

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка вітрогенератора

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
3 курсу група ЕТс-21-2


Підпис

М.М. Русецька
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

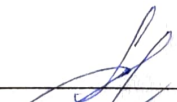
С.І. Пундик
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

О.Г. Тимошук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

16 06 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

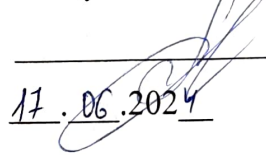
Шифр і назва

Спеціалізація Електропобутова техніка

Освітня програма _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС



17.06.2024

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Русецька Марія Михайлівна

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка вітрогенератора

керівник роботи Пундик Сергій Іванович,

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 17.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи характеристики вітрогенератора

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналітичний огляд сучасних альтернативних джерел енергії. 2. Розробка вітрогенератора. 3. Розрахункова частина. Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Види вітрогенераторів. 2. Вітрогенератор Оніпко. 3. Модель вітрогенератора. 4. Електрична схема. 5. Кінематична схема.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Аналітичний огляд сучасних альтернативних джерел енергії	20.05.2024	
2. Розробка вітрогенератора	29.05.2024	
3. Розрахункова частина	11.06.2024	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	17.06.2024	

Студент

Підпис



Керівник роботи

Підпис



М.М. Русецька

Ініціали, прізвище

С.І. Пундик

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»


1. Прізвище, ім'я та по батькові Русецька Марія Михайлівна

2. Тема бакалаврської роботи Розробка вітрогенератора

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 64

5. У разі постійної не стабільності цін, людство безсумнівно прагне економії. З метою економії найкращим варіантом є використання альтернативних джерел енергії у побутових умовах. Так можна використовувати енергію сонця та вітру, водних ресурсів та земних надр. Однак одним із найперспективніших напрямків є вітроенергетика. Будівництво вітрогенераторів та впровадження їх у середовище приватного сектору актуально тим, що дозволить багатозначно знизити витрати на електроенергію. В бакалаврській роботі розробляється вітрогенератор. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих сучасних альтернативних джерел енергії. В другому здійснюється розробка вітрогенератора. В третьому розділі проведено розрахунки деталі.

Підпис студента 

"11" "06" 2024 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол №1 від "25" "06" 2024 р.

Оцінка проекту ЕК Відмінно / А

Рекомендації ЕК визначити у виробництві

Особливі відмітки _____

Технічний секретар 

"25" "06" 2024 р.

ЗМІСТ

стор.

Вступ	6
1 Аналітичний огляд сучасних альтернативних джерел енергії	7
1.1 Вітрогенератор з горизонтальною віссю обертання	7
1.2 Вітрогенератори з вертикальною віссю обертання	12
1.3 Застосування вітрогенераторів у домашньому будівництві	16
Висновок до першого розділу	18
2 Розробка вітрогенератора	19
2.1 Проектування конструкторських схем	19
2.2 Проектування вітрогенератора Оніпко	21
2.3 Проектування конструкцій з використанням вітрогенератора	28
Висновок до другого розділу	32
3. Розрахункова частина	33
3.1 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі	34
3.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	34
3.3 Вибір виду та способу отримання заготовки	35
3.4 Розрахунок допусків на обробку	36
3.5 Розрахунок параметрів та технологічних розмірів	38
3.6 Вибір різального інструменту та розрахунок режимів різання	45
3.7 Вибір обладнання	56
3.8 Нормування технологічного процесу	57
Висновок до третього розділу	60
Висновки	61
Перелік джерел посилань	62
Додатки

БРМА 24.00.00.000 ПЗ									
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка вітрогенератора	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Русецька М.М.						5	64
Перевір.		Пундик С.І.							
Реценз.									
Н. Контр.		Тимошук О.Г.							
Затверд.		Поліщук О.С.							
						ХНУ гр. ЕТс-21-2			

ВСТУП

У разі постійної не стабільності цін, людство безсумнівно прагне економії. З метою економії найкращим варіантом є використання альтернативних джерел енергії у побутових умовах. Так можна використовувати енергію сонця та вітру, водних ресурсів та земних надр.

Однак одним із найперспективніших напрямків є вітроенергетика. Будівництво вітрогенераторів та впровадження їх у середовище приватного сектору актуально тим, що дозволить багатозначно знизити витрати на електроенергію.

Між продуктивною роботою вітрогенераторів та погодними умовами. Відомо, що середня швидкість зрушування середньостатистичного малопотужного вітрогенератора становить 3-5 м/с, тоді як на номінал він здатний вийти за швидкості 7-10 м/с.

Об'єкт: перетворення енергії вітру на електроенергію.

Предмет: малопотужні вітрогенератори.

Мета: проектування малопотужного вітрогенератора.

Завдання:

- провести аналітичний огляд вітрогенераторів;
- провести огляд конструкцій з використанням вітрогенераторів як джерело вироблення електроенергії;
- розробити кінематичну схему та електричну схему вітрогенератора;
- розробити конструкції з використанням спроектованого вітрогенератора.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

У цьому розділі наведено аналітичний огляд вітрових джерел енергії.

З розвитком технологій дедалі більше погіршується екологія планети і йде виснаження природних ресурсів землі, таких як кам'яне вугілля, нафта, газ. Людству доведеться вдатися до пошуку нових джерел енергії. Нові джерела енергії повинні мати здатність забезпечити енергією виробництва, що розвиваються, і з іншого боку видобуток енергії не повинен завдавати шкоди навколишньому середовищу. Вищезгаданим вимогам відповідає альтернативна енергетика:

- Сонячна енергія.
- Енергія вітру.
- Енергія припливів та відливів.
- Теплова енергія землі.

У зв'язку з темою диплома розглянемо енергію вітру детальніше.

Використання енергії вітру на вироблення електрики – одне з перспективних форм розвитку альтернативної енергетики. Принцип роботи установок такий: вітряна установка перетворює кінетичну енергію вітру на електроенергію. Вона складається з ротора, генератора електричного струму, споруд для їх встановлення та обслуговування.[1]

Існує два типи вітрогенераторів:

- горизонтальною віссю;
- вертикальною віссю.

1.1 Вітрогенератор з горизонтальною віссю обертання

Вітрогенератор пропелерного типу

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вітряк з горизонтальною віссю пропелерного типу - це перші вітрогенератори. На даний момент широко розповсюджені по світу. Такий ротор має низку переваг: простота виготовлення, великий коефіцієнт використання вітру, великий діапазон корегування улову атаки. Але також має й недоліки: висока швидкість рушання, вітрогенератор створює великий шум і вібрацію при роботі.[3]



Рисунок 1.1 - Вітрогенератор пропелерного типу [3]

Вітрогенератор попутний вітер. Цей вітряк має горизонтальну вісь обертання, і досить складне вітроколесо, що ускладнює його виготовлення, звідси висока вартість. Незважаючи на це, вітрогенератор практичний, мало шумний, безпечний, зручний за розмірами для встановлення як у приватному секторі, так і у місті. Ще до недоліків даного ротора можна віднести високу швидкість рушання.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

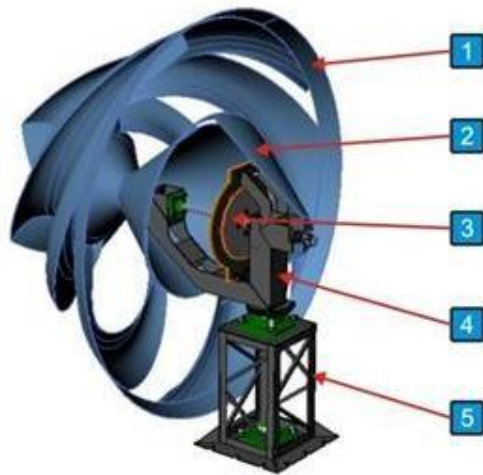


Рисунок 1.2 - Вітрогенератор попутний вітер

1 – вітроколесо, 2 – захисний кожух генератора, 3 – генератор, 4 – рухома частина опори вітроколеса, 5 – нерухома частина опори вітроколеса для фіксації всього вітрогенератора дома його установки

Вітрогенератор Оніпко.

Ротор Оніпко. Модель такого горизонтального вітряка включає ротор у вигляді турбіни. Конструкція цього ротора важка у виготовленні, тому складно створити серійне виробництво цих вітрогенераторів. Головний недолік такого ротора - висока вартість у виготовленні та велика матеріаломісткість. У відповідь на ці недоліки ротор має невелику швидкість рушання, мало шумність і високий коефіцієнт використання енергії вітру. [3]



Рисунок 1.3 - Вітрогенератор Оніпко [3]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вітрогенератор Energy Ball V100 є енергетичною кулею діаметром 1 метр, що має гарне дизайнерське рішення. Вітрогенератор Energy Ball V100 спеціально розроблений для приватних будинків. Він не викликає незручностей, а завдяки своїй привабливій зовнішності привносить певну особливість у ландшафтний дизайн території. Генерація електроенергії не порушує спокій шумом, вітрогенератор не кидає тінь на ділянку. Ще одна перевага цієї конструкції це високий КВЕВ. Цей вітряк має також свої недоліки: складність у виготовленні, звідси висока вартість вітрогенератора, висока швидкість рушання.



Рисунок 1.4 - Вітрогенератор Energy Ball

Контурний вітрогенератор Windtronics. Це без редукторний ротор, в якому знижено механічний та лобовий опір завдяки застосуванню системи електрогенерації по периметру. Система полягає в тому, що постійні неодимові магніти розташовані на кінцях лопатей, що плавно обертаються вздовж контуру з мідними котушками-статорами, перетворюючи максимальну кількість енергії вітру завдяки багаторівневій конструкції міцних нейлонових лопатей і бічним закрилкам, миттєво реагуючим на зміну швидкості та напрямку вітру. Така система відрізняється дуже низькою швидкістю запуску. Цей вітрогенератор також має ряд недоліків: складність у виготовленні, звідси висока вартість вітрогенератора, великі габарити вітряка, вага.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 - Контурний вітрогенератор Windtronics

Вітрогенератор вітрильного типу. Цей вітрогенератор є модифікацією пропелерного типу, який має головний недолік: висока швидкість рушання. Вирішенням цієї проблеми є те що на кожне крило надягається вітрило з тканинного матеріалу. У зв'язку з такою конструкцією ротора він отримав низку переваг: низьку швидкість рушання, мала вага. Але є недолік: низький коефіцієнт використання енергії вітру. Він компенсується тим, що збільшують ротор діаметром до 5 метрів.



Рисунок 1.6 - Вітрогенератор вітрило ного типу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

11

Вітрогенератор дирижабль. Головною відмінністю вітряка є відсутність щогли. Вітряна енергетична установка є гібридом дирижабля та пропелерного вітрогенератора. Вона може піднятися на висоту до 300 метрів, на цій висоті швидкість вітру набагато вища, ніж на поверхні землі. Такий ротор має ряд переваг та недоліків. Переваги: немає потреби в низькій швидкості рушання, не захаращує поверхню землі (щоглою, габаритами). Недоліки: складність у передачі електроенергії на землю та контроль положення вітрогенератора в повітрі.



