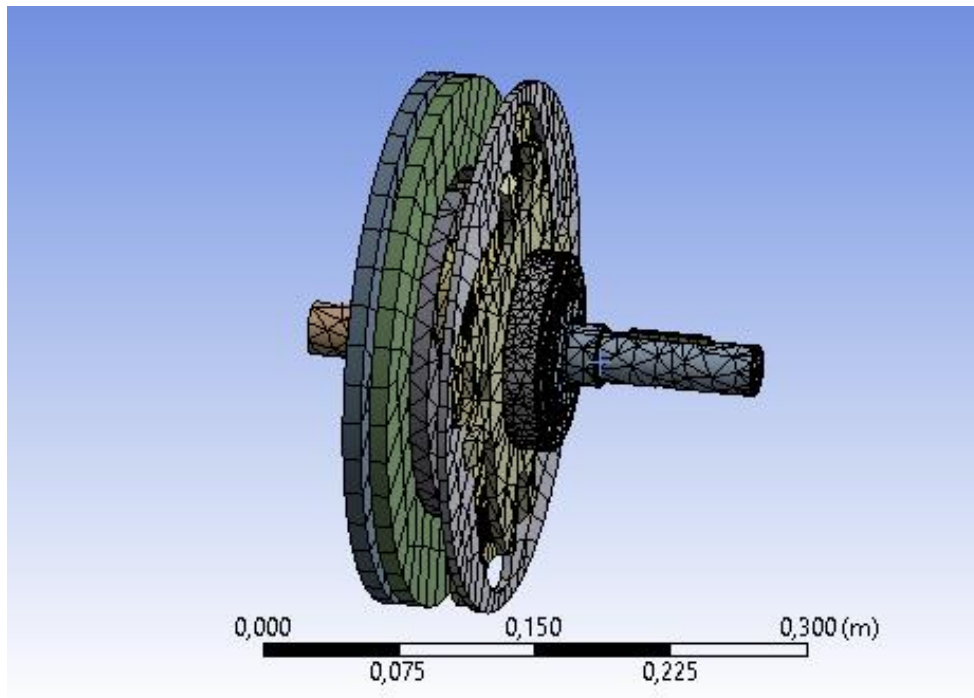


Рисунок 4.2 – Розрахункова 3D-модель зі скінченноелементною сіткою

Для забезпечення більш точних результатів аналізу – задаємо контактні сполучення, які присутні в моделі. Наприклад для елементів, що мають жорстке сполучення, наприклад, посадку з натягом, обираємо параметр – Bonded. У просторі система зафіксована за допомогою команди Fixed Support по поверхні вхідного і вихідного валів, оскільки саме на них будуть діяти сили, що утримують суперваріатор.

Після проведення аналізу отримуємо графік, котрий відображає 5 перших власних коливань (рисунок 4.3)

З отриманих результатів, найбільш небезпечними є перші частоти власних коливань, оскільки вони мають найменшу величину, що може призвести до

резонансу співпадіння частот вільних та вимушених коливань. З графіка бачимо, що для даної системи частоти знаходяться в межах Гц.

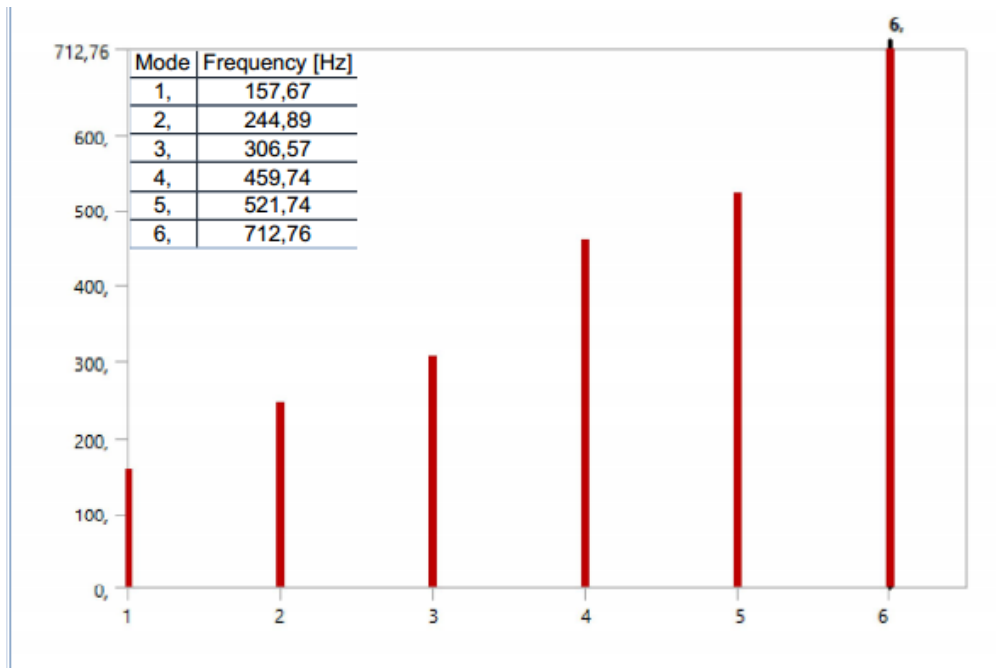


Рисунок 4.3 – Частоти власних коливань системи

На рисунках 4.4 – 4.6 відображені епюри перших трьох форм власних коливань системи.

