

Б.М. Лижичка

## Нетрадиційні джерела енергії (вітрові двигуни)

*Інститут менеджменту та економіки "Галицька академія", м. Івано-Франківськ*

В даній статті розглянуто процес становлення та розвитку вітряних двигунів, та можливості їх використання для потреб сільського господарства та промисловості світу.

*Стаття постуила до редакції 07.07.2005; прийнята до друку 15.03.2006*

**Метою даної статті** є потреба розкриття процесу становлення та розвитку вітряних двигунів у історичному аспекті, адже історія – це пам'ять про минуле, і тільки людині, яка володіє минулим належить майбутнє. Це стосується і енергетичної галузі промисловості, яка на даний час потребує значних реформ та переорієнтацій, які пов'язані перш за все із екологічною небезпекою нашої держави.

Подрібнення зерна-одне з самих давніх занять людини. Воно пройшло шлях у 6 тисяч років від первісних зернотерок та ступок до сучасних борошномельних заводів.

Виникнення борошномельного виробництва у його самому примітивному вигляді відноситься до епохи нового кам'яного віку, тобто 6000-4000 років до нашої ери. Ще до виникнення організованого землеробства люди збирали зерна дикоростучих злаків і подрібнювали їх за допомогою двох каменів. Другим знаряддям стала кам'яна ступка, у якій зерна товкли важким товкачем. За деякий час люди зрозуміли, що розтирати зерна легше, ніж товкти. Про це свідчать багаточисельні археологічні знахідки самих різноманітних зернотерок.

В міру розвитку суспільних відносин змінювались і знаряддя праці. Найдавніші пам'ятки матеріальної культури переконливо свідчили про надзвичайно важку і виснажувальну працю при виробництві борошна.

Поступово, по мірі підвищення попиту на борошно, розміри каменів зернотерок збільшувались, все важче ставало справлятися з ними однієї людини. Через деякий час удосконалюється будова зернотерки: у верхньому камені роблять отвір для наспання зерна, а для переміщення верхнього каменя по нижньому використовують найпростіший важіль. Цей важливий винахід дав поштовх до подальшого вдосконалення знарядь для виробництва борошна. Поступово на зміну зернотерці приходять примітивні жорна. Необхідність підвищення

продуктивності розмелювання зерна призвела до збільшення розміру жорен [1].

Раби вже не справлялися з обертанням важкого каменя, і на зміну їм приходять тварини. Ці перші так звані "ослячі" млини відносяться до 300 року до нашої ери.

Широке розповсюдження "ослячих" та "кінних" млинів відноситься до того часу, коли населення міст почало зростати в результаті масового розорення мілких землевласників і збільшення чисельності регулярної армії, особливо в період війни. Таку кількість людей неможливо було забезпечити борошном, виробленим на ручних млинах. Виникла потреба створення більш ефективних млинів, що в свою чергу призвело до збільшення розмірів та маси жорен. Приведення їх в рух людиною, або навіть тваринами, ставало неможливим. Необхідний був більш потужний двигун, і люди шукали його в природі, намагаючись використати нетрадиційні джерела енергії перед усім енергію вітру та води.

Одним із важливих кроків в історії харчової промисловості стало використання енергії вітру. Першою лопатковою машиною, що використовувала енергію вітру, було вітрило. Вітрило і вітродвигун крім одного джерела енергії поєднує той самий використовуваний принцип. Дослідження показали, що вітрило можна представити у вигляді вітродвигуна з нескінченним діаметром колеса. Вітрило є найбільш досконалою лопатковою машиною, з найвищим ККД, що безпосередньо використовує енергію вітру для руху.

Ще в 1714 році француз Дю Квіт запропонував використовувати вітродвигун як рушій для переміщення по воді [2, С. 8]. П'ятилопаткове вітроколесо, встановлене на основі, повинно було надавати руху гребним колесам. Ідея так і залишилася на папері, хоча зрозуміло, що вітер довільного напрямку може рухати судно в будь-якому напрямку.

Перші розробки теорії вітродвигуна відносяться

до 1918 р. В.Залевський зацікавився вітряками й авіацією одночасно. Він почав створювати повну теорію вітряного млина і вивів кілька теоретичних положень, яким повинна відповідати вітроустановка.

Професор М. Є. Жуковський розробив теорію повітроплавання і вітровикористання, які отримали своє застосування при створенні Центрального аерогідродинамічного інституту, де були розроблені перші конструкції швидкісних вітродвигунів [2, С. 10].