Рисунок 1.7 - Вітрогенератор дирижабль

1.2 Вітрогенератори з вертикальною віссю обертання

Вертикальний вітряк є циліндром, що встановлюється на основу. Завдяки своїй формі працює незалежно від напрямку вітру. Незалежно від виду вертикального вітрогенератора, він влаштований таким чином, щоб тиск потоку повітря на одну з його сторін був вищим, ніж на інший.

Нижче наведено загальні плюси та мінуси вітрогенераторів з вертикальною віссю.

Плюси:

1. Не вимагають пристроїв стеження за вітром.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2. Усі важливі рухомі елементи знаходяться в нижній частині генератора, що дозволяє його зручно обслуговувати.

3. Можливість зібрати діючий вітрогенератор своїми руками із підручних матеріалів.

Мінуси:

1. Громіздкість конструкції. Найлегші вертикальні вітряки важать щонайменше 300 кг разом із стійкою.

2. Низька ефективність у порівнянні з горизонтальним.

3. Гучність. Вітряк видає шум від лопатей під час роботи. Існує кілька принципово різних конструкцій вертикальних вітрогенераторів, кожна з них має свої переваги і недоліки.

Вітрогенератор Савоніуса. Модель такого вертикального вітряка включає дві або більше лопоті, виконані у формі півкола. При цьому тиск, що подається на «відкриту» частину кола, значно перевищує той, що впливає на протилежний бік. Конструкція досить проста у виготовленні, тому користується найбільшою популярністю серед саморобних вертикальних вітрогенераторів.

Головні недоліки: велика «парусність». Вплив вітру нахилає всю конструкцію, створюючи напругу в осі і виводячи з ладу підшипник, на якому обертається весь ротор.

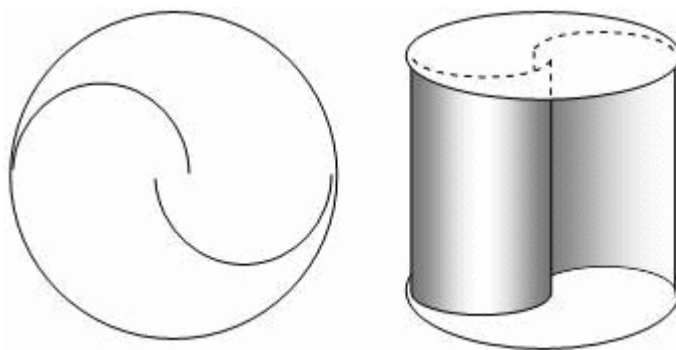


Рисунок 1.8 - Ротор Савоніуса

Вітрогенератор ортогональний. Існує безліч модифікацій такого вертикального вітрогенератора, але принцип роботи залишається незмінним.

Обертання відбувається за рахунок крилоподібної форми лопоті вітрогенератора. При впливі потоку повітря створюється підйомна сила, за рахунок якої обертається вісь.

Недоліки: в інших моделях шум видають тільки рухомі частини (підшипники), вертикальний вітрогенератор такого типу шумить дуже сильно, через вібрацію швидко виводить з ладу підшипники і всі елементи конструкції.



Рисунок 1.9 - Ортогональний ротор

Вітрогенератор Дар'є. Це ротор з вертикальною віссю, у якого одна, дві або більше лопатей, закріплені з одного кінця біля основи, а інша на верхівці осі обертання. Такий ротор має ряд недоліків: низька ефективність, шум, вібрація. Але є перевага – швидкохідність. [4]

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.10 - Ротор Дар'є [4]

Гелікоїдний вітрогенератор. Цей вертикальний вітрогенератор має цікаву форму, але по суті це ортогональний вітрогенератор з вертикальною віссю, тільки лопоті у нього закручені вздовж несучої осі, що значно підвищує термін служби всієї конструкції так як забезпечує рівномірне навантаження на підшипник і щоглу з усіх боків. Вітряк має один суттєвий недолік: складність у виготовленні, звідси висока вартість вертикального вітряка.



Рисунок 1.11 - Гелікоїдний ротор

Багатолопатевий вертикальний вітрогенератор. Якщо розглядати лише комерційні зразки – цей тип ротора є найбільш продуктивним і дає найменше навантаження на деталі. Зовні такого вертикального вітряка міститься

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

15

додатковий ряд статичних лопатей, які спрямовують потік повітря таким чином, щоб максимально збільшити ефективність ротора. Має один істотний недолік: висока вартість пристрою через велику кількість деталей. [4]

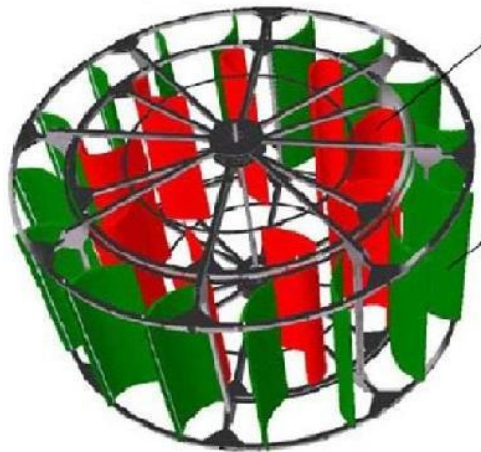


Рисунок 1.12 - Багатолопатевиий вітрогенератор

1.3 Застосування вітрогенераторів у домашньому будівництві

У сучасному світі людство прагне економії електрики, найефективніший спосіб – це перехід на альтернативні джерела енергії. У світі це вже давно практикують. Досить часто коли дивишся зарубіжні фільми то бачиш, що поруч із будинком стоїть щогла, а на ній вітряк.



Рисунок 1.13 - Вітряк у домашніх умовах

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

16

В основному це вітряки з горизонтальною віссю обертання, які мають недолік: висока швидкість рушання.

Також використовують ротори з вертикальною віссю обертання, але вони також мають меншу швидкість рушання, ніж горизонтальні.



Рисунок 1.14 - Вітряк у домашніх умовах

Щоб підвищити ефективність альтернативних джерел енергії у приватному секторі, широко застосовують гібридну установку вітрогенераторів та сонячних батарей. Вітряк розташований на високій щоглі, а сонячні панелі розташовані на даху будинку.



Рисунок 1.15 - Гібридна установка у домашніх умовах

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У такого розташування сонячних панелей невисокий ККД так як вони не рухливі і не мають корегування по куту нахилу. Такі установки ефективні, де сонця досить багато.

Висновок до першого розділу

У ході проведення аналітичного аналізу існуючих рішень використання вітрогенератора в домашньому господарстві було знайдено такі недоліки: усі переглянуті ротори мають високу номінальну швидкість. Такі вітрогенератори вимагають високої щогли, що надто затратно. У нашому проекті позначимо ці недоліки як проблеми, які необхідно вирішити.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА ВІТРОГЕНЕРАТОРА

2.1 Проектування конструкторських схем

При аналізі погодних умов було вирішено що використання сонячних джерел енергії не вигідно, тому що сонячних днів у році не багато. У зв'язку з цим було ухвалено рішення про проектування лише вітряного модуля з вироблення електрики.

Для розробки вітрогенератора і його використання були складені принципові кінематична рис. 2.1 і електрична рисунок 2.2 схеми.

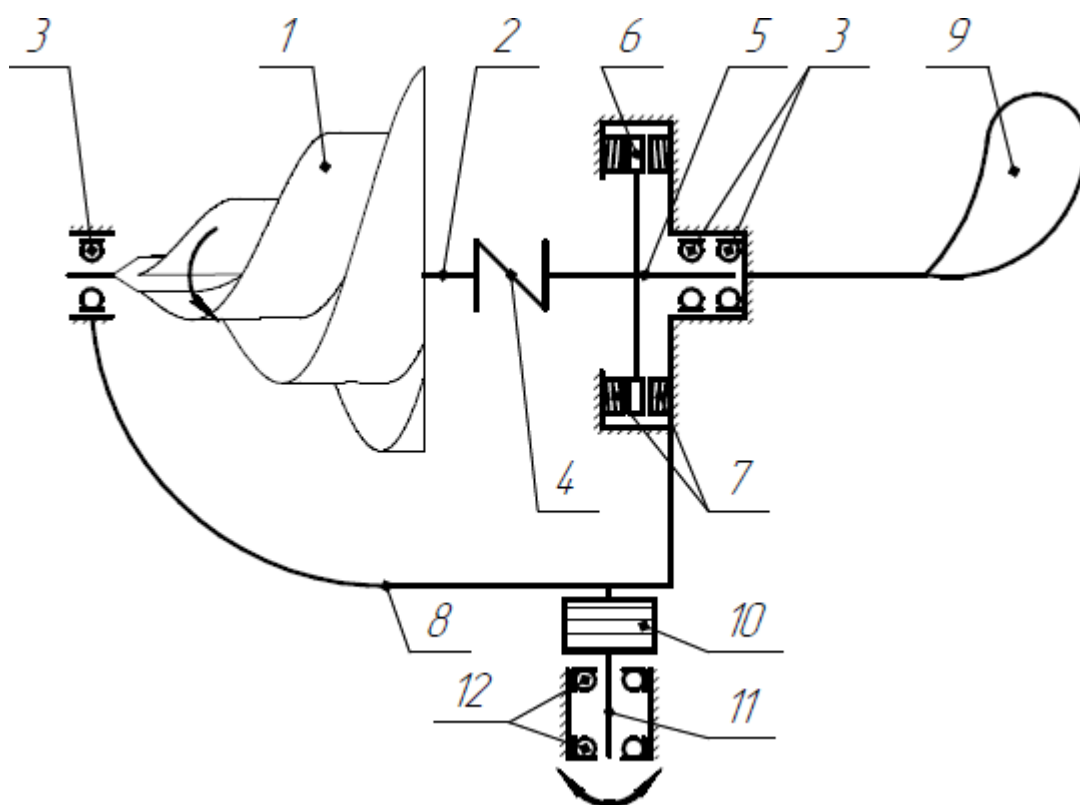


Рисунок 2.1 - Кінематична схема вітрогенератора

1 – ротор, 2 – вал ротора, 3 – радіальні підшипники, 4 – муфта, 5 – вал генератора, 6 – постійний магніт, 7 – котушка індуктивності, 8 – рама, 9 – флюгер, 10 – струмознімач, 11 – вал маточини, 12 – радіально-опорні підшипники

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

19

Для розробки вітрогенератора було прийнято за основу модель горизонтального ротора. Для оптимального функціонування потрібне жорстке з'єднання валу з ротором, легкість обертання валу ротора, генератор з мінімальним пусковим моментом. Ротор виконати за типом Оніпко з 3 лопотями. Вся ця конструкція встановлюється на раму, до рами прикріплюється флюгер для направлення вітрогенератора за вітром. Для обертання всього ротора в установці передбачена маточина, внаслідок цього обертання скручуватимуться дроти, що йдуть з генератора. Для виключення цієї ситуації в установці передбачено струмознімач.