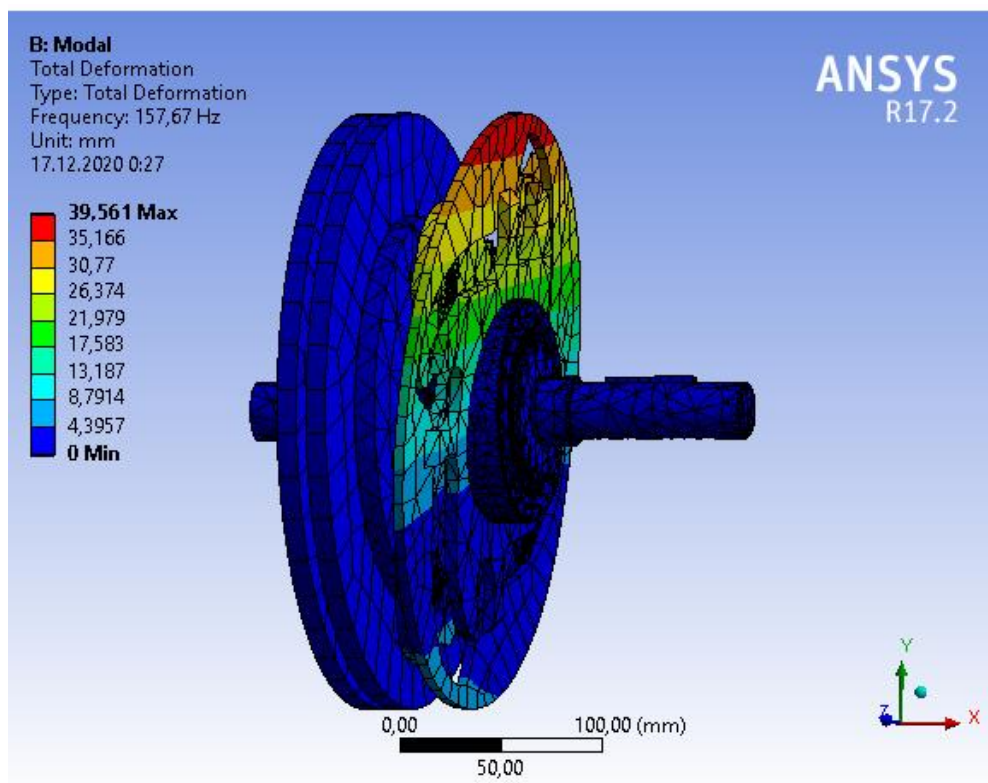


Рисунок 4.4 – Перша форма коливань

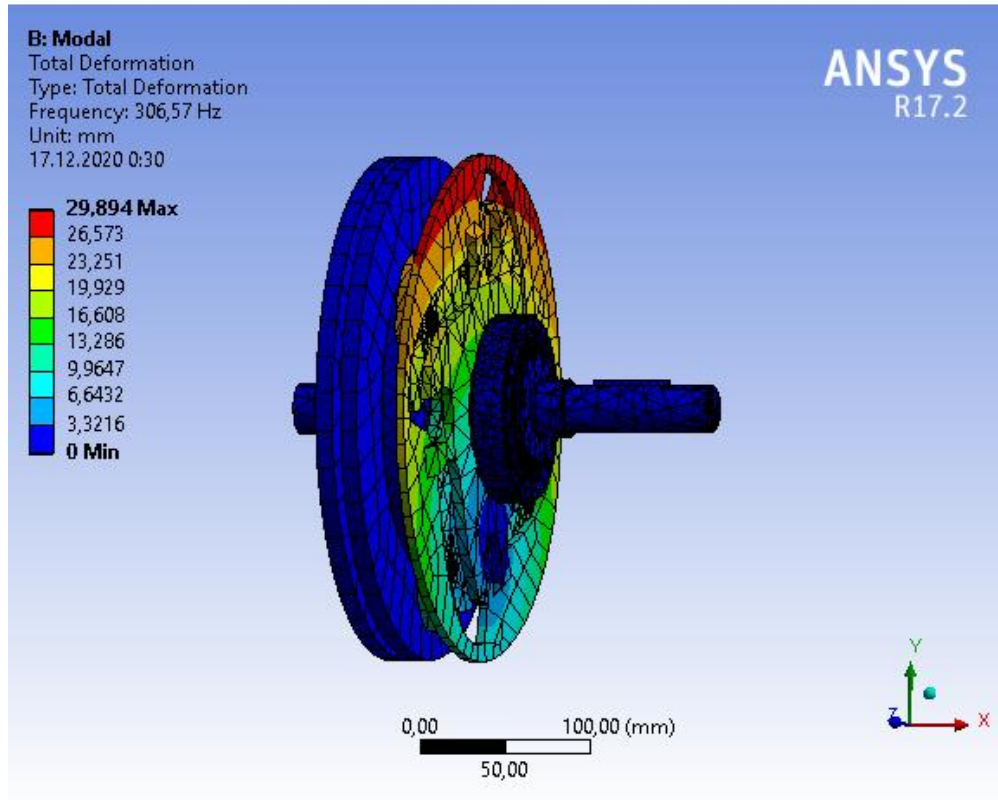


Рисунок 4.5 – Друга форма коливань

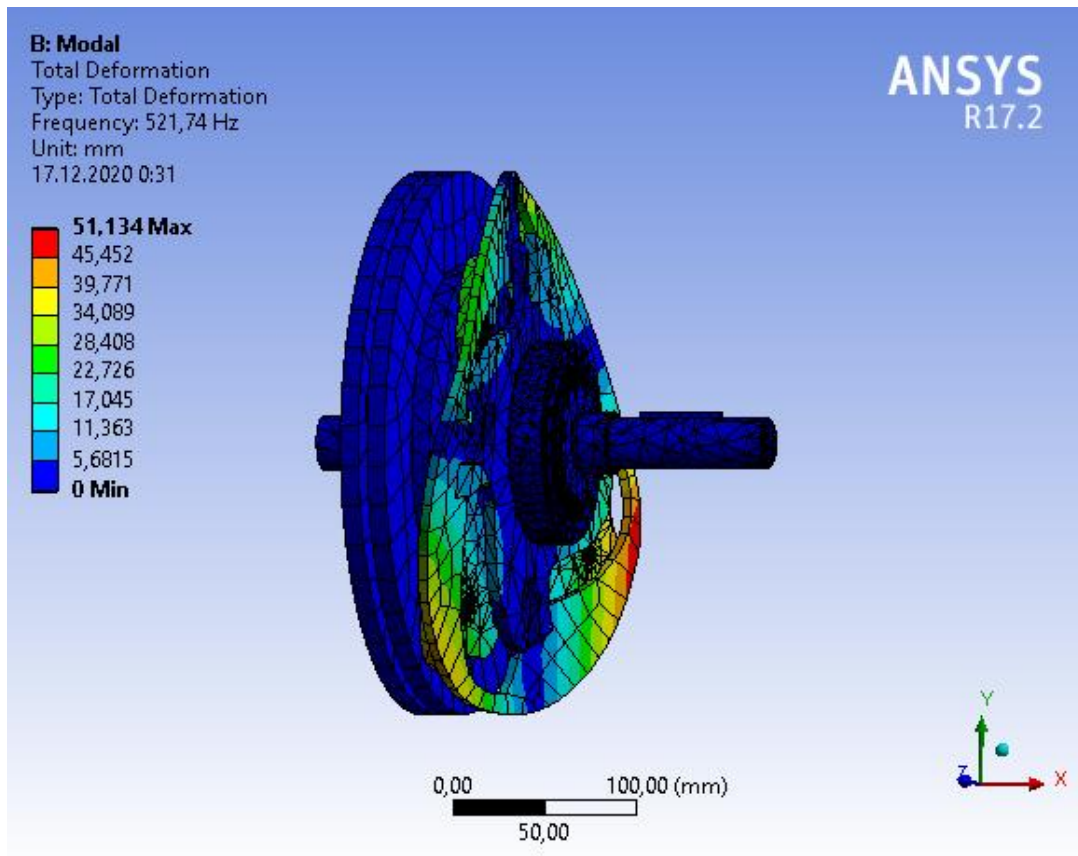


Рисунок 4.6 – Третя форма коливань

Проаналізувавши систему бачимо, що найбільш вразливим елементом даної конструкції є фрикційні диски суперваріатора, вони деформуються найбільше на всіх зазначених епюрах.

Для попередження виникнення явища резонансу, слід уникати таких режимів роботи суперваріатора, які можуть співпасти з частотами власних коливань системи. Наприклад: 158 Гц приблизно дорівнює 9480 оберти за хвилину, а тому не допускати режимів роботи суперваріатора більше, ніж 9000 тисяч обертів за хвилину для запобігання деформації фрикційних дисків і руйнування конструкції в цілому.

Модальний аналіз системи показав, що за допомогою побудованих епюр і графіків можемо зробити висновок про навантаження системи під час роботи. Даний аналіз показав, що можливо запобігти явищу резонансу внаслідок співпадіння власних частотних коливань з вимушеними. Для недопущення негативних факторів, які можуть вплинути на систему, потрібно скоригувати вибрані матеріали деталей супермаховика або ж потрібно змінювати концепцію всієї конструкції в цілому.

4.3 Динамічне дослідження

Після проведення модального аналізу, переходимо до динамічного аналізу системи. Динамічний аналіз розрахувати сили переміщень, напружень, навантаження і реакцій, викликаних в результаті прикладання до об'єкту дослідження навантажень, бо при цьому відбувається деформація всієї конструкції.

Проводячи динамічний аналіз приймають припущення:

1) навантаження, які прикладаються до тіла, додаються поступово доки не буде досягнуто повних величин, після цього вони приймаються постійними. Використовуючи таке припущення можна знехтувати під час розрахунку внутрішніми силами, адже швидкість і прискорення дії зовнішніх сил є порівняно низькою. У випадку прикладання динамічних навантажень які

супроводжуються внутрішніми і демпфуючими силами, необхідно проводити перевірку виконання цього припущення;

2) залежність між прикладеним навантаженням і викликаню ним реакцією є лінійною. Припущення виконується якщо: навантаження є постійними за напрямком і величиною; переміщення викликані дією навантаження є порівняно малими; до матеріалу з якого виготовлено досліджуваний об'єкт, можна використати закон Гука.

Результати аналізу представлені на рисунках 4.7 – 4.8.