На початку ХХ століття інтерес до повітряних гвинтів і вітроколес не був відособлений від загальних тенденцій часу - використовувати вітер, де це тільки можливо. Спочатку найбільше поширення вітроустановки отримали в сільському господарстві. Повітряний гвинт використовували для приводу судових механізмів. На всесвітньо відомому "Фраме" він обертав динамомашину. На вітрильниках вітряки надавали рух помпам і якірним механізмам.

Перший вітродвигун був надзвичайно простим пристроєм з вертикальною віссю обертання [1, С.19]. Використання такого млина з вертикальною віссю обертання в результаті отримало широке розповсюдження в країнах близького сходу. Пізніше був розроблений вітродвигун з горизонтальною віссю обертання, який в більшості випадків був надзвичайно масивним і будувався з використанням достатньо важких матеріалів. Це пояснюється тим, що для виконання своїх задач такі вітродвигуни повинні були розвивати велику потужність. Такий тип вітрового млина знаходив своє застосування в багатьох країнах басейну Середземного моря.

Приблизно в цей же час люди зрозуміли що такий двигун млина який використовує відновлювальні джерела енергії воду та вітер можна використовувати для виконання будь-якої роботи, яка потребує великих затрат людської енергії. Потрібні були тільки спеціальні механізми, які б забезпечували передачу сили з валу, який обертається лопатками вітряка або водяного колеса, на інший вал. Цей вал слід було розташовувати під кутом і з'єднати з технічними пристроями, які б перетворювали обертовий рух в прямолінійний і зворотно - поступальний рух робочої машини [3].

Найпростіші вітрові млини працювали в Китаї у II-I столітті до нашої ери. Вони володіли досить низьким коефіцієнтом корисної дії, не дивлячись на те, що лопатки виготовлялись з досить легкого дерева чи матерії. Причина неефективності наступна – сила вітру, яка штовхала одну половину вітроколеса одночасно гальмувала іншу частину. На Русі та Європі вітряки з'явилися пізніше, де в VIII-IX столітті.

Найбільш широкого використання вітрові установки отримали в Голландії, де люди боролися з морем за кожен клаптик землі, придатної для сільського господарства, саме за допомогою вітрових млинів з Х-XI століття, осушували великі території. Спочатку будували земляні дамби, які відокремлювали мілководну ділянку моря, а потім споруджували млини з водовідливними колесами.

Так у 1608-1612 роках було осушено місце, яке знаходилося на три метри нижче рівня моря за допомогою 26 вітродвигунів потужністю 37 кВт кожен [1, С. 20].

У 1582 році у Голландії була побудована перша маслобойня, яка використовувала енергію вітру, через 4 роки – перша паперова фабрика, яка забезпечувала підвищені вимоги до паперу, обумовлені винайденням друкарської машинки. В кінці XVI століття появились лісопильні заводи для виробництва лісоматеріалів, які імпортувалися з прибалтійських держав. В середині XIX століття в Голландії використовувалось для різних потреб біля 9 тисяч вітродвигунів. Голландці внесли багато вдосконалень у конструкцію вітряних млинів і, зокрема, вітроколеса [1, С. 21].

Саме у Голландії вітрові млини а також вітроколеса зазнали великої реконструкції. Ця реконструкція полягала перш за все у тому, щоб збільшити коефіцієнт корисної дії та термін їхньої роботи. В результаті чого великі вітряні млини заводського виготовлення при великих швидкостях вітру могли розвивати потужність до 66 кВт.

В період промислової революції із введенням парових двигунів використання енергії вітру в Голландії суттєво зменшилось. На початку ХХ століття тут працювало тільки біля 2,5 тисяч вітродвигунів, а до 1960 року менше 1 тисячі з них все ж таки знаходились в робочому стані [1, С. 21].

Перша вітрова електростанція промислового типу була побудована в США в місті Клівленд (штат Огайо) у 1888 році Чарльзом Брашем. Ця багатолопаточна конструкція – діаметр лопаток складав 17м, з направляючою лопаткою для направлення вітроколеса перпендикулярно напрямку вітру, здатна була виробляти 12кВт електроенергії. Дана станція успішно пропрацювала майже 20 років, з однієї сторони успішно довела перспективність даного напрямку енергетики, а з іншої – вона була для конструкторів робочою моделлю при виробництві більш вдосконалених установок [2].

В середині XIX століття у США було побудовано більше 6 мільйонів малих вітродвигунів з одиничною потужністю до 0,75 кВт, які використовувались для виробництва електроенергії, піднімання води і виконання інших робіт.

Для піднімання води переважно використовувались вітродвигуни з суцільно металічними вітроколесами діаметром 3,7 - 4,9 м, які оберталися на горизонтальному валі і володіли механізмом для орієнтації в напрямку вітру. Такі вітроколеса розвивають потужність біля 120 Вт при швидкості вітру 6,7м/с. І можуть підняти 160 л/хв. води на висоту біля 7 м [1, С. 21].