Для роботи установки потрібні спеціальні електричні пристрої. Мінімальний набір пристроїв, необхідний для роботи:

1. Гібридний контролер заряду - пристрій, що контролює роботу системи та керує зарядом акумулятора;
2. Акумулятор - накопичувач електричної енергії.
3. Інвертор – пристрій, який перетворює постійний струм на змінний.

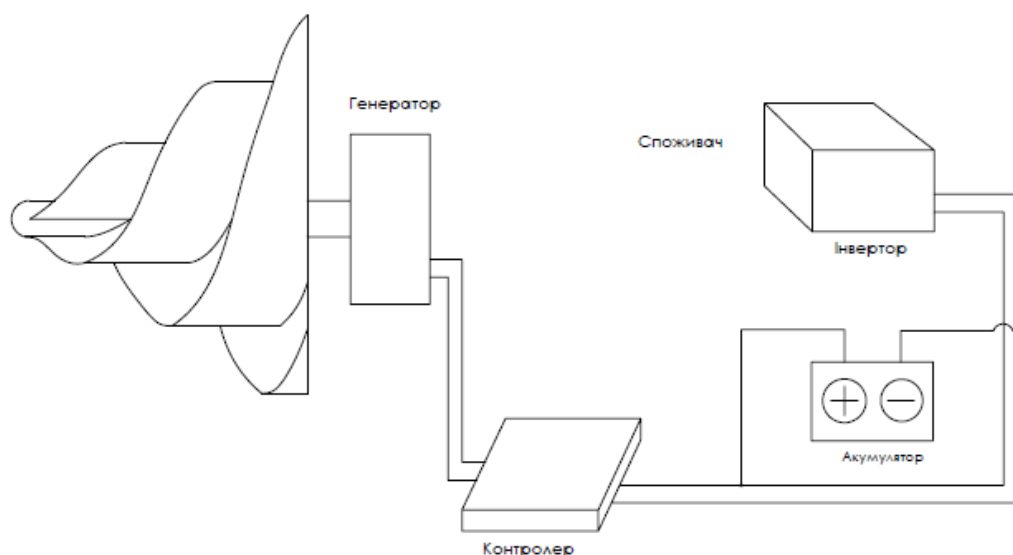


Рисунок 2.2 - Електрична схема

Електрична схема складається із генератора, контролера, акумулятора, інвертора. Ротор перетворює кінетичну енергію вітру на механічну енергію обертання. Генератор – виробляє постійний електричний струм шляхом

перетворення механічної енергії, виробленої ротором в електричну. Далі електроенергія надходить у контролер. Контролер контролює заряд і не допускає перезаряджання акумулятора. Далі електроенергія може піти відразу на інвертор, минаючи акумулятор, а може накопичуватися в акумуляторі. В інверторі відбувається перетворення постійного струму на змінний і перетворення напруги з 12 вольт в 220 вольт. Після проходження всіх етапів перетворення електроенергії, вона готова до експлуатації у господарстві.

2.2 Проектування вітрогенератора Оніпко

Проектований вітрогенератор складається з кількох модулів: ротор, генератор, струмознімач та маточина. Також планується створення конфігурації цього вітрогенератора, яка у свою чергу складатиметься з ротора та генератора, що надасть їй легкості вбудовування в конструкцію.

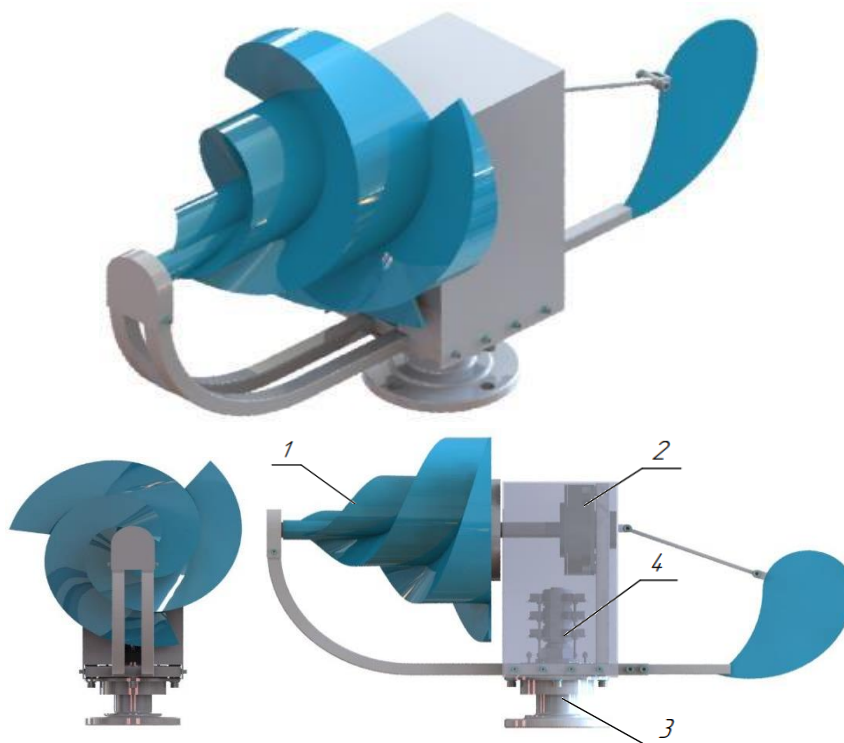


Рисунок 2.3 - Модель вітрогенератора

1 – ротор, 2 – генератор, 3 – маточина, 4 – струмознімач

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

21

З проведеного аналітичного огляду було вирішено сконструювати горизонтальний ротор Оніпко, так як цей ротор примітний не лише своїми зовнішніми особливостями, а й технічними: низька швидкість рушання, високий КВЕВ, безшумність. Ротор Оніпко планується виготовляти зі склопластику, тому що цей матеріал міцний і недорогий.

Ротор з'єднується з валом за допомогою квадратного отвору, за допомогою якого передається рух з ротора на вал. Вал з'єднується з генератором за допомогою сполучної муфти.



Рисунок 2.4 - Вал ротора



Рисунок 2.5 - Генератор

Конструкція спроектованого вітрогенератора передбачає наявність маточини, яка забезпечує обертання вітрогенератора за напрямом вітру.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

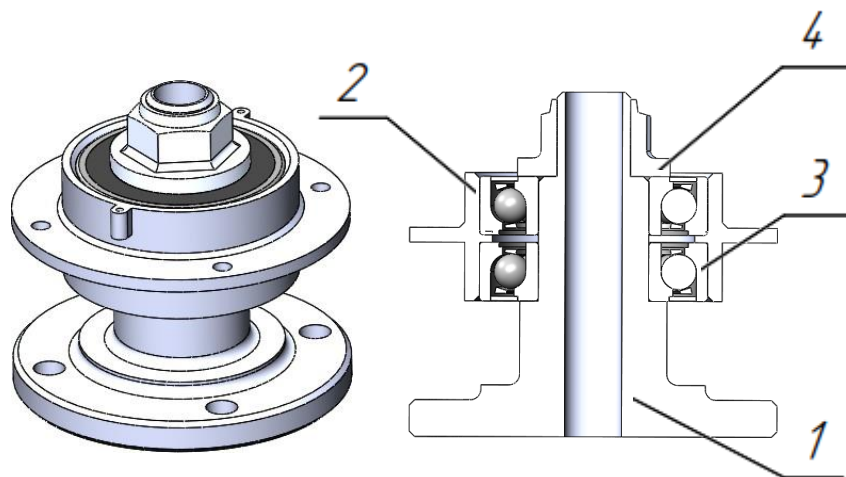


Рисунок 2.6 - Маточина

1 – нерухома частина, 2 – рухома частина, 3 – підшипник, 4 – гайка

Маточина складається з рухомої та нерухомої частин, між якими встановлені підшипники, які забезпечують легкість обертання. Фіксує елементами конструкції є гайка.

При обертанні вітрогенератора можливе скручування дротів. Для цього щоб виключити цю проблему був розроблений струмознімач. Струмознімач оснащений щітками, на які кріпляться дроти, що йдуть з генератора. Щітки передають електроенергію на колектор. Далі електрика передається з колектора проводами для подальшого використання.

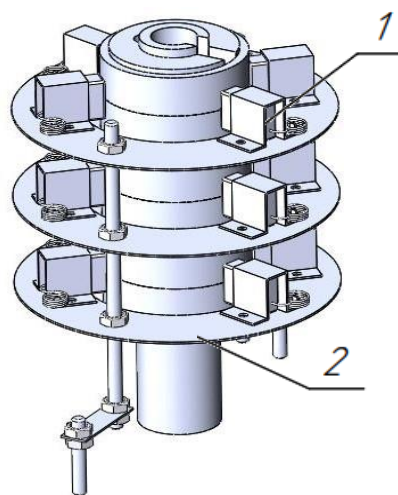


Рисунок 2.7 - Струмознімач

1 – щітка, 2 – колектор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розрахунок вітроколеса

Основною частиною вітроустановки є вітроколесо. За допомогою його перетворюється кінетична енергія вітру, в механічну енергію. Розглянемо вітроколесо з горизонтальною віссю обертання.

Воно може мати одну або багато лопатей, які встановлюються під деяким кутом до площини обертання вітроколеса. Вітроколесо може бути швидкохідним або тихохідним. Залежно від діаметра та кількості лопатей обороти вітроколеса за однієї і тієї ж швидкості вітру будуть різні. Цей показник називається швидкохідністю вітроколеса та визначається відношенням окружної швидкості кінця лопаті до швидкості вітру.

Виберемо швидкохідність виходячи з кількості лопатей:

- 1 лопатеве вітроколесо $Z = 9,0$;
- 2 лопатеве вітроколесо $Z = 7,0$;
- 3 лопатеве вітроколесо $Z = 5,0$;
- 6 лопатеве вітроколесо $Z = 3,0$;
- 12 лопатеве вітроколесо $Z = 1,2$;

У роботі було прийнято рішення виготовити класичний трьох лопатевий ротор Оніпко, швидкохідність якого дорівнює 5.

За нижче наведеною формулою розрахуємо наближений радіус вітряка:

$$R = \frac{30 \times Z}{\pi \times v \times V}, \quad (2.1)$$

де Z – швидкохідність конструкції вітроколеса;

v – частота обертання вітроколеса, що відповідає частоті генератора;

V – швидкість вітру;

R – радіус ротора.

$$R = \frac{30 \times 5}{3.14 \times 200 \times 2} = 0.12 \text{ м,}$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з конструкції ротора, було прийнято рішення створити ротор з діаметром рівним 250 мм.