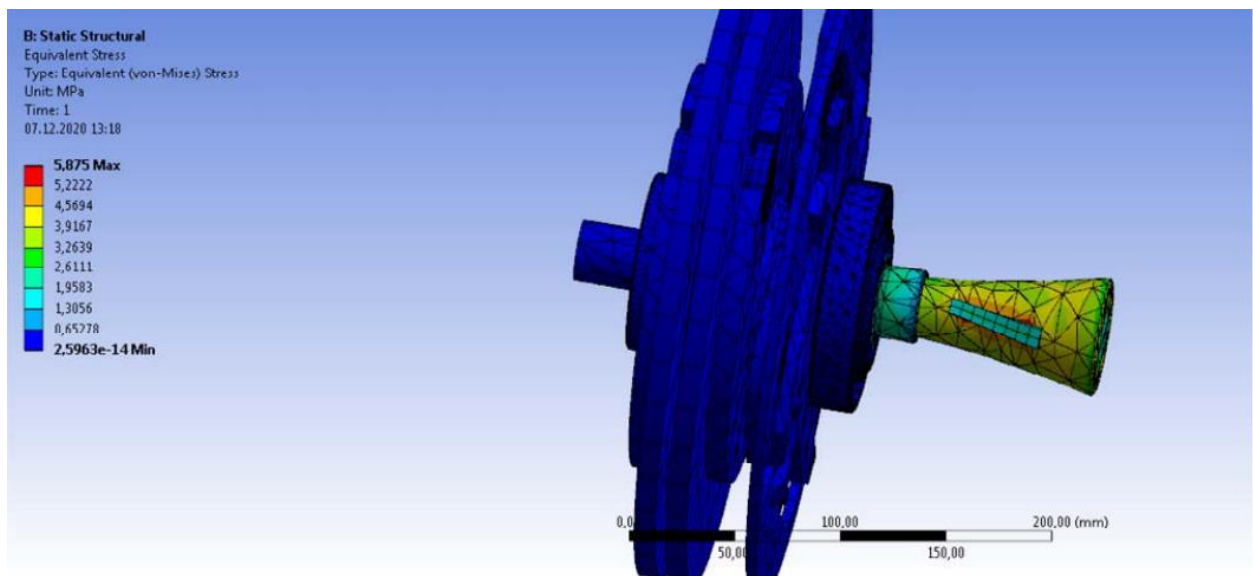


Рисунок 4.7 – Максимальні напруження, що виникають під час робочого циклу

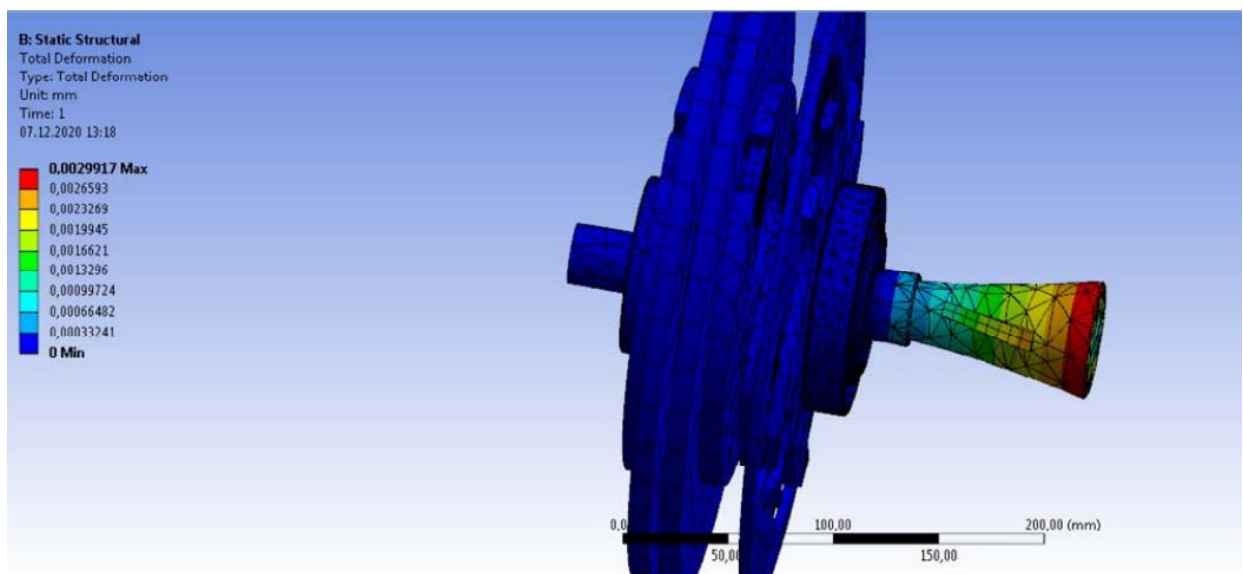


Рисунок 4.8 – Максимальні деформації при динамічному навантаженні

Під час роботи суперваріатор піддається циклічним навантаженням під час розгону та гальмування. Таким чином, для аналізу безперебійної роботи суперваріатора було піддано навантаженням, розігнавши його від нуля до максимально можливих обертів. Під час аналізу, були зібрані результати внутрішніх напружень та деформації механізму суперваріатора.

З аналізу виконаних нами епюр можемо спостерігати наступну картину, що при навантаженнях установка суперваріатора може працювати в динамічному режимі стабільно, але якщо допустити навантаження системи більше ніж 9000 тисяч обертів за хвилину, то можливі деформації фрикційних дисків.

4.4 Аналіз навантаження небезпечного перетину вала

Під час проведення динамічного аналізу було виявлено, що під дією зовнішніх сил вихідний вал суперваріатора зазнає деформацій. Для визначення причин і недопущення деформацій в цьому місці конструкції проведемо наступні аналізи вихідного валу.

Першим етапом аналізу є розроблення скінченно-елементної моделі, а розрахункова 3D-модель – на рисунку 4.9, для цього використовуємо програмне забезпечення – SolidWorks.

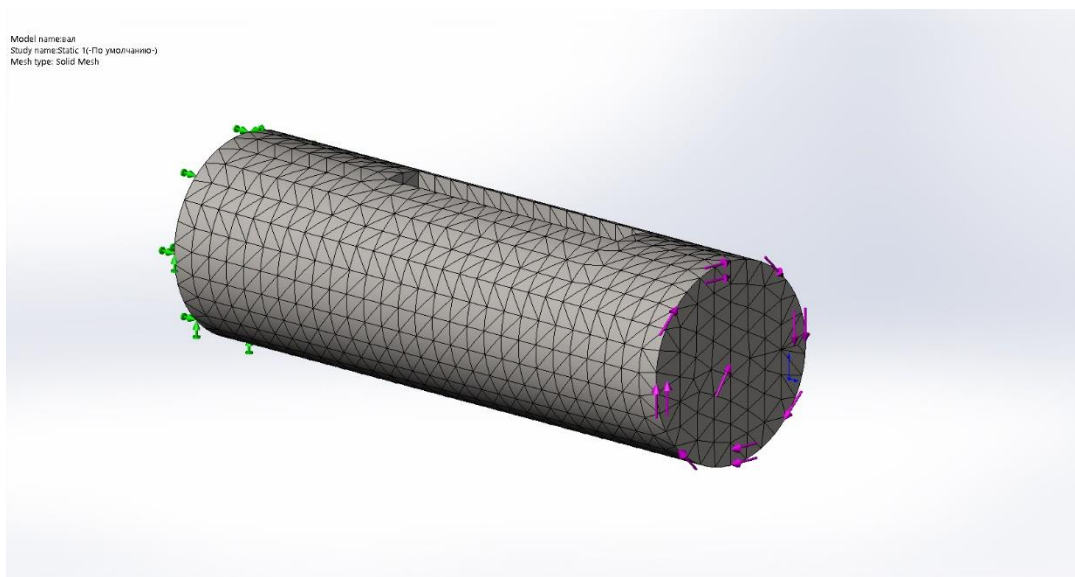


Рисунок 4.9 – Розрахункова 3D-модель валу зі скінченно-елементною сіткою

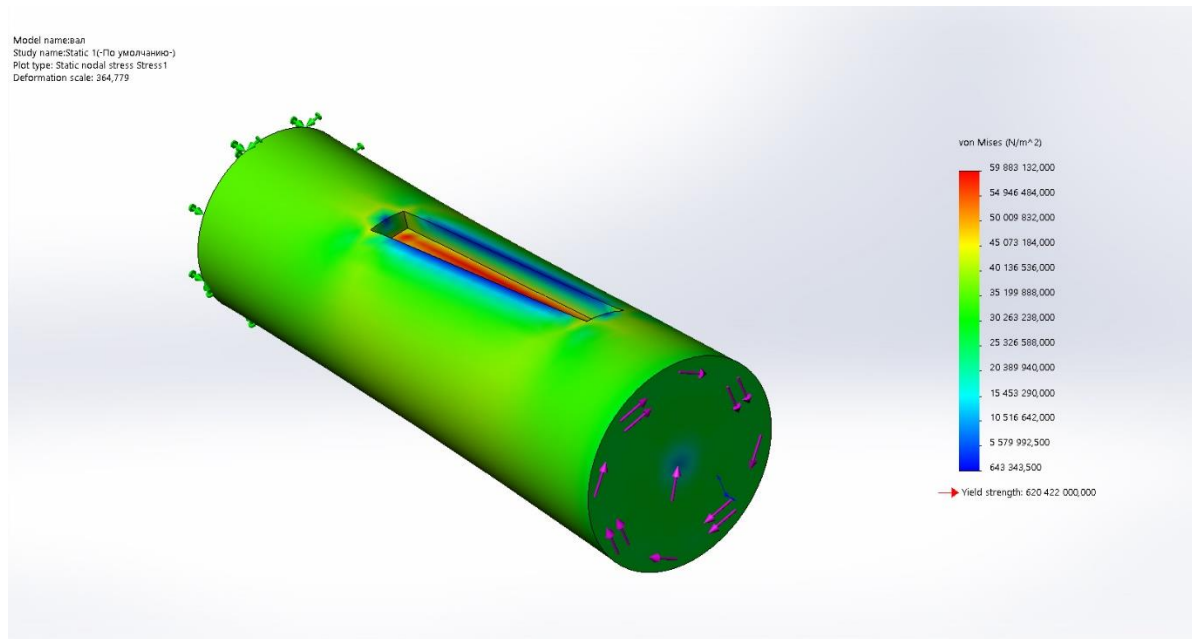


Рисунок 4.11 – Еквівалентні напруження

У результаті проведених аналізів вихідного валу бачимо, що вал піддається деформації кручення при його роботі за максимального навантаження 364 Гц, тому при роботі не потрібно допускати максимальних навантажень. Надалі, аналізуючи конструкцію бачимо, що на валу присутній шпонковий паз, тому концентрації напружень будуть саме на цьому проміжку (рисунок 4.10 – 4.11). Значення напружень на проміжку шпонкового пазу є найбільшими.