Вітроенергетичні установки (ВЕУ) невеликої потужності виготовлялися переважно з двох – або трьох лопаточним вітроколесом крильчастого типу, з'єднаним через редуктор з генератором постійного струму. Вони забезпечувались також системою акумулювання енергії, найчастіше акумуляторною батареєю. Однак більшість ВЕУ починаючи з 1930 року були витіснені енергосистемою, яка забезпечила

централізованим енергопостачанням більшість ферм США [1, С. 21].

Найбільшою діючою ВЕУ була установка "Сміт – Путнем". Після тривалих досліджень по впливу розмірів ВЕУ на її ефективність, проведених у 1930 році, Путнем прийшов до висновку, що для отримання мінімальної вартості виробленої електричної енергії необхідно використовувати ВЕУ великих розмірів. Після чого при участі відомого аеродинаміка Кармана і деяких інших вчених він розробив вітродвигун великої потужності для виробництва електроенергії з метою живлення діючої електромережі Central Vermont Public Service Company. Фірма S. Morgan Smith Company (м. Йорк, Пенсільванія) запроєктувала і випробувала у роботі установку на початку 1940 року. Ця установка являла собою двохлопаточне вітроколесо крильчастого типу діаметром 53 м і масою 16 тон, яке розвивало потужність 1,25 МВт при розрахунковій частоті обертання 28 об/хв. [1, С. 22].

В кінці XIX століття в Данії було біля 3 тисяч вітродвигунів, які використовувались в промисловості, і біля 30 тисяч вітродвигунів інших типів, які використовувались в основному для побутових потреб. Загальна їх потужність складала біля 200 МВт. В 1890 році керівництво Данії приступило до впровадження широкої програми розвитку ВЕУ великої потужності. В 1910 році було побудовано декілька сотень таких ВЕУ. Вони були оснащені чотирьохлопаточними вітроколесами діаметром 23 м, встановлені на вежі висотою 24 м і з'єднані механічною передачею з електричним генератором, розташованим біля основи вежі. Розрахункова потужність генератора змінювалась від 5 до 25 кВт.

В період першої і другої світових війн енергія, яка вироблялася ВЕУ такого типу, покривала лише невелику частину потреби країни в електроенергії. В цей період було встановлено, що вартість електроенергії, яка виробляється на такій станції, приблизно рівна еквівалентній вартості палива, яке споживається дизельною електричною установкою [1, С. 23].

Після другої світової війни датчани розробили і випробували три експериментальні ВЕУ з встановленою потужністю 12, 45 і 200 кВт, призначені для роботи в енергосистемі. Вони успішно використовувались до 1960 року. Розробка проекту була зупинена, коли виянилось, що вартість виробленої електроенергії приблизно вдвічі перевищувала в той час еквівалентну вартість енергії теплового двигуна.

В кінці 40-х і на протязі 50-х років значні роботи по розробці та впровадженню вітроенергетичних установок проводились у Великобританії, в результаті чого в цей період у 100 точках були проведені вимірювання характеристик вітру [1, С. 23].

В 1950 році компанія Vorth Scotland Hydroelectric Board провела розробку експериментального вітродвигуна встановленого на Оркнейських островах. Дана ВЕУ була розрахована на потужність

100 кВт при швидкості вітру 15,6 м/с. Вона працювала протягом не довгого часу у 1955 році спільно з дизельною електростанцією.

У 1950 році фірма Enfield Cable Company побудувала оригінальні ВЕУ типу Андро потужністю 100 кВт і встановила їх у Великобританії і Алжирі. Дана установка мала вежу висотою 26 м і вітроколесо діаметром 24 м з пустотілими лопатками, які володіли вихідними отворами на кінцях. За рахунок виникаючого перепаду тисків повітря, яке поступає через отвори біля основи вежі, переміщується вздовж вежі через розташовану в ній повітряну турбину і викидається через отвори в кінці лопаток. Встановлено, що ефективність ВЕУ з пневматичною передачею потужності мала у порівнянні з установками, які володіли вітроколесами звичайного типу з горизонтальною віссю обертання.

В період 1958 – 1966 років у Франції побудовано і працювало декілька великих ВЕУ. До них відносяться три установки з горизонтальною віссю обертання трьохлопаточного вітроколеса крильчастого типу, які працювали поблизу Парижу з 1958 по 1963 рік. Перша з них була розрахована на потужність 800 кВт при швидкості вітру 16,5 м/с. Вітроколесо діаметром 30 м, генератор і система передач загальною масою 160 тон були розташовані на вежі висотою 30 м. ВЕУ була забезпечена синхронним генератором напругою 3 кВ з частотою обертання 1000 об/хв. при постійній частоті обертання вітроколеса 47 об/хв. і працювала на загальну мережу 50 Гц, 60 кВ [1, С. 23-24].