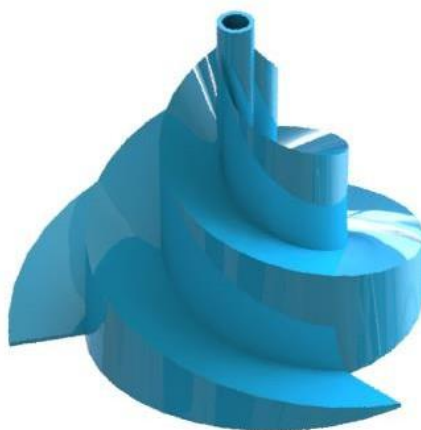


Рисунок 2.8 – Ротор

Формула потужності установки:

$$P = \frac{КВЕВ \times \rho \times V^3}{2 \times \pi \times r^2}, \quad (2.2)$$

де КВЕВ ≈ 0.7 – коефіцієнт використання енергії вітру;

$\rho = 1,225$ – щільність повітря, одиниця виміру – [кг/м³];

$r = 0,125$ радіус ротора, одиниця виміру - [м];

V – швидкість вітру, одиниця виміру – [м/с].

Прийmemo швидкість вітру 2 м/с.

$$P = \frac{0.7 \times 1.225 \times 2^3}{2 \times 3.14 \times 0.125^2} = 70 \text{ Вт},$$

Розрахунок кутової швидкості установки:

$$\omega = \frac{\pi \times v}{30}, \quad (2.3)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де ω – кутова швидкість ротора,

ν - частота обертання ротора.

Розрахунок частоти обертання ротора:

$$\nu = \frac{30 \times Z}{\pi \times R \times V} = \frac{30 \times 5}{3.14 \times 0.125 \times 2} = 191 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

Тоді кутова швидкість ротора дорівнюватиме:

$$\omega = \frac{3.14 \times 191}{30} = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \quad (2.4)$$

Розрахунок моменту сили обертання:

$$P = M \times \omega, \quad (2.5)$$

де P - механічна потужність ротора;

M - момент сили обертання;

ω – кутова швидкість ротора.

Звідси момент дорівнюватиме:

$$M = \frac{P}{\omega}, \quad (2.6)$$

Тоді момент дорівнюватиме:

$$M = \frac{70}{20} = 3.5 \text{ Нм},$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У ході проведених розрахунків було отримано ротор з параметрами: механічна потужність дорівнює 70 Вт, момент сили обертання ротора дорівнює 3,5 Нм, частота обертання дорівнює 191 об/хв. Далі слід розпочати вибір генератора.

Вибір генератора.

При виборі електрогенератора враховано особливості роботи ротора Оніпко. Даний ротор може бути, як і низько обертовим при малому вітрі, а також високо обертовим при сильному вітрі. Нам потрібен генератор, який може зарядити акумулятор навіть при малих швидкостях обертання. За таких умов практичніше вибрати генератор аксіального типу на постійних магнітах.

Вихідними характеристиками для вибору генератора були частота обертання, стартовий момент рушання генератора та надійність.



Рисунок 2.9 - Генератор

Було підбрано генератор на постійних магнітах Fengteng FT-200S з характеристиками:

- маса: 3.4 кг;
- габарити: 115x115x57 мм;
- частота обертання: 200 об/хв;
- номінальна напруга: 12 В;
- потужність: 30 Вт;
- стартовий момент рушання: 0.1 Нм.

Вибір підшипника.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідними даними при виборі підшипника були діаметр посадки та навантаження, що виникає при обертанні рухомих частин. Так як при обертанні виникають радіальні навантаження, прийнято вибирати підшипники кочення радіально кулькові за ДСТУ 8338-75.

Вибір підшипника на місце посадки $d=12$ мм. Вибрано підшипник типу 1000801, з параметрами:

- $m = 0,007$ кг;
- $d=12$ мм;
- $D=21$ мм;
- $B = 5$ мм;
- $r=0,5$ мм.

2.3 Проектування конструкцій з використанням вітрогенератора

Вітрогенератор на даху будинку

Розташування вітрогенераторів на даху будинку має ряд переваг: вітрогенератори знаходяться в найбільш безпечному від людей місці (виключаються випадкові травми), конструкція розташовується в найбільш відкритій та вітровій місцевості, а також вітрогенератори не знаходяться на постійному рівні очей, тим самим практично немає впливу обертових турбін на психіку людини.

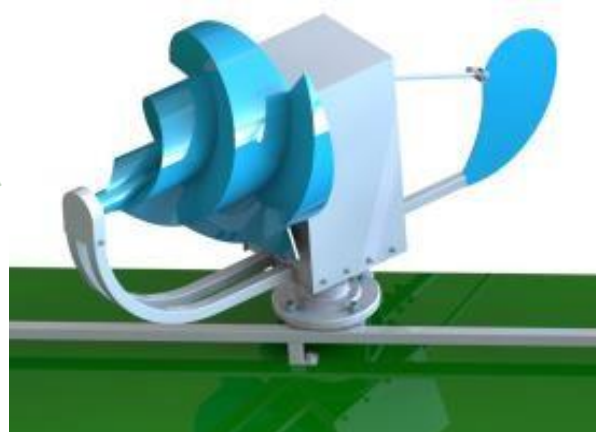
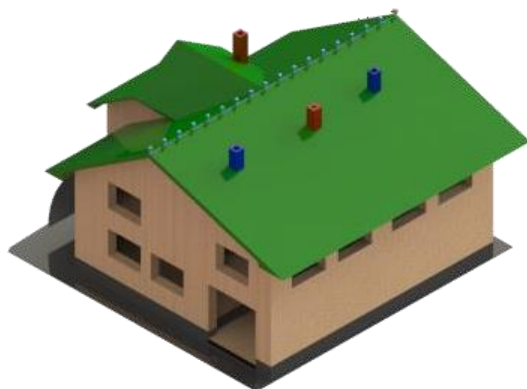


Рисунок 2.10 - Модель розташування вітрогенераторів на даху будинку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Як і в будь-яких розробках у даної конструкції, є не тільки свої плюси, але і мінуси: димові труби, що розташовуються на даху, можуть створювати завихрення, що може знизити ефективність роботи ротора, тому при встановленні вітрогенераторів на дах будинку необхідно враховувати цей фактор, а також необхідно брати до уваги конструктивну особливість самого даху, який при невдалому розташуванні вітрогенераторів може також створювати перешкоди.

Виходячи з даних міркувань, була розроблена концептуальна модель з розміщенням вітрогенератора Оніпко на даху будинку.

Вітрогенератори Оніпко розміщуються на спеціальну раму, яка на шурупи прикручується до каркасу даху будинку, вітрогенератори у свою чергу прикручуються до рами гвинтовим з'єднанням. Кількість вітрогенераторів в конструкції може змінюватись в залежність від необхідної потужності.

Освітлення альтанки

Одним із найчастіших місць дозвілля в приватному секторі є альтанка, особливо влітку. Установка вітрогенератора в альтанці може нести не тільки практичний характер, але і бути нестандартним дизайнерським рішенням, що є безперечною перевагою конструкції. При розташуванні вітрогенераторів на даху альтанки, необхідно враховувати конструкцію її даху та розташовувати вітрогенератори так, щоб дах мінімально впливав на надходження вітру до ротора, також рекомендовано встановлювати альтанку подалі від дерев, які будуть не лише своєрідним бар'єром для надходження вітру, а й створювати завихрення. Як один із варіантів розташування вітрогенератора в альтанці була розроблена конструкція, яка наведена на рис. 2.11. Вітрогенератори кріпляться болтовим з'єднанням до спеціальних трубок, приварених до альтанки, дана конструкція проста в реалізації та естетична.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.11 - Модель освітлення альтанки

Прибудинкове освітлення

Одним із важливих питань приватного сектору є освітлення біля будинку чи у самій садибі. З такою метою можна також легко використовувати малопотужні вітрогенератори.

У ході дипломного проекту було розроблено схему розміщення вітрогенераторів на огорожі ділянки з метою декоративного освітлення прибудинкової зони. У конструкції вітрогенератори розташовані на спеціальних колонах, які вбудовані в огорожу. На рис. 2.12 представлена спроектована модель. Для того, щоб ця конструкція працювала ефективно, необхідно враховувати розташування поблизу дерев, що зростають, чим далі розташовані дерева від вітрогенераторів, тим менші завихрення вони будуть створювати.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 2.12 - Прибудинкове освітлення

Квітка з вітрогенераторів

Дана розробка є спробою об'єднати конструкції маленьких вітрогенераторів в одну велику за допомогою створення у них загального флюгера, який обертає опору (серцевину квітки), на якій розміщені вітрогенератори (пелюстки).

Цю розробку можна назвати найбільш вдалою з усіх поданих вище, оскільки вітрогенератори розташовані на стовпі (стеблі), що піднімає установку на безперешкодну вітряну область, при цьому сторонній вплив на вітрогенератори можуть мати хіба що дерева. При вдалому розміщенні конструкції, на установку зовнішні чинники практично не впливають.

Квітка з вітрогенераторів незвичайна і буде доречна не тільки для домашнього та дачного використання, а також для можливого використання у парковій зоні міського середовища. На малюнку представлена конструкція квітки– вітрогенератора.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.13 - Квітка – вітрогенератор

Висновок до другого розділу

В результаті роботи проведеної в конструкторській частині ДР було спроектовано вітрогенератор Оніпко та конструкції, що моделюють використання даного вітрогенератора в сільській місцевості, в подальшому планується виготовлення дослідного зразка ротора Оніпко з метою перевірки та корегування наведених розрахунків та конструкції ротора.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

32

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розробити технологічний процес (500 виробів) виготовлення плити.
Креслення деталі подано на рис. 3.1.