4.5 Висновок

Проведений модальний та динамічний аналіз установки суперваріатор дозволив визначити критичні частоти власних коливань, що дозволить уникнути резонансу. Також аналіз напружено-деформованого стану дозволив визначити деформації та напруження в найбільш навантажених перетинах механізму та встановлено, що суперваріатор витримає заявлені технічні характеристики передаваної потужності та крутного моменту. Модальний аналіз дозволив встановити, що критичні коливання виникають у конструкції фрикційних дисків, а отже, під час проведення наступних досліджень потрібно внести поправки в модель, а саме у форму та розміри фрикційних дисків.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СУПЕРВАРІАТОРА

5.1 Аналіз енергоефективності використання електроенергії

Проблема енергоефективності становиться центральним об'єктом багатьох досліджень сучасних промислових підприємств. У промисловості ефективне використання електроенергії та, відповідно, зниження її питомих витрат пов'язано з організацією виробництва і режимами роботи технологічних установок (коефіцієнтами завантаження, включення тощо). Тому працівники та керуючий персонал мають бути зацікавлені у підвищенні ефективності використання енергії та палива.

Проблема енергозбереження виникла у зв'язку з тим, що споживання енергії зростає, обсяги основних ресурсів природного походження (не поновлюваних) зменшуються, виробництво та споживання енергії здійснюється неефективно, а негативний вплив на природне середовище посилюється. Нових та готових до практичного застосування джерел енергії нині не існує.

Основа економіки будь-якої країни – це промислове виробництво. Склад промислового обладнання вельми різноманітний. У більшості установок, машин і механізмів застосовуються ті або інші рухомі процеси. З технічним прогресом з'являються нові механізми котрі прагнуть використовувати все більше електроенергії. Кожного року підприємства потребують все більше електроенергії. Тим часом, ціни на споживання електроенергії постійно зростають. Таким чином, потрібно проводити енергоефективні заходи на виробництві, які направлені на зменшення споживання електроенергії.

Одним із способів зменшення споживання енергії є запровадження нового верстатного обладнання. Допускається, що модифіковані металорізальні верстати зможуть обладнуватися безступінчастими коробками передач. Коробка передач потрібна для зміни крутного моменту двигуна, причому при його

збільшенні в стільки ж разів буде зменшуватися частота обертання. Якщо число ступенів коробки передач буде нескінченно велике, то таку передачу називають безступінчастою. Перехід від одного передавального числа (яке завжди більше 1, на відміну від передавального відношення, яке може бути і більше, і менше 1) до іншого тут здійснюється плавно і без розриву потоку потужності, тобто на ходу.

Безступінчасті передачі можна розділити на такі, які перетворюють енергію обертання двигуна в електрику, тиск рідини або її швидкісний потік; і такі, які зберігають це обертання, лише перетворюючи його по частоті і моменту. Розглянемо останній варіант з використанням механічної передачі. На сьогоднішній момент механічні варіатори залишають бажати кращого, хоча ми впевнені – за ними майбутнє. Вони мають низький ККД і в них енергія обертання не перетвориться ні в якій іншій вид і форму.

Отже, при однакових фінансових впливах в розробку приводу коробки передач металорізального верстата найбільш економічним завжди виявиться той, в якому вид і форма енергії не зазнають змін від двигуна до робочого органу. Так з усіх видів безступінчастого приводу тільки в варіатора, а саме беремо розроблену конструкцію суперваріатора, не змінюється ні вид енергії, ні її форма; немає там навіть перетворення обертального руху в коливальний, зворотно-поступальний і т.д., що має місце, наприклад, в варіатора імпульсивних. Тому економічність таких варіаторів при належному виконанні буде максимальною серед безступінчастих приводів, близькою до тієї, якою володіє звичайний ступінчастий зубчастий привід. Але, на жаль, наявність ступенів робить його неконкурентоспроможним на перспективу.

5.2 Економічний розрахунок ефективності суперваріатора

Проведемо укрупнений розрахунок можливої економії електроенергії на основі застосування розробленого приводу суперваріатора у парі з електродвигуном для токарного металорізального верстату.

Приймаємо вартість суперваріатора 60 тис. гривень, коефіцієнт корисної дії візьмемо середній, близько 96%. В той же час, вартість звичайного коробки передач для токарного верстату складає 70 тис. гривень, коефіцієнт корисної дії близько 75%. Приймаємо потужність середнього верстату 10 кВт·год, середньорічний час роботи верстату, в дві зміни 4000 годин. Вартість одного кВт·год електроенергії – 3 грн.

Розрахуємо активну спожиту електроенергію верстату із звичайною коробкою передач і порівняємо розрахунки із верстатом з механізмом суперваріатора (при номінальній потужності електродвигуна 10 кВт).

$$10 \text{ кВт} / 0,75 = 13,33 \text{ кВт};$$

$$10 \text{ кВт} / 0,96 = 10,41 \text{ кВт}.$$

Із розрахунків бачимо, що реально спожита енергія у верстата із суперваріатором, значно менше. Проведемо розрахунок і з'ясуємо, наскільки ефективно використовувати верстат із приводом суперваріатора.

Розрахуємо середньорічне споживання верстатом електроенергії:

$$4\ 000 \text{ год} \cdot 13,33 \text{ кВт} = 53320 \text{ (кВт·год)};$$

$$4\ 000 \text{ год} \cdot 10,41 \text{ кВт} = 41640 \text{ (кВт·год)};$$

$$53320 \text{ кВт·год} \cdot 3 = 159960 \text{ (грн.)};$$

$$41640 \text{ кВт·год} \cdot 3 = 124920 \text{ (грн.)}.$$

Таким чином, після приведених розрахунків бачимо, що верстат із суперваріатором споживає меншу кількість електроенергії, тому використання такого механізму енергоефективне, а ніж звичайної коробки передач.

Середньорічна економія на електроенергії складає:

$$159960 \text{ грн} - 124920 \text{ грн} = 35040 \text{ (грн.)}.$$

При заявленій вартості установки 60000 грн термін окупності при незмінній ціні на електроенергію складає:

$$60000 \text{ грн} / 45\,000 \text{ грн} = 1,3 \text{ (років)}.$$

Оскільки заявлений строк служби складає 20 років, то через два роки використання модифікованих верстатів почне приносити прибуток, а за умови постійного зростання тарифів на електроенергію, ще раніше. Ще одним фактором виступає універсальність механізму та можливість встановлення чи зняття з найменшими капіталовкладеннями в систему верстату, невибагливість в експлуатації та необхідності частого обслуговування.

5.3 Висновок

Шляхом укрупнених економічних розрахунків доведено, що завдяки запропонованій системі, із застосування суперваріатора у металорізальному верстаті відбувається економія електроенергії, що робить дану систему перспективною у використанні для підвищення енергоефективності машинобудівних підприємств.

Встановлено, що у машинобудуванні можна запровадити дану технологію і заощаджувати кошти на електроенергії з терміном окупності не більше двох років.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу наукової літератури та сучасного стану досліджень проектування та застосування в галузі безступінчастих передач, було виокремлено основні принципи та концепцію конструювання, вибору основних складових для виготовлення суперваріаторів, а також систематизовано вимоги до них. Визначено галузі застосування даних конструкцій, та встановлено, що суперваріатор можна застосувати у металорізальних верстатах для підвищення їх енергоефективності.

2. На базі розглянутих літературних джерел та запропонованих методик, була розроблена власна методика проектування та конструювання суперваріаторів для машинобудівної галузі. Дана методика включає опис основних елементів конструкції, вимог до комплектуючих, та наведено рекомендації для реалізації заданих технічних характеристик суперваріаторів, що дозволило перейти до розроблення запропонованої конструкції.

3. Спроектовано суперваріатор та створено його 3D модель для подальшого аналізу та досліджень, що дозволило запропонувати варіант технологічного механізму для підвищення енергоефективності використання технологічного обладнання.

4. Виконано аналіз конструкції суперваріатора методом скінчених елементів в процесі роботи, динамічний аналіз стійкості системи під робочим навантаженням та аналіз навантаження небезпечного перетину валу в програмному середовищі Ansys Workbench та SolidWorks. Були виявлені небезпечні частоти коливань, що дозволить попередити появу резонансу та встановлено, що гранична частота обертання обмежується лише конструкцією фрикційних дисків суперваріатора.

