

