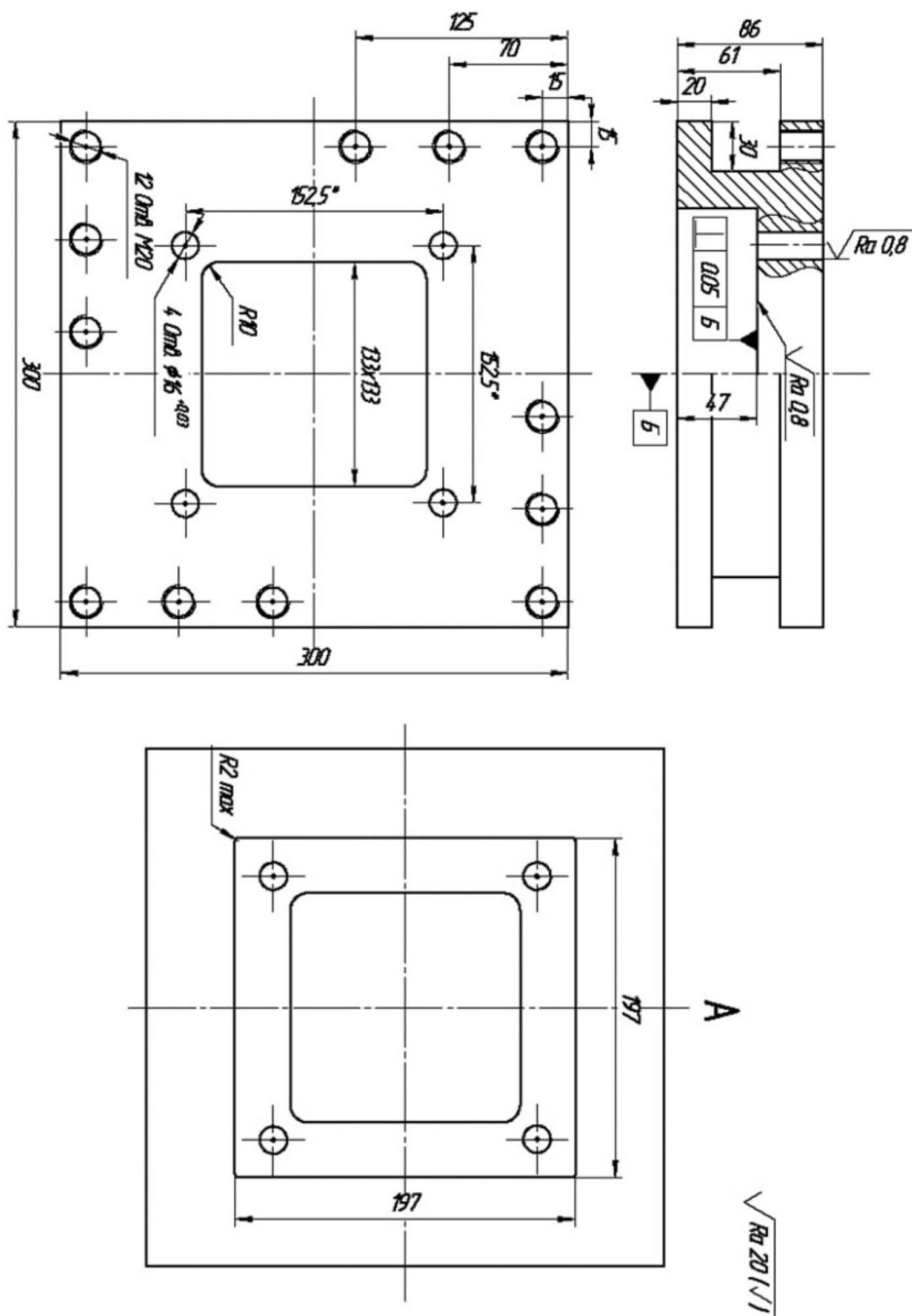


Рисунок 3.1 - Креслення деталі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

33

3.1 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

Основним вихідним параметром під час проектування технологічного процесу був тип виробництва. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі пов'язане з певними труднощами: у кожному випадку необхідно вирішувати складні багатокритеріальні завдання з багатьма параметрами. Залежно від умов виробництва та призначення технологічного процесу, що проектується, застосовуються різні види та форми технологічних процесів. Вигляд технологічного процесу визначається кількістю виробів, що охоплюються процесом. У даному проекті технологічний процес є дрібносерійним - технологічний процес виготовлення виробу одного найменування, типорозміру та виконання.

3.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

У процесі дипломного проектування, так само, як і у виробничих умовах, будь-яка конструкція (машина, вузол, деталь) повинна бути ретельно проаналізована. Мета такого аналізу – виявлення недоліків конструкції за відомостями, що містяться в кресленнях та технічних вимогах, а також можливе покращення технологічності розглянутої конструкції.

Технологічний контроль креслень зводиться до ретельного їх вивчення. Робочі креслення оброблюваних деталей повинні містити всі необхідні відомості, що дають повне уявлення про деталі, тобто всі проекції, розрізи та перерізи, які чітко і однозначно пояснюють її конфігурацію та можливі способи отримання заготовки. На кресленні повинні бути вказані всі розміри з необхідними допусками, класи чистоти поверхонь, що обробляються, допускаються відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємного положення поверхонь. Креслення має містити всі необхідні відомості про матеріал деталі, термічну обробку, захисні та декоративні покриття які

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовувалися, вагу деталі тощо. Таким чином, технологічний контроль - важлива стадія проектування технологічних процесів і в багатьох випадках сприяє з'ясування та уточнення наведених вище факторів.

Технологічний аналіз конструкції забезпечує поліпшення техніко-економічних показників технологічного процесу, що розробляється. Тому технологічний аналіз – один із найважливіших етапів технологічної розробки, у тому числі й дипломного проектування.

Аналізуючи деталь можна відзначити низку факторів:

1) усі розміри та необхідна точність забезпечується на доступному технологічному обладнанні;

2) оброблювані поверхні легкодоступні для різального інструменту.

Негативними з погляду технологічності слід вважати такі фактори:

1) співвідношення $\frac{l}{D} \ll 1$ та $\frac{l}{D} \ll 10$;

2) наявність конічної поверхні;

3) висока шорсткість окремих поверхонь.

3.3 Вибір виду та способу отримання заготовки

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі за її мінімальної собівартості. Собівартість деталі визначається підсумовуванням собівартості заготовки за калькуляцією заготівельного цеху та собівартістю її подальшої обробки до досягнення заданих вимог якості за кресленням. Вибір заготовки залежить від форми деталі та її розмірів, вихідного матеріалу, типу та виду виробництва, наявності необхідного обладнання.

Існують різні способи одержання заготовок. Дрібносерійне виробництво характеризується тим, що більшість металу йде в стружку, через що заготовка не зовсім відповідає формі готового виробу.

Аналізуючи креслення, приходимо до висновку, що найвигідніший спосіб отримання заготовки - прокат.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Як заготовку приймаємо сортовий гарячекатаний прокат круглої форми зі сталі Сталь 45 діаметром 56 мм звичайної точності згідно з ДСТУ 2590-71.

У цьому випадку при використанні сортового прокату як заготовка її форма та розміри будуть досить близькими до розмірів готової деталі. Також гарячекатаний сортовий прокат має однорідну структуру, завдяки чому в ньому забезпечена сталість механічних властивостей.

Крім прокату, можна використовувати штампування із сортового прокату для отримання заготовки. Це дозволить максимально наблизити форму заготовки у формі готової деталі.

3.4 Розрахунок допусків на обробку

Відповідно до завдання, необхідно розрахувати припуски на обробку та проміжні граничні розміри для лінійного розміру 86k7.

Заготовку отримуємо шляхом лиття у піщані форми. Технологічний маршрут обробки цього розміру складається з 3-х технологічних операцій.

Оскільки заготовка встановлюється на плоску поверхню, похибка встановлення та закріплення приймаємо рівною нулю і не враховуємо в розрахунках.

Для заготівельної операції вибираємо параметри Rz і T .

Під час обробки призми ρ_{Σ} визначається:

$$\rho_{\Sigma} = \rho_{\text{кор}}, \quad (3.1)$$

Розрахунок загального відхилення осі від прямолінійності:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{кор}} &= \Delta_K \times l_K, \\ \rho_{\text{кор}} &= 1.5 \times 86 = 130 \text{ мкм}, \end{aligned} \quad (3.2)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залишкове просторове відхилення розташування поверхонь заготовки після їх обробки визначається виразом:

$$\rho_{\Sigma i-1} = K_y \times \rho_{\Sigma}, \quad (3.3)$$

Де коефіцієнт уточнення $K_y = 0,06$;

Для чорнового фрезерування:

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,06 \times 130 = 8 \text{ мкм},$$

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,06 \times 8 = 0,5 \text{ мкм},$$

Для чистового фрезерування:

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,04 \times 0,5 = 0,02 \text{ мкм},$$

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,04 \times 0,02 = 0,0008 \text{ мкм},$$

Для попереднього шліфування:

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,03 \times 0,0008 = 0,000024 \text{ мкм},$$

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,03 \times 0,000024 = 7,2 \times 10^{-6} \text{ мкм},$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

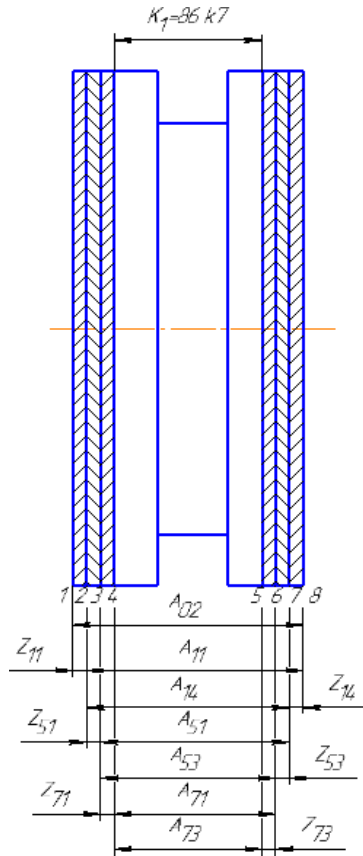


Рисунок 3.2 - Розмірна схема технологічного процесу виготовлення
ПЛИТИ

3.5 Розрахунок параметрів та технологічних розмірів

Для Z_{73} :

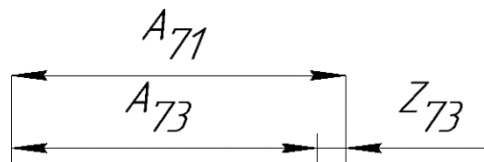


Рисунок 3.3 - Технологічна розмірна схема для припуску Z_{73}

A_{73} – розмір збігається з конструкторським розміром.

Прийmemo замикаючу ланку Z_{73} зменшуючою, тоді й A_{73} ланка розмірного ланцюга буде зменшуючою, а ланка A_{71} буде збільшуючою.