5. Розраховано техніко-економічний ефект від впровадження в систему металорізального верстату механізму суперваріатора для підвищення ефективності технологічного обладнання та шляхом укрупнених економічних розрахунків доведена перспективність його застосування.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Birch S. Audi takes CVT from 15th century to 21st century. Society of automotive Engineers (SAE) International, 2000, no. 1.
2. Гулиа Н. В. Супертехника от супермена: Супермаховик и супервариатор для суперавтомобиля : (журнал «Популярная механика») : статьи / Нурбей Гулиа. – Россия, 2006. - №3
3. Гулиа Н. В. Удивительная физика: О чём умолчали учебники. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 411 с. : ил. – (Факультатив)
4. Сравнительный анализ автомобильных трансмиссий тяжёлых коммерческих транспортных средств / В. В. Давыдов, Е. Е. Пронин // Исследования, конструкции, технологии. – 2013. - № 3. – С. 38-46.
5. Гулиа Н. В. Удивительная механика: В поисках «энергетической капсулы». — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. — 176 с. : ил. — (О чём умолчали учебники).
6. Пат. 2140028 Российская Федерация, МПК7 F 16 Н 15/50. , Многодисковый планетарный вариатор / Гулиа Н.В.; заявитель и патентообладатель Москва. Науч.-исслед. Ин-т связь. - №98110236/28; заяв. 26.05.98 ; опубл. 20.10.99, бюл. № 46.
7. Пат. 2138710 Российская Федерация, МПК7 F 16 Н 15/50. , Автоматическая бесступенчатая передача / Гулиа Н.В.; заявитель и патентообладатель Москва. Науч.-исслед. Ин-т связь. - №98111738/28; заяв. 16.06.98 ; опубл. 27.09.99, бюл. № 46.
8. Пат. 2332599 Российская Федерация, МПК7 F 16 Н 15/52. Бесступенчатая передача / Гулиа Н.В.; заявитель и патентообладатель Москва. Науч.-исслед. Ин-т связь. - №2006122158/11; заяв. 22.06.06 ; опубл. 27.08.08, бюл. № 24.
9. Пат. 2311575 Российская Федерация, МПК7 F 16 Н 37/02. Широкодиапазонный бесступенчатый привод (супервариатор) / Гулиа Н.В.;

заявитель и патентообладатель Москва. Науч.-исслед. Ин-т связь. - №2006103132/11; заяв. 08.07.03 ; опубл. 27.11.07, бюл. № 33.

10. Пат. 2373445 Российская Федерация, МПК7 F 16 H 15/50. Двухрежимный бесступенчатый привод-супервариатор / Гулиа Н.В.; заявитель и патентообладатель Москва. Науч.-исслед. Ин-т связь. - № 2008108211/11 ; заяв. 05.03.08 ; опубл. 20.11.09, бюл. № 32.

11. Горшенина, Е. Ю. Разработка гибридного городского пассажирского транспорта на основе применения супермаховика и супервариатора [Текст] / Е.Ю.Горшенина, Б.Ф. Тугушев, А.О. Устинов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2016. - № 4. – С. 18.

12. Бабин В. Супервариатор – коробка передач завтрешнего дня: (журнал «Техника – молодёжи») : статьи / Владимир Бабин. – Россия, 2007. - №5. – С. 26-30.

13. Гулиа Н. В. Супервариатор от супермена: (журнал «Популярная механика») : статьи / Нурбей Гулиа. – Россия, 2006. - №3.

14. Гулиа Н. В. Привод с вариаторами для грузопольемных машин: (журнал «Техника молодёжи») : статьи / Нурбей Гулиа. – Россия, 2007. - №11.

15. Гулиа Н. В. В поисках энергетической капсулы / Нурбей Владимирович Гулиа. – Москва : Детская литература, 1986.

16. ДСТУ Б А.1.1-23-94 Засоби пакетування та контейнери для будівельних матеріалів і виробів. Терміни та визначення.

17. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

18. СНиП 3.05.06-85 Електротехнічні пристрої.

19. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

20. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

21. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

22. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання. Виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги.

23. НАПБ А.01.001-2017. Правила пожежної безпеки в Україні.
24. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
25. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
26. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
27. СНиП 2.09.02-85* Виробничі будівлі. Зі змінами.
28. Правила «Про затвердження правил технічної експлуатації електроустановок споживачів від 21.02.2017 року».
29. ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
30. ДСТУ 2388-94. Системи вентиляції. Терміни та визначення.
31. ДСТУ 2300-93. вібрація . Терміни та визначення.
32. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги.
33. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

ДОДАТОК А
КОПІЇ ПУБЛІКАЦІЇ

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет



МАШИНОБУДУВАННЯ ОЧИМА МОЛОДИХ: прогресивні ідеї – наука – виробництво

Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної
конференції

(м. Суми, 25–26 листопада 2020 року)



Суми
Сумський державний університет
2020

УДК 621.01:008(063)
М 38

Організаційний комітет:

Голова – д-р фіз.-мат. наук, професор, проректор з наукової роботи СумДУ
А. М. Черноус.

Спієглова – д-р техн. наук, професор, професор кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів СумДУ **В. О. Залога.**

Спієглова – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів СумДУ **В. О. Іванов.**

Члени оргкомітету:

В. С. Антошок – д-р техн. наук, професор кафедри ВП НТУУ «КП ім. І. Сікорського»;

Я. В. Васильченко – д-р техн. наук, зав. кафедри КМСІТ ДДМА;

А. І. Грабченко – д-р техн. наук, професор кафедри ГТМ ім. М. Ф. Семка НТУ «ХП»;

І. С. Грицай – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри ТМ НУ «Львівська політехніка»;

В. Л. Доброскок – д-р техн. наук, професор кафедри ГТМ ім. М. Ф. Семка НТУ «ХП»;

Л. П. Калафатова – д-р техн. наук, професор кафедри ГММСМ «ДонНТУ»;

В. І. Кальченко – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри АТТМ ЧНТУ;

Г. П. Клименко – д-р техн. наук, професор кафедри КАВІП ДДМА;

С. А. Клименко – д-р техн. наук, професор, заступник директора ІНМ ім. Бакуля НАН України;

В. Д. Ковальов – д-р техн. наук, професор, ректор ДДМА;

М. П. Мазур – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри ТМ ХНУ;

В. І. Марчук – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри приладобудування ЛНТУ;

П. П. Мельничук – д-р техн. наук, професор кафедри технології машинобудування ЖДТУ;

О. А. Оргіян – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування ОНПУ;

В. А. Пасічник – д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи НТУУ «КП»;

О. А. Пермяков – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри ГММС НТУ «ХП»;

Ю. В. Петраков – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри ТМ НТУУ «КП ім. І. Сікорського»;

Н. С. Равська – д-р техн. наук, професор кафедри ГТМ НТУУ «КП ім. І. Сікорського»;

О. Ф. Саленко – д-р техн. наук, професор, професор кафедри КВМ НТУУ КП;

В. В. Ступницький – д-р техн. наук, професор, професор кафедри ТМ НТУ «Львівська політехніка»;

В. М. Тонконогий – д-р техн. наук, професор, директор ШПДМ ОНПУ;

Р. С. Турманідзе – д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи ГТУ (Грузія);

В. М. Тихенко – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри МСМЗ ОНПУ;

Антон Катажина – д-р техн. наук, професор, Жешувський технологічний університет, Польща;

Вознякос Джорж-Крістофер – д-р техн. наук, професор, Афіський національний технічний університет, Греція;

Гатала Міхал – д-р техн. наук, професор, Технічний університет м. Кошице, Словаччина;

XIX ММНПК «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво», 25–26 листопада 2020 р., м. Суми

обмежене лише списком операцій ОМТ, то найоптимальнішим результатом вибору програмного продукту є DEFORM.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМА ДЛЯ БЕЗСТУПІНЧАСТОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЛА ОБЕРТІВ ДЛЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Вода М.В., магістрант, Дегтярьов І.М., канд. техн. наук, ст. викладач, Сумський Державний університет

Сучасні робочі машини потребують регулювання швидкісних робочих органів в залежності від умов здійснення технологічного процесу. У наш час широке застосування в металообробці отримали верстати з безступінчастими приводами, котрі застосовують для плавної і неперервної зміни частоти обертання шпинделя або подачі. Такі приводи в металорізальних верстатах дозволяють отримати найбільш оптимальні швидкості різання і подачі при обробці різноманітних деталей. Одним із напрямків розвитку енергоефективного застосування верстатів є підвищення продуктивності, якості виготовленої продукції, зниження собівартості і екологічний чинник – зменшення шуму та вібрації.

Для вирішення ряду вищезазначених вимог є пропозиція використання безступінчастого привода - суперваріатора. Варіатор дозволить змінювати швидкість головного руху або подачу, під час роботи верстата без його зупинки. При безступінчастому регулюванні є можливість забезпечити економічні режими різання, зменшити машинний час обробки деталей і зменшити час холості ходи.