Дві інші установки були споруджені на півдні Франції. Менша з них з вітроколесом діаметром 21 м і частотою обертання 56 об/хв. працювала з асинхронним генератором з номінальною частотою обертання 1530 об/хв. і розвивала потужність 132 кВт при швидкості вітру 12,5 м/с.

В цей же період у Франції було побудовано і випробувано декілька експериментальних установок з вертикальною віссю обертання [1, С. 24].

Під керівництвом Хюттера було проведено ряд реконструкцій ВЕУ, в тому числі ряду вітроколес з постійною частотою обертання і системою регулювання повороту лопаток. Для вітродвигунів використовувались легкі склопластикові і пластикові лопатки; генератор встановлювався на вежі виготовленій з пустотілої труби невеликого діаметру, закріпленої дротяними розтяжками. Найбільша із ВЕУ, яка розвивала 100 кВт при швидкості вітру 8м/с, успішно працювала в період 1957 – 1968 років.

Конструкції склопластикових лопаток, встановлених на невеликих опорах, і можливі пошкодження лопаток досліджувались в інших країнах на вітродвигунах великих розмірів [1, С. 24].

В результаті різних реконструкцій та доопрацювань, які відбувались в різних країнах світу з метою підвищення ККД вітродвигунів були отримані наступні їх типи:

з горизонтальною віссю обертання, яка паралельна напрямку вітрового потоку (застосовується у звичайних вітряних млинах);

з горизонтальною віссю обертання, яка перпендикулярна напрямку потоку (схожі до водяного колеса);

з вертикальною віссю обертання, перпендикулярною напрямку вітрового потоку [1, С. 24].

Вітродвигуни розрізняються по типу і будові вітроколеса і його положення в вітровому потоці під час роботи. Найбільш широкого використання набули крильчасті, карусельні, роторні та барабанні. Крильчастий вітродвигун включає: вітроколесо з лопатками, яке обертається в вертикальній площині перпендикулярно до напрямку вітру; механізму регулювання числа обертів вітроколеса, віндрази або іншого пристрою, який служить для наведення вітроколеса на вітер, опору, механізму для пуску та зупинки вітродвигуна. В залежності від типу вітроколеса і його швидкохідності крильчасті вітродвигуни поділяються на три групи:

багатолопаточні (тихохідні з числом модулів менше 2, потужністю від 0,4 до 6,4 к.с);

малолопаточні тихохідні, (дерев'яно-металевої конструкції, в тому числі вітрові млини з числом

модулів менше 3, номінальною потужністю від 0,96 до 24 к.с.);

малолопаточні швидкохідні (з числом модулів менше 3, номінальною потужністю від 0,26 до 105 к.с.).

Наукові дослідження показали, що чим менше лопаток у двигуна, тим краще, і теоретично оптимальним є однолопаточний двигун з противовагою, оскільки в цьому випадку не створюється турбуленція, яка зменшує ККД. Проекти таких вітродвигунів створювались в 30- ті роки, але по різних причинах, в тому числі і по конструктивних недоліках (важке балансування), практично не використовуються. На сьогоднішній день в промисловій вітроенергетиці найбільш поширеними є двохлопаточні вітродвигуни [4,5].

Аналізуючи все вище сказане можна зробити **наступний висновок**, що процес становлення та розвитку вітряних двигунів був тісно пов'язаний із розвитком суспільства, яке постійно намагалося удосконалити знаряддя своєї праці для зменшення затрат власної енергії.

- [1] *Ветроэнергетика* / Под ред. Д. де Реизо: Пер. с англ.; под ред. Я. И. Шефтера.-М.: Энергоатомиздат. 272 с. (1982).
- [2] А.В. Кармишин. *Современные ветродвигатели*. Москва, Знание. 40с. (1956).
- [3] *Ветро двигатели* / Под ред. Е. М. Фатеева - М.: Машгиз. 248 с. (1962).
- [4] Кирюшатов А.И. *Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве*. М.: Агро-промиздат. 96 с. (1991).
- [5] Самойлов В.И. *Ветер-помощник*, САМ. 3, сс. 9-11 (1995).

В.М. Lyzhychka

## Untraditional Sources Energy (Wind Engines)

*Institute of management and economy "Galitsca academiya", Ivano-Frankivsk*

In the given article the process of becoming and development of wind engines, and possibility of their use is considered for the necessities of agriculture and world industry.