Визначимо значення розміру A_{71}^{min} з рівнянь:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$Z_{73} = A_{71} - A_{73}, \quad (3.4)$$

$$Z_{73}^{min} = A_{71}^{min} - A_{73}^{max}, \quad (3.5)$$

$$A_{71}^{min} = Z_{73}^{min} + A_{73}^{max}, \quad (3.6)$$

$$A_{71}^{min} = 0.03 + 86.038 = 86.068 \text{ мм},$$

Визначимо максимальний припуск для даної операції Z_{73}^{max} :

$$Z_{73}^{max} = A_{71}^{max} - A_{73}^{min}, \quad (3.7)$$

$$Z_{73}^{max} = 86.128 - 86.003 = 0.125 \text{ мм},$$

Визначимо номінальний припуск для даної операції $Z_{73}^{НОМ}$:

$$A_{71}^{НОМ} = 86.128_{-0.06} \text{ мм},$$

$$Z_{73}^{НОМ} = A_{71}^{НОМ} - A_{73}^{НОМ}, \quad (3.8)$$

$$Z_{73}^{НОМ} = 86.128_{-0.06} - 86_{+0.003}^{+0.038} = 0.128_{-0.098}^{-0.003}$$

Для Z_{71}

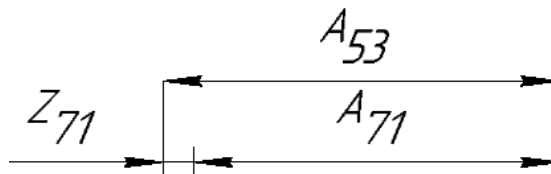


Рисунок 3.4 - Технологічна розмірна схема для припуску Z_{71}

Приймемо замикаючу ланку Z_{71} зменшуючою, тоді і ланка розмірного ланцюга A_{71} буде зменшуючою, а ланка A_{53} буде збільшуючою.

Визначимо значення розміру A_{53}^{min} з рівнянь:

$$Z_{71} = A_{53} - A_{71}, \quad (3.9)$$

$$Z_{71}^{min} = A_{53}^{min} - A_{71}^{max}, \quad (3.10)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{53}^{min} = Z_{71}^{min} + A_{71}^{max}, \quad (3.11)$$

$$A_{53}^{min} = 0.05 + 86.128 = 86.178 \text{ мм},$$

Визначимо значення розміру A_{53}^{max} з рівнянь:

$$A_{53}^{max} = A_{53}^{min} + Td_A, \quad (3.12)$$

$$A_{53}^{max} = 86.178 + 0.1 = 86.278 \text{ мм},$$

Визначимо максимальний припуск для даної операції Z_{71}^{max} :

$$Z_{71}^{max} = A_{53}^{max} - A_{71}^{min}, \quad (3.13)$$

$$Z_{71}^{max} = 86.278 - 86.068 = 0.21 \text{ мм},$$

Визначимо номінальний припуск для даної операції $Z_{73}^{НОМ}$:

$$A_{53}^{НОМ} = 86.278_{-0.1} \text{ мм},$$

$$Z_{73}^{НОМ} = A_{53}^{НОМ} - A_{71}^{НОМ}, \quad (3.14)$$

$$Z_{73}^{НОМ} = 86.278_{-0.1} - 86.128_{-0.06} = 0.15_{-0.1}^{+0.06}$$

Для Z_{53} :

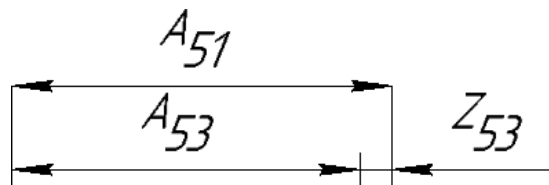


Рисунок 3.5 - Технологічна розмірна схема для припуску Z_{53}

Прийmemo замикаючу ланку Z_{53} зменшуючою, тоді й A_{53} ланка розмірного ланцюга буде зменшуючою, а ланка A_{51} буде збільшуючою.

Визначимо значення розміру A_{51}^{min} з рівнянь:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$Z_{53} = A_{51} - A_{53}, \quad (3.15)$$

$$Z_{53}^{min} = A_{51}^{min} - A_{53}^{max}, \quad (3.16)$$

$$A_{51}^{min} = Z_{53}^{min} + A_{53}^{max}, \quad (3.17)$$

$$A_{51}^{min} = 0.05002 + 86.278 = 86.328 \text{ мм},$$

Визначимо значення розміру A_{51}^{max} з рівнянь:

$$A_{51}^{max} = A_{51}^{min} + Td_{A_{51}}, \quad (3.18)$$

$$A_{51}^{max} = 86.328 + 0.14 = 86.468 \text{ мм},$$

Визначимо максимальний припуск для даної операції Z_{53}^{max} :

$$Z_{53}^{max} = A_{51}^{max} - A_{53}^{min}, \quad (3.19)$$

$$Z_{53}^{max} = 86.468 - 86.178 = 0.29 \text{ мм},$$

Визначимо номінальний припуск для даної операції $Z_{53}^{НОМ}$:

$$A_{51}^{НОМ} = 86.468_{-0.14} \text{ мм},$$

$$Z_{53}^{НОМ} = A_{51}^{НОМ} - A_{53}^{НОМ}, \quad (3.20)$$

$$Z_{73}^{НОМ} = 86.468_{-0.14} - 86.278_{-0.1} = 0.19_{-0.14}^{+0.1}$$

Для Z_{51} :

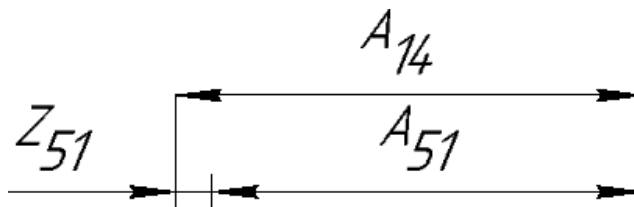


Рисунок 3.6 - Технологічна розмірна схема для припуску Z_{51}

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прийmemo замикаючу ланку Z_{51} зменшуючою, тоді й A_{51} ланка розмірного ланцюга буде зменшуючою, а ланка A_{14} буде збільшуючою.

Визначимо значення розміру A_{14}^{min} з рівнянь:

$$Z_{51} = A_{14} - A_{51}, \quad (3.21)$$

$$Z_{51}^{min} = A_{14}^{min} - A_{51}^{max}, \quad (3.22)$$

$$A_{14}^{min} = Z_{51}^{min} + A_{51}^{max}, \quad (3.23)$$

$$A_{14}^{min} = 0.1 + 86.468 = 86.528 \text{ мм},$$

Визначимо значення розміру A_{14}^{max} з рівнянь:

$$A_{14}^{max} = A_{14}^{min} + Td_{A_{14}}, \quad (3.24)$$

$$A_{14}^{max} = 86.528 + 0.35 = 86.918 \text{ мм},$$

Визначимо максимальний припуск для даної операції Z_{51}^{max} :

$$Z_{51}^{max} = A_{14}^{max} - A_{51}^{min}, \quad (3.25)$$

$$Z_{51}^{max} = 86.918 - 86.328 = 0.59 \text{ мм},$$

Визначимо номінальний припуск для даної операції $Z_{51}^{НОМ}$:

$$A_{14}^{НОМ} = 86.918_{-0.35} \text{ мм},$$

$$Z_{51}^{НОМ} = A_{14}^{НОМ} - A_{51}^{НОМ}, \quad (3.26)$$

$$Z_{51}^{НОМ} = 86.468_{-0.35} - 86.278_{-0.14} = 0.19_{-0.35}^{+0.14}$$

Для Z_{14} :

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

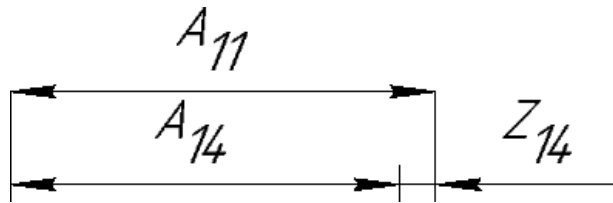


Рисунок 3.7 - Технологічна розмірна схема для припуску Z_{14}

Прийmemo замикаючу ланку Z_{14} зменшуючою, тоді й A_{14} ланка розмірного ланцюга буде зменшуючою, а ланка A_{11} буде збільшуючою.

Визначимо значення розміру A_{11}^{min} з рівнянь:

$$Z_{14} = A_{11} - A_{14}, \quad (3.27)$$

$$Z_{14}^{min} = A_{11}^{min} - A_{14}^{max}, \quad (3.28)$$

$$A_{11}^{min} = Z_{14}^{min} + A_{14}^{max}, \quad (3.29)$$

$$A_{11}^{min} = 0.108 + 86.918 = 87.026 \text{ мм},$$

Визначимо значення розміру A_{11}^{max} з рівнянь:

$$A_{11}^{max} = A_{11}^{min} + Td_{A_{11}}, \quad (3.30)$$

$$A_{11}^{max} = 87.026 + 0.6 = 87.626 \text{ мм},$$

Визначимо максимальний припуск для даної операції Z_{14}^{max} :

$$Z_{14}^{max} = A_{11}^{max} - A_{14}^{min}, \quad (3.31)$$

$$Z_{14}^{max} = 87.626 - 86.568 = 1.058 \text{ мм},$$

Визначимо номінальний припуск для даної операції $Z_{14}^{НОМ}$:

$$A_{11}^{НОМ} = 87.626_{-0.6} \text{ мм},$$

$$Z_{14}^{НОМ} = A_{11}^{НОМ} - A_{14}^{НОМ}, \quad (3.32)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{14}^{\text{НОМ}} = 86.626_{-0.6} - 86.918_{-0.35} = 0.708_{-0.6}^{+0.35}$$

Для Z_{11} :

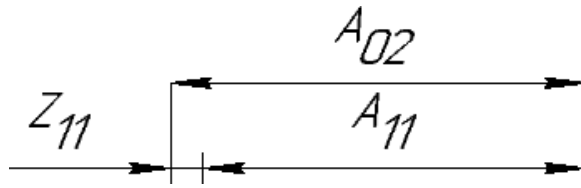


Рисунок 3.8 - Технологічна розмірна схема для припуску Z_{11}

Прийmemo замикаючу ланку Z_{11} зменшуючою, тоді й A_{11} ланка розмірного ланцюга буде зменшуючою, а ланка A_{02} буде збільшуючою.

Визначимо значення розміру A_{02}^{min} з рівнянь:

$$Z_{11} = A_{02} - A_{11}, \quad (3.33)$$

$$Z_{11}^{\text{min}} = A_{02}^{\text{min}} - A_{11}^{\text{max}}, \quad (3.34)$$

$$A_{02}^{\text{min}} = Z_{11}^{\text{min}} + A_{11}^{\text{max}}, \quad (3.35)$$

$$A_{11}^{\text{min}} = 0.53 + 87.626 = 88.156 \text{ мм},$$

Визначимо значення розміру A_{02}^{max} з рівнянь:

$$A_{02}^{\text{max}} = A_{02}^{\text{min}} + Td_{A_{02}}, \quad (3.36)$$

$$A_{02}^{\text{max}} = 88.156 + 3.2 = 91.356 \text{ мм},$$

Визначимо максимальний припуск для даної операції Z_{11}^{max} :

$$Z_{11}^{\text{max}} = A_{02}^{\text{max}} - A_{11}^{\text{min}}, \quad (3.37)$$

$$Z_{11}^{\text{max}} = 91.356 - 87.026 = 4.33 \text{ мм},$$

Визначимо номінальний припуск для даної операції $Z_{11}^{\text{НОМ}}$:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{02}^{\text{НОМ}} = 91.356_{-3.2} \text{ мм},$$

$$Z_{11}^{\text{НОМ}} = A_{11}^{\text{НОМ}} - A_{14}^{\text{НОМ}}, \quad (3.38)$$

$$Z_{14}^{\text{НОМ}} = 91.356_{-3.2} - 87.626_{-0.6} = 3.73_{-3.2}^{+0.6}$$

3.6 Вибір різального інструменту та розрахунок режимів різання

Режими різання необхідно розрахувати для операції 055 маршрутного листа. На цій операції необхідно зенкерувати начорно і начисто циліндричні отвори і двічі розгортати, нормально і точно.