Яка ж різниця у використанні звичайного механічного (фрикційного) варіатора в металорізальних верстатах від суперваріатора? Суперваріатор пристрій з безперервним потоком потужності, що дозволяє плавно змінювати передавальне відношення в діапазоні 25-30 з ККД 97% як при прискоренні, так і при гальмуванні (рекуперації) [1]. Настільки широкий і плавний

Науковий напрям:

Процеси механічної обробки, верстати та інструменти

діапазон регулювання не зможе забезпечити фрикційний варіатор, котрий найбільш ширше використовується у приводах верстатів. При такому варіюванні можна з легкістю і досить плавно змінювати швидкість головного руху або ж подачу верстата. При цьому гарантується плавність руху з постійним навантаженням на головний двигун. Ще однією перевагою є можливість зменшення кількості електронних схем і датчиків, котрі застосовувались в керуванні варіатора. Втрати потужності, яка передається від головного двигуна складатиме 0,006% [2].

Якщо запровадити використання суперваріатора в схему роботи металорізального верстата, то можливо підвищити енергоефективність головного двигуна. Він буде витратити меншу кількість електроенергії для роботи, за рахунок плавності ходу, відсутності різкої зміни навантаження і перевантажень. При переключенні передавальне відношення фіксується на час, затримка в 0,1...0,3с відбувається без зміни тяги. Найбільш ефективний ККД суперваріатора досягається на економічному режимі роботи двигуна. Витрати енергії на 5-10% менші за фрикційні варіатори.

Суперваріатор відрізняється від своїх конкурентів низькою собівартістю виготовлення. В суперваріаторі відсутні деталі, які піддаються швидкому зносу і потребуючі частій заміни. Масло заливається один раз і залишається чистим на весь строк експлуатації. Одним із важливих елементів є те, що даний тип варіатора менший від конкурентів. При цьому витрати на обслуговування є менші із-за довговічності системи.

Список посилань

1. Гулія Н. В. Удивительная механика: В поисках «энергетической капсулы». — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. — 176 с.: ил.
2. Варіатор нової концепції для трансмісій автомобілей [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://mospolytech.ru/mio/iblock/15f/gulia.pdf>

ДОДАТОК Б

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Б.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення та експлуатації виробу «Суперваріатор»

Проведемо аналіз умов праці на ділянці Сумського державного університету, де виготовляється виріб «Суперваріатор». Аналіз шкідливих і небезпечних факторів проводимо з використанням нормативно-правової бази, в яку входить: закони та кодекси, державні та міждержавні стандарти (ДСТУ, ГОСТ) нормативні акти з охорони праці (НПАОП), нормативні акти пожежної безпеки (НАПБ), будівельні стандарти та норми (СНіП, ДБН), санітарні правила і норми (ДСН, ДержСанПіН), галузеві нормативи та ін.

Технологічний процес виготовлення виробу «Суперваріатор» здійснюється на ділянці, зібраному з типових секцій висотою 5 м.

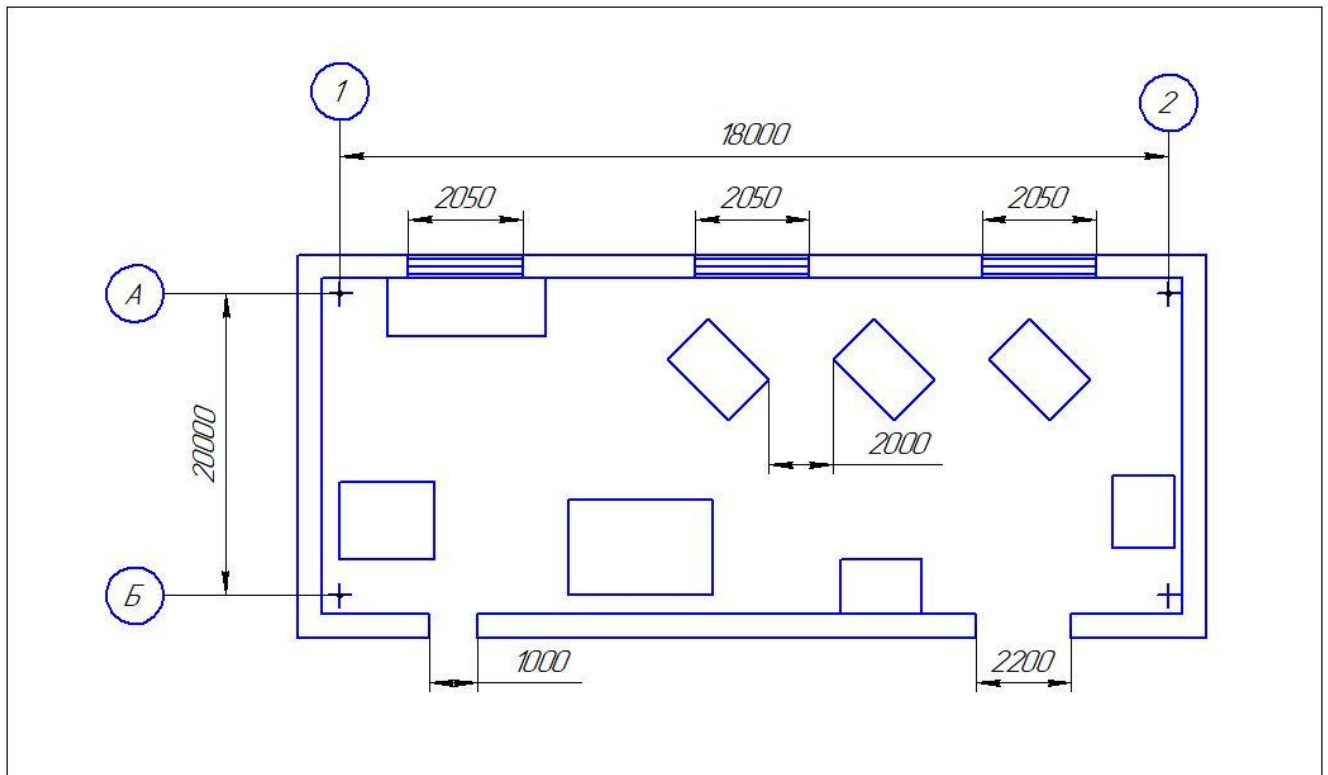


Рисунок Б.1 – Схематичний план ділянці

У технологічному процесі виготовлення деталі використовуються наступне обладнання: токарні верстати, круглошліфувальні верстати, фрезерні

верстати, свердлильні верстати. Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовується тара-контейнери, виготовлені відповідно до ДСТУ Б А.1.1-23-94 [60].

До основних шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на людей, зайнятих на виробничому процесі, можна віднести:

1) недостатню освітленість робочої зони (умови освітленості виробничих приміщень повинні відповідати нормам, зазначеним у ДБН В.2.5-28-2006) [61];

2) небезпеку ураження електричним струмом (регулюються відповідно до СНиП 3.05.06) [62];

3) незадовільні параметри мікроклімату робочої зони у виробничих приміщеннях (параметри мікроклімату повинні відповідати нормам, зазначеним у ДБН В.2.5-67:2013 і ДСН 3.3.6.042-99) [63, 64];

4) підвищений рівень шуму на робочому місці (повинен відповідати санітарним нормам допустимих рівнів шуму на робочих місцях ДСН 3.3.6.037-99) [65];

5) вібрації при роботі обладнання (відповідно до ДСТУ 2867) [66];

6) можливість виникнення пожежі, протипожежні заходи, які повинні виконувати згідно з НАПБ А.01.001-2017 [67].

Відповідно до вимог техніки безпеки в дипломному проекті передбачається комплекс таких заходів на усунення шкідливих і небезпечних факторів:

1) для забезпечення освітленості робочих місць передбачити використання додаткових світильників місцевого освітлення на кожному робочому місці.

При освітленні виробничих приміщень використовують природне освітлення, створюване прямими сонячними променями і розсіяним світлом неба (змінне в залежності від географічної широти, пори року і доби, ступеня хмарності і прозорості атмосфери); штучне освітлення, створюване

електричними джерелами світла, і суміщене освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюють штучним.

Конструктивно природне освітлення підрозділяють на бічне (одне- і двостороннє), здійснюване через світлові прорізи в зовнішніх стінах; верхнє – через аераційні і зенітні ліхтарі, прорізи в покрівлі і перекриттях; комбіноване – сполучення верхнього і бічного освітлення.

Штучне освітлення за конструктивним виконанням може бути двох видів – загальне і комбіноване. Систему загального освітлення застосовують у приміщеннях, де по всій площі виконуються однотипні роботи (ливарні, зварювальні, гальванічні цехи), а також в адміністративних, конторських і складських приміщеннях. Розрізняють загальне рівномірне освітлення (світловий потік розподіляється рівномірно по всій площі без врахування розташування робочих місць) і загальне локалізоване освітлення (з врахуванням розташування робочих місць).

При виконанні точних зорових робіт (наприклад, слюсарних, контрольних); у місцях, де устаткування створює глибокі чи різкі тіні; робочі поверхні розташовані вертикально (штампи, гільотинні ножиці), поряд із загальним освітленням застосовують місцеве. Сукупність місцевого і загального освітлення називають комбінованим освітленням. Застосування одного місцевого освітлення усередині виробничих приміщень не допускається, оскільки утворюються різкі тіні, зір швидко стомлюється і створюється небезпека виробничого травматизму [61].

При визначенні норми освітленості варто враховувати також ряд умов, що викликають необхідність підвищення рівня освітленості, обраного за характеристикою зорової роботи. Збільшення освітленості варто передбачати, наприклад, при підвищеній небезпеці травматизму при виконанні напруженої зорової роботи протягом усього робочого дня. У деяких випадках варто знижувати норму освітленості, наприклад, при короткочасному перебуванні людей у приміщенні.

Таблиця Б.1 – Норми штучного та природного освітлення виробничих приміщень

Характеристика зорової роботи	Мінімальний розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення			
			Освітленість, лк		КПО, %					
			При комбінованому освітленні	При загальному освітленні	При верхньому або комбінованому	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому	При боковому освітленні		
Високої точності	0,3 – 0,5	III	2000 – 400	500 – 200	5	2	3	1.2		
Середньої точності	0,5 – 1,0	IV	750 – 300	300 – 150	4	1,5	2,4	0,9		
Малої точності	1 – 5	V	300 – 200**	200 – 100	3	1	1.8	0.6		
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу	—	VIII	—	75* – 30	1*	0,3*	0,7*	0,2*		

Примітки: * При постійному спостереженні за процесом.

** Норматив стосується роботи при середньому контрасті об'єкту з фоном [61].

2) для запобігання ураження робітника електричним струмом підключення виробничого обладнання до заземлювального пристрою; наявність подвійної або посиленої ізоляції з пробивним напругою, на кожному робочому місці близько верстата повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони, а за шириною не менше 0,6 м від частин верстата; занулення, захисне

відключення, розділовий трансформатор, мала напруга, подвійна ізоляція, вирівнювання потенціалів [72].

Працівник зобов'язаний:

- знати і виконувати вимоги нормативно – правових актів з охорони праці;
- дотримуватися заходів з охорони праці, передбачених колективним договором (угодою, трудовим договором);
- проходити в установленому порядку попередні та періодичні медичні огляди;
- співпрацювати з власником у справі організації безпечних і нешкідливих умов праці;
- виконувати вимоги цієї інструкції.

При ввімкнутому в мережу електроінструменті забороняється:

- вимірювати оброблювані деталі;
- передавати деталі через голову працюючого;
- прибирати стружку, ошурки і змашувати інструмент;
- регулювати установку і міняти робочий орган;
- братися за обертовий патрон для його зупинки;
- вставляти чи виймати з патрона робочий орган до повного припинення його обертання [73].

3) для запобігання перевищення гранично-допустимих значень концентрацій шкідливих речовин і пилу в повітрі робочої зони зазначених використовувати систему загальнообмінної вентиляції та очищення повітря [74].

Вентиляційні системи для виробничих приміщень у комплексі з технологічним устаткуванням, що виділяє шкідливі речовини згідно з ДСТУ Б.А.3.2-12:2009, надлишкове тепло або вологу, повинні забезпечувати мікрокліматичні умови та чистоту повітря, що відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 на постійному і тимчасовому робочих місцях у робочій зоні виробничих приміщень [76-77].

У зоні адміністративно-побутових приміщень промислових підприємств, що обслуговуються, а також у приміщеннях громадських будинків повинні бути забезпечені мікрокліматичні умови відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99.

4) найбільш ефективним засобом зниження шуму є заміна гучних технологічних операцій на малошумні або повністю безшумні. Основні заходи щодо боротьби із шумом – це технічні заходи, які проводяться у трьох головних напрямках: усунення причин виникнення шуму або зниження його в джерелі, ослаблення шуму на шляхах передачі, безпосередній захист працюючих.

Для зниження шуму від працюючого обладнання на ділянці з виготовлення «Суперваріатора» передбаченні наступні заходи: установка вентиляційного обладнання на віброосновах та під'єднання вентиляторів до повітроводів через гнучкі ставні, обладнання масивних фундаментів під обладнання, підбір швидкостей руху повітря у повітряно-розподільних пристроях з урахуванням забезпечення оптимальних акустичних якостей проектних систем, виконання конструкцій корпусу які огорожують достатньою звукоізолюючою здібністю [66];

5) технічними засобами захисту від вібрації є: зниження вібрації в джерелі її виникнення шляхом більш точного балансування обертових частин і зміною резонансної частоти системи, віброгасіння, шляхом встановлення механізмів на самостійні фундаменти й застосування динамічних віброгасників, збільшення маси (інерції) фундаментів або їхньої твердості, віброізоляція, що перешкоджає передачі вібрації від джерела (механізму) до об'єкту за допомогою віброізоляторів (дерево, гума, повсть, пружини, ресори), вібропоглинання (вібродемпфіровання) шляхом покриття віброуючих деталей віброізолюючим матеріалом [75].

Б.2 Розрахунок місцевої вентиляції

Для забезпечення місцевої вентиляції обрано встановлення місцевого відсоса від робочого місця. Конструкцію місцевого відсоса вибирають виходячи

з особливостей технологічного процесу, устаткування та відповідно до таких основних положень:

- всмоктувальний отвір повинний бути максимально наближений до джерела виділень шкідливих речовин;
- розміри приймального отвору повинні бути рівними або більшими від розмірів струменя повітря, що видаляється. Зменшення розмірів відсоса приводить до збільшення витрати повітря;
- приймальний отвір пристрою повинен розташовуватись з урахуванням як можна меншого відхилення потоку шкідливих речовин від природного напрямку руху;
- потік шкідливих речовин не повинний проходити через зону дихання працюючих.

Витяжні парасолі встановлюються над зосередженими джерелами тепло- і вологовиділень та над джерелами шкідливих речовин, що виділяються разом із теплотою. Застосовувати парасолі можна при незначній рухомості повітря в приміщенні, тому що потік повітря, який спрямовується під парасоль, може відхилятися. Для усталеної роботи парасолів їх постачають фартухами і розміщують на мінімальній висоті над джерелом виділень. Парасолі можна рекомендувати за наявності стійких конвективних потоків для процесів, що не вимагають постійного спостереження.

При конструюванні парасолі варто робити з центральним кутом розкриття не більше 60 градусів і приймальним отвором, що перебиває в плані джерело виділень шкідливих речовин (рис. 6.2).

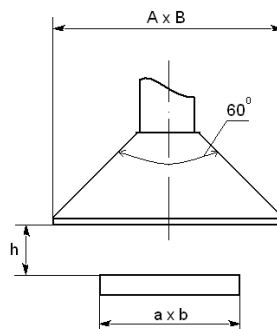


Рисунок Б.2 - Схема витяжного парасоля

Розміри прямокутного парасоля в плані приймають

$$B = 1,2 \times b, \quad (\text{Б.1})$$

де B – розмір сторони парасоля, м;

b – ширина джерела, м.

Довгу сторону приймального отвору підсоса рекомендується брати

$$A = a + 0,24h, \quad (\text{Б.2})$$

де h – відстань від устаткування до низу парасоля, м;

a – довжина джерела, м.

Вихідними даними для розрахунку є:

- площа джерела $F_d = 0,25 \text{ м}^2$;
- температура нагрітої поверхні джерела $t_d = 300^\circ\text{C}$;
- відстань від поверхні джерела до низу парасоля $h = 1 \text{ м}$.

Продуктивність витяжного парасоля L_n , $\text{м}^3/\text{год}$, визначається за формулою:

$$L_n = \frac{F_3}{F_d} \times L_k, \quad (\text{Б.3})$$

де F_n – площа парасоля, м^2 ;

L_k – кількість повітря, що надходить під парасоля з конвективним струменем, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$L_k = 125 \times \sqrt[3]{h \cdot Q_x \cdot F_d}, \quad (\text{Б.4})$$

де h – відстань від поверхні джерела до низу парасоля, м;

Q_k – кількість конвективного тепла, що виділяється джерелом, Вт.

$$Q_x = a_k \cdot F_d \cdot (t_d - t_{p.з}), \quad (6.5)$$

де a_k – коефіцієнт конвективної тепловіддачі, Вт/(м² · °С);

$$a_k = 1,3 \times \sqrt[3]{(t_d - t_{p.з})}, \quad (6.6)$$

де $t_{p.з}$ – температура повітря в робочій зоні приміщення, °С.