Чорнова зенківка отворів:

Інструмент:

Зенкер GRIFF a400053 \varnothing 16 ДСТУ 14953-80;

Зенкерувати отвори 15.555 до 15.855. Зенкеруємо за один прохід.

Глибина різання:

$$t = 0.5(D - d), \quad (3.39)$$

$$t = 0.5(15.855 - 15.555) = 0,15 \text{ мм},$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \times K_v [20, \text{с. 140}], \quad (3.40)$$

подача $S = 0.7 \text{ мм/об}$;

стійкість інструмента $T = 30$;

$C_v = 16.3$; $q = 0.3$; $m = 0.3$; $x = 0.2$; $y = 0.5$ [20, с.279]

Загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{Mv} K_{lv} K_{lv} [20, \text{с. 276}], \quad (3.41)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поправочний коефіцієнт K_{Mv} :

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [20, \text{с. 261}], \quad (3.42)$$

$$K_{Mv} = 1.2 \times \left(\frac{750}{640} \right)^{1.05} = 1.42$$

Поправочний коефіцієнт K_{lv} :

$$K_{lv} = 1; \text{ таб. 6 [20, с. 263]}$$

Поправочний коефіцієнт K_{lv} :

$$K_{lv} = 1; \text{ таб. 31 [20, с. 280]}$$

Розрахунок:

$$K_v = 1.42 \times 1 \times 1 = 1.42$$

Розрахунок швидкості різання:

$$v = \frac{16.3 \times 16^{0.3}}{30^{0.3} \times 0.15^{0.2} \times 0.7^{0.5}} \times 1.42 = 23.7 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

Обертний момент:

$$M_{об} = 10 C_M D^q t^x s^y K_p \quad [20, \text{с. 277}], \quad (3.43)$$

$C_M = 0.09; q = 1; x = 0.9; y = 0.8$ таб.32 [20, с.281]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Поправочний коефіцієнт K_p :

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \text{ таб. 9 [20, с. 264]}, \quad (3.44)$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{640}{750}\right)^1 = 0.853$$

Розрахунок обертового моменту:

$$M_{об} = 10 \times 0.09 \times 16^1 \times 0.15^{0.9} \times 0.7^{0.8} \times 0.853 = 1.68 \text{ Н} \times \text{м},$$

Осьова сила:

$$P_0 = 10C_p t^x s^y K_p \text{ [20, с. 277]}, \quad (3.45)$$

$$C_p = 67; x = 1.2; y = 0.65; \text{ таб.32 [20, с.281]}$$

Поправочний коефіцієнт K_p див. вище.

Розрахунок осьової сили:

$$P_0 = 10 \times 67 \times 0.15^{1.2} \times 0.7^{0.65} \times 0.853 = 45.52 \text{ Н},$$

Потужність зенкерування:

$$N_B = \frac{M_{об} n}{9750}; \text{ [20, с. 280]}, \quad (3.46)$$

Частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; \text{ [20, с. 280]}, \quad (3.47)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \times 23.7}{3.14 \times 16} = 471.74 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

Необхідна потужність приводу верстата:

$$N_B = \frac{1.68 \times 471.74}{9750} = 0.081 \text{ кВт},$$

Чистова зенківка отворів:

Інструмент:

Зенкер GRIFF a400053 \varnothing 16 ДСТУ 14953-80;

Зенкерувати отвори 15.855 до 15.955. Зенкеруємо за один прохід.

Глибина різання:

$$t = 0.5(D - d), \quad (3.48)$$

$$t = 0.5(15.955 - 15.855) = 0.05 \text{ мм},$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \times K_v; [20, \text{с. 276}], \quad (3.49)$$

подача $S = 0.7 \text{ мм} / \text{об}$ [20, с.277];

стійкість інструмента $T = 30$ [20, с. 280];

$C_v = 16.3$; $q = 0.3$; $m = 0.3$; $x = 0.2$; $y = 0.5$; таб.29 [20, с.279];

Загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{Mv} K_{lv} K_{lv}; [20, \text{с. 276}], \quad (3.50)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поправочний коефіцієнт K_{Mv} :

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}; [20, \text{с. 261}], \quad (3.51)$$

$$K_{Mv} = 1.2 \times \left(\frac{750}{640} \right)^{1.05} = 1.42$$

Поправочний коефіцієнт K_{Iv} :

$$K_{Iv} = 1; [20, \text{с. 263}]$$

Поправочний коефіцієнт K_{lv} :

$$K_{lv} = 1; [20, \text{с. 280}]$$

Розрахунок:

$$K_v = 1.42 \times 1 \times 1 = 1.42$$

Розрахунок швидкості різання:

$$v = \frac{16.3 \times 16^{0.3}}{30^{0.3} \times 0.05^{0.2} \times 0.7^{0.5}} \times 1.42 = 41.7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Обертний момент:

$$M_{об} = 10 C_M D^q t^x s^y K_p; [320, \text{с. 277}], \quad (3.52)$$

$C_M = 0.09; q = 1; x = 0.9; y = 0.8;$ таб.32 [20, с.281]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Поправочний коефіцієнт K_p :

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \text{ таб. 9 [20, с. 264]}, \quad (3.53)$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{640}{750}\right)^1 = 0,853$$

Розрахунок обертового моменту:

$$M_{об} = 10 \times 0.09 \times 16^1 \times 0.05^{0.9} \times 0.7^{0.8} \times 0.853 = 1.62 \text{ Н} \times \text{м},$$

Осьова сила:

$$P_0 = 10C_p t^x s^y K_p; [20, с. 277], \quad (3.54)$$

$$C_p = 67; x = 1.2; y = 0.65; \text{ таб.32 [20, с.281]}$$

Поправочний коефіцієнт K_p див. вище.

Розрахунок осьової сили:

$$P_0 = 10 \times 67 \times 0.05^{1.2} \times 0.7^{0.65} \times 0.853 = 12.45 \text{ Н},$$

Потужність зенкерування:

$$N_B = \frac{M_{об} n}{9750}; [20, с. 280], \quad (3.55)$$

Частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; [20, с. 280], \quad (3.56)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \times 41.7}{3.14 \times 16} = 830 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

Необхідна потужність приводу верстата:

$$N_B = \frac{0.62 \times 830}{9750} = 0.052 \text{ кВт},$$

Нормальна розгортка отворів:

Інструмент:

Розгортка GRIFF a420041 \varnothing 16 ДСТУ 1672-82;

Число зубів розгортки $z = 8$;

Розгортати отвори 15.955 до 16.005. Розгортаємо за один прохід.

Глибина різання:

$$t = 0.5(D - d), \quad (3.57)$$

$$t = 0.5(16.005 - 15.955) = 0.025 \text{ мм},$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \times K_v; [20, \text{с. 276}], \quad (3.58)$$

подача $S = 1 \text{ мм/об}$ [20, с.277];

стійкість інструмента $T = 40$ [20, с. 280];

$C_v = 10.5$; $q = 0.3$; $m = 0.4$; $x = 0.2$; $y = 0.65$; таб.29 [20, с.279].

Загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Lv}; [20, \text{с. 276}], \quad (3.59)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поправочний коефіцієнт K_{Mv} :

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}; \text{ таб. 1 [20, с. 261]}, \quad (3.60)$$

$$K_{Mv} = 1.2 \times \left(\frac{750}{640} \right)^{1.05} = 1.42$$

Поправочний коефіцієнт K_{Iv} :

$$K_{Iv} = 1; \text{ таб. 6 [20, с. 263]}$$

Поправочний коефіцієнт K_{lv} :

$$K_{lv} = 1; \text{ таб. 31 [20, с. 280]}$$

Розрахунок:

$$K_v = 1.42 \times 1 \times 1 = 1.42$$

Розрахунок швидкості різання:

$$v = \frac{10.5 \times 16^{0.3}}{40^{0.4} \times 0.025^{0.2} \times 1^{0.65}} \times 1.42 = 16.4 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

Обертвий момент:

$$M_{об} = \frac{C_p t^x s_z^y D_Z}{2 \times 100}; \text{ [20, с. 280]}, \quad (3.61)$$

$C_p = 200; x = 1; y = 0.75; \text{ таб. 22 [20, с. 273]}$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$s_z = \frac{s}{z}$ – подача на зуб;

Розрахунок обертового моменту:

$$M_{об} = \frac{200 \times 0.025^1 \times 0.125^{0.75} \times 16 \times 8}{2 \times 100} = 0.67 \text{ Н} \times \text{м},$$

Потужність зенкерування:

$$N_B = \frac{M_{об} n}{9750}; [20, \text{с. 280}], \quad (3.62)$$

Частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; [20, \text{с. 280}], \quad (3.63)$$
$$n = \frac{1000 \times 16.4}{3.14 \times 16} = 326.43 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

Необхідна потужність приводу верстата:

$$N_B = \frac{0.67 \times 326.43}{9750} = 0.022 \text{ кВт},$$

Точна розгортка отворів:

Інструмент:

Розгортка GRIFF a420041 Ø 16 ДСТУ 1672-82;

Число зубів розгортки $z = 8$;

Розгортати отвори 16.005 до 16.015. Розгортаємо за один прохід.