Знаючи всі величини, можемо розрахувати потрібний повітрообмін біля джерела забруднення. Спочатку розрахуємо коефіцієнт конвективної тепловіддачі:

$$a_k = 1,3 \times \sqrt[3]{(t_d - t_{p.з})} = 1,3 \times \sqrt[3]{300 - 22} = 8,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}),$$

Далі розрахуємо кількість конвективного тепла, що виділяється джерелом, і кількість повітря, що надходить під парасоль із конвективним струменем:

$$Q_x = a_k \cdot F_d \cdot (t_d - t_{p.з}) = 8,5 \cdot 0,25(300 - 22) = 590,7 \text{ Вт},$$

$$L_k = 125 \times \sqrt[3]{h \cdot Q_x \cdot F_d} = 125 \times \sqrt[3]{1 \cdot 590,7 \cdot 0,25} = 660,7 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Тепер, маючи всі потрібні дані, можна розрахувати продуктивність витяжного парасоля:

$$L_n = \frac{F_3}{F_d} \times L_k = \frac{0,29}{0,25} \cdot 660,7 = 766,4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Б.3 Розробка заходів у разі виникнення аварійної ситуації

Можливими причинами пожеж та вибухів на ділянці є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону «Про пожежну безпеку».

Небезпечними факторами пожежі і вибуху, які можуть призвести до травми, отруєння, загибелі або матеріальних збитків є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

Ділянка, де виготовляється деталь «Суперваріатор» відносять до потенційно небезпечних, тому що вона є джерелом потенційно можливого завдання збитків життєвоважливим інтересам населення. Вражаючі фактори, що виникають під час аварії, здатні у випадку досягнення певних значень завдати шкоди здоров'ю людей, навколишньому середовищу, матеріальним цінностям.

У разі виникнення пожежі потрібно слідувати плану евакуації, котрий продемонстрований на рисунку 6.2. Який відповідно до НАПБ А.01.001-2017 [67] Правил пожежної безпеки України, в кожному приміщенні, де одноразово перебувають понад 10 осіб, на видному місці повинен бути вивішений схематичний план евакуації людей при пожежі. Робоче приміщення відповідно до НПАОП 40.1-1.32-01 та НАПБ Б 03.002-2007 з вибухонебезпечності відноситься до категорії "Г" [68, 69].

Приміщення обладнане пожежними датчиками типу ДТЛ, в кількості 24 шт., сигнал від яких надходить на станцію пожежної сигналізації (площа, що захищається, $24 \times 15 = 360 \text{ м}^2$). Відстань між датчиками становить 4 м відповідно до ДБН В.1.1-7-2002.

Така кількість датчиків відповідає нормам розміщення згідно з ДБН В.1.1-7-2002, тому що площа, яка захищається датчиком ДТЛ, становить 15 м^2 , датчики захищають площу приміщення 360 м^2 .

Приміщення обладнане такими елементами пожежогасіння:

- вогнегасник ОУБ-7 – 1 шт.
- вогнегасник ОП-2 "Момент" – 1 шт.

У приміщенні виконуються усі вимоги з пожежної безпеки відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні".

У приміщенні також наявний план евакуації на випадок виникнення пожежі. Час евакуації відповідає вимозі ДБН В.1.1-7-2002, а максимальне віддалення робочих місць від евакуаційних виходів повинно відповідати СНіП 2.09.02-85 [70, 71].

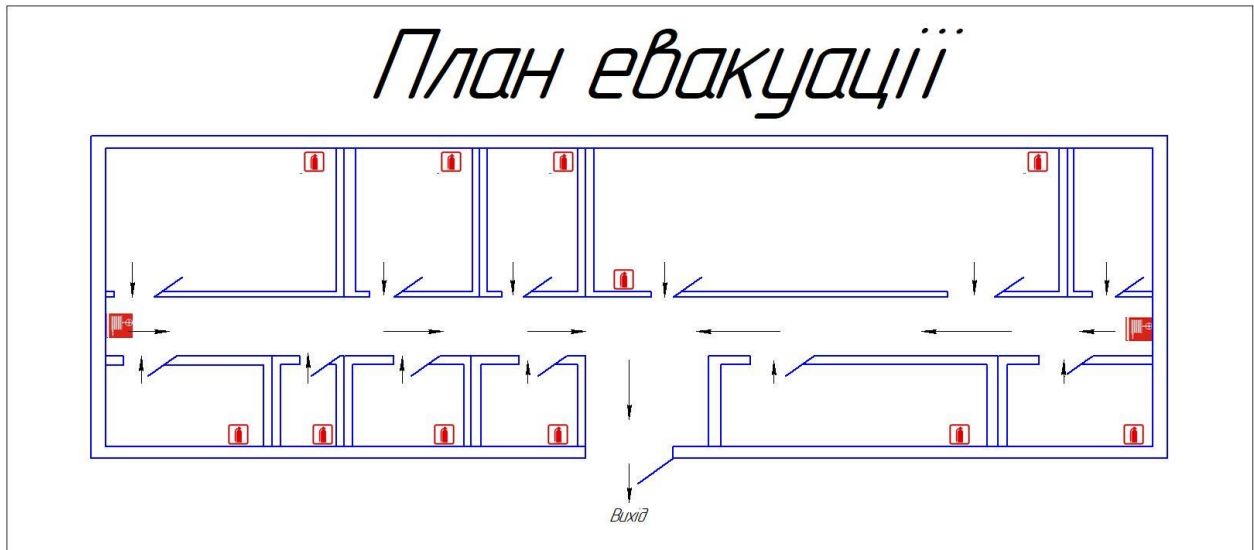


Рисунок Б.3 – План евакуації

При проектуванні була зроблена оцінка аварійних ситуацій і їхніх розвитку аварійних ситуацій, імовірності їхнього виникнення й проводиться на підставі ретельного аналізу діяльності ділянки відповідно до нормативних документів, а також з урахуванням аварій і аварійних ситуацій, які мали місце на аналогічних об'єктах.

Можливими аварійними ситуаціями на виробництві можуть бути:

1. Порушення режимів експлуатації технологічного устаткування;
2. Порушення цілісності устаткування, трубопроводів, захисних конструкцій (розрив, руйнування);
3. Виникнення локальної пожежі у випадку порушення протипожежних заходів (паління, використання відкритого вогню, несправність електропроводки та ін.);
4. Сукупність перерахованих вище видів аварійних ситуацій.

У зв'язку з вищевикладеним, на дільниці передбачається система заходів безпеки, яка спрямована на запобігання аварій, попередження їхнього розвитку, обмеження масштабів і наслідків аварій які включають технічні й організаційні заходи, у тому числі:

- автоматичне керування основними технологічними процесами;
- підвищенні вимоги до якості устаткування яке використовується;
- постійне спостереження й періодичний контроль за станом устаткування в процесі експлуатації;
- система сигналізації й оповіщення при відхиленні параметрів технологічного процесу від нормативних;
- автоматизована пожежна сигналізація з установкою димових, теплових систем оповіщення в приміщеннях пункту огляду з подачею сигналів тривоги;
- захист від прямих ударів блискавок, вторинних її проявів і замету високого потенціалу через наземні й підземні комунікації й конструкції;
- захисне занулення й заземлення устаткування;
- використання електропроводки для устаткування й висвітлення з урахуванням категорії приміщень з пожежної безпеки;
- суворе дотримання технологічної дисципліни й вимог техніки безпеки;
- розробка системи протиаварійних заходів у випадку стихійних лих;
- пристрій постійно працюючої системи приточно-витяжній вентиляції роздільної для приміщень;
- використання системи блокування й сигналізації, що забезпечує вимикання технологічного устаткування.

Аналіз прийнятих технологічних процесів і регламентів, якісних характеристик технологічного устаткування й вихідної сировини дозволяє зробити висновок про те, що на дільниці виготовлення деталі всі можливі впливи джерел небезпеки на робочу зону й навколишнє середовище перебувають під

контролем і втримуються у встановлених межах за рахунок відповідних технічних способів і перерахованих вище заходів.

Розроблений комплекс протиаварійних заходів (які включають технологічні, будівельно-конструктивні, санітарно-технічні, планувальні й організаційні) дозволяє зробити висновок, що експлуатація виробництва по випуску деталі «Суперваріатор» виключає можливість створення аварійних ситуацій і аварій, що наносять збиток геологічному середовищу, ґрунту, водній, соціальній і техногенному середовищам.

Отже, розвиток аварійної ситуації й перехід зі стадії аварійної ситуації в стадію аварії, що тягне за собою негайну загрозу життю персоналу й навколишньому середовищу, практично виключений.

Б.4 Висновки

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на дільниці з виготовлення і експлуатації виробу «Суперваріатор» та визначені шляхи щодо їх усунення.

2. Виконаний розрахунок місцевої вентиляції, який дозволяє підібрати продуктивний витяжний парасоль для дільниці, де виготовляється виріб «Суперваріатор».

Проведений аналіз безпеки у надзвичайних ситуаціях та розроблений план евакуації приміщення.

ДОДАТОК В
КРЕСЛЕННЯ ДО НАУКОВОЇ РОБОТИ