Глибина різання:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t = 0.5(D - d), \quad (3.64)$$

$$t = 0.5(16.015 - 16.005) = 0.005 \text{ мм},$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \times K_v; [20, \text{с. 276}], \quad (3.65)$$

подача $S = 1 \text{ мм/об}$ [20, с.277];

стійкість інструмента $T = 40$ [20, с. 280];

$C_v = 10.5; q = 0.3; m = 0.4; x = 0.2; y = 0.65$; таб.29 [20, с.279];

Загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv}; [20, \text{с. 276}], \quad (3.66)$$

Поправочний коефіцієнт K_{Mv} :

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}; \text{ таб. 1 [20, с. 261]}, \quad (3.67)$$

$$K_{Mv} = 1.2 \times \left(\frac{750}{640} \right)^{1.05} = 1.42$$

Поправочний коефіцієнт K_{Iv} :

$$K_{Iv} = 1; \text{ таб. 6 [20, с. 263]}$$

Поправочний коефіцієнт K_{lv} :

$$K_{lv} = 1; \text{ таб. 31 [20, с. 280]}$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок:

$$K_v = 1.42 \times 1 \times 1 = 1,42$$

Розрахунок швидкості різання:

$$v = \frac{10.5 \times 16^{0.3}}{40^{0.4} \times 0.005^{0.2} \times 1^{0.65}} \times 1.42 = 22.6 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

Обертвий момент:

$$M_{об} = \frac{C_P t^x s_z^y D_Z}{2 \times 100}; [20, \text{с. 280}], \quad (3.68)$$

$C_P = 200; x = 1; y = 0.75; \text{таб.22 [20, с.273]}$

$s_z = \frac{s}{z}$ – подача на зуб.

Розрахунок обертового моменту:

$$M_{об} = \frac{200 \times 0.005^1 \times 0.125^{0.75} \times 16 \times 8}{2 \times 100} = 0.135 \text{ Н} \times \text{м},$$

Потужність зенкерування:

$$N_B = \frac{M_{об} n}{9750}; [20, \text{с. 280}], \quad (3.69)$$

Частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; [20, \text{с. 280}], \quad (3.70)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \times 22.6}{3.14 \times 16} = 450 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

Необхідна потужність приводу верстата:

$$N_B = \frac{0.135 \times 450}{9750} = 0.006 \text{ кВт},$$

Таблиця 1 – Режими різання

Найм. операції	Подача S, мм/об	Глибина різання t, мм	Частота n, об/хв	Швидкість різання V, м/хв	Потужність N_e
Чорнове зенкерування	0,7	0,15	472	24	0,081
Чистове зенкерування	0,7	0,05	830	42	0,052
Нормальне розгортання	1	0,025	327	17	0,022
Точне розгортання	1	0,005	450	23	0,006

За підсумками проведених розрахунків максимальна потужність дорівнює 0,081 кВт.

3.7 Вибір обладнання

Враховуючи розміри оброблюваної заготовки та необхідну потужність вибираємо свердлильний верстат з ЧПК моделі KSB 40 CNC [4].

Технічні характеристики верстата KSB 40 CNC.

Таблиця 2 - Технічні показники

Найбільший діаметр свердління	40
Найбільша нарізана різьба	220
Робоча зона	
Технологічний хід, вісь X, мм	850
Технологічний хід, вісь Y, мм	400
Технологічний хід, вісь Z, мм	240
Розміри стола, мм	1000x545
Допуст. навантаження стола, кг	300
Головний шпиндель	
Діапазон частоти обертання, об/хв	31,5 - 1400
Потужність двигуна, кВт	3
Подача	
прискорений хід по осі X, мм/хв	6000
прискорений хід по осі Y, мм/хв	6000
прискорений хід по осі Z, мм/ хв	1100
робоча подача по осі X, мм/ хв	6000
робоча подача по осі Y, мм/ хв	6000
робоча подача по осі Z, мм/ хв	1100

3.8 Нормування технологічного процесу

$$T_{ш-к} = \frac{T_{ПЗ}}{N} + T_{шч}, \quad (3.71)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шч} = (T_a + T_{др} \times k_{Td}) \times (1 + \frac{k}{100}),$$

T_a – час автоматичної роботи верстата;

$$T_a = T_{0a} + T_{Да}, \quad (3.72)$$

T_{0a} – основний автоматичний час;

$T_{Да}$ – допоміжний автоматичний час;

$T_{др}$ – допоміжна ручна робота;

k_{Td} – поправочний коефіцієнт на час допоміжної ручної роботи;

k – коефіцієнт, що враховує час на обслуговування робочого місця та особисті потреби трудящих.

Основний автоматичний час:

$$T_{0a} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n_i S_i} i = \left(\frac{86}{0.7 \times 472} + \frac{86}{0.7 \times 830} + \frac{86}{1 \times 327} + \frac{86}{1 \times 450} \right) \times 4 = 3.45 \text{ хв}, \quad (3.73)$$

Допоміжний автоматичний час:

$$T_{Да} = T_{Да1} + T_{Да2} + T_{Да3}, \quad (3.74)$$

$T_{Да1}$ – час на допоміжні програмні переходи;

$$T_{Да1} = \left(\frac{\sum L_i}{n_i S_{i_{xy}}} \right) + \left(\frac{\sum L_i}{n_i S_{i_z}} \right) = \frac{4054.55}{1400 \times 6000} + \frac{897.81}{1400 \times 1100} = 0,001 \text{ хв}, \quad (3.75)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T_{Da2} – час автоматичної допоміжної роботи. Наприклад: поворот револьверної голівки, поворот різцеутримувача:

$$T_{Da2} = 0.05 \text{ хв},$$

T_{Da3} – час на технологічну зупинку:

$$T_{Da3} = 0;$$

$$T_{Da} = 0.001 + 0.05 + 0 = 1.05 \text{ хв},$$

Тоді автоматичний час роботи верстата дорівнює:

$$T_a = 3.45 + 1.05 = 4.5 \text{ хв},$$

Допоміжна ручна робота:

$$T_{Dr} = T_{Du} + T_{Dvim.} + T_{Dop}, \quad (3.76)$$

Допоміжний час на встановлення та зняття деталі $T_{Du} = 0.16$ хв.

Час на контрольні виміри $T_{Dvim.} = 0.19 \times 10 = 1.9$ хв.

Час на роботи та команди $T_{Dop} = 0$.

$$T_{Dr} = 0.16 + 1.9 + 0 = 2.06 \text{ хв},$$

Визначимо коефіцієнти: $k_{Td} = 1; k = 7$.

Визначимо штучний час:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шч} = (4.5 + 2.06 \times 1) \times \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 7.1 \text{ хв,}$$

Визначимо $T_{ПЗ}$:

$$T_{ПЗ} = 20 \text{ хв,}$$

Тоді:

$$T_{ш-к} = \frac{20}{5} + 7.1 = 12.1 \text{ хв,}$$

Висновок до третього розділу

В результаті виконаної роботи було спроектовано технологічний процес виготовлення плити в умовах дрібносерійного виробництва. Дане проектування вчить користуватися довідковою літературою, ДСТУ, таблицями та нормами. Було раціонально обрано заготівлю для плити, складено технологічний маршрут обробки, розраховано припуски на механічну обробку для лінійного розміру, обрано необхідне обладнання, відповідно до режимів різання, для операції 055, виконано нормування технологічного процесу. Отже, були набуті необхідні навички та знання з даного розділу та інших загальнотехнічних дисциплін шляхом самостійного вирішення конкретних технологічних завдань при проектуванні технологічного процесу.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У ході виконання випускної дипломної роботи спроектовано вітрогенератор. Проведено огляд альтернативних джерел енергії та огляд існуючих технічних рішень. У яких було вказано низку недоліків та переваг. Розроблено електричну схему та кінематичну схему вітрогенератора. Підібрано комплектуючі, необхідні для роботи установки, а також розроблено конструкції для оптимального використання вітрогенератора в домашньому господарстві.

У ході виконання технологічного розділу дипломної роботи було спроектовано технологічний процес виготовлення плити в умовах дрібносерійного виробництва. Було раціонально обрано заготівлю для плити, розраховано припуски на механічну обробку, обрано необхідне обладнання, відповідно до режимів різання, виконано нормування технологічного процесу.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Книга 5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5> (дата звернення: 23.05.2024).
2. Звіту Української Вітроенергетичної асоціації «Вітроенергетичний сектор України 2020». Режим доступу: <http://www.uwea.com.ua/> (дата звернення: 25.05.2024).
3. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, О75 Н. Нойбергер, Д. Циценков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. С. 138-140.
4. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру : навч. посіб. / С. В. Сиротюк, В. М. Боярчук, В. П. Гальчак. – Львів : «магнолія 2006», 2018. С. 131-135.
5. Вітроенергетика // Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/windenergy> (дата звернення: 28.05.2024).
6. Головка В.М., Коханевич В.П., Шихайлов М.О. Дослідження процесів перетворення вітру в локальних енергосистемах. Альтернативна енергетика і екологія. - Київ, 2011. № 8. 88 с.
7. Кузьо І.В. Корендій В.М. Обґрунтування розвитку вітроенергетичних установок малої та надмалої потужності // Національний університет "Львівська політехніка", 2010. – С. 61 – 68.
8. Мокін Б.І. Математична модель пристрою керування електричною вітроенергетичною установкою з вертикальною віссю обертання / Мокін Б.І., Мокін О.Б., Жуков О.А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 3. – С. 48-54.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Кліматичний Кадастр України Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна Геофізична Обсерваторія. – К., 2006.

10. Б. Оробчук, В. Герасимів, Б. Ліньов. Аналіз ефективності електропостачання при використанні автономних вітродизельних установок // VI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “ -Тернопіль, ТНТУ ім. Івана Пулюя 2017 р. С. 95-96.

11. Обухов С.Г. Вітроенергетичні установки малої потужності. Технічні характеристики, моделювання, раціональний вибір // Saarbrucken: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. №3. 88 с.

12. Головка, В. М. Вітроенергетика: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» / В.М. Головка; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 88 с.

13. Б. Оробчук, А. Веремейчик. Сучасні варіанти реконструкції електричних розподільних мереж // VII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» – Тернопіль, ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2018 р. С. 88-89.

14. Богатирєв Н.І., Креймер А.С. Імітаційне моделювання вітроенергетичної установки. Київ: Основа, 2000. 416 с.

15. Вітроенергетика та енергетична стратегія / О. Ф. Оніпко, Б. П. Коробко, В. М. Мханюк. – К. : УАН, Фенікс, 2008. – С. 165-168.

16. Кудря С.А., Пермінов Ю.М., Буденний І.В. Особливості проектування вітрогенераторів. Відновлювальна енергетика. - Київ, 2014. № 3. - С. 54-57.

17. Кузьо І.В. Корендій В.М. Теоретичні аспекти моделювання вітроенергетичних установок // Вісник ТНТУ – 2011. – Том 16. – № 3. – С. 85 - 94.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Головка В.М., Коханевич В.П., Шихайлов М.О. Дослідження процесів перетворення вітру в локальних енергосистемах. Альтернативна енергетика і екологія. Київ, 2011. № 8. С. 44-49.

19. Кузнецов Н.П., Сахно Б.Г., Кудря С.А. Досвід використання вітрових електроустановок в Україні. Альтернативна енергетика і екологія. Київ, 2011. № 8. С. 50-53.

20. Ступницький В.В., Грицай І.Є., Сліпчук А.М. Обладнання та прогресивні методи формоутворення деталей. Львів, 2012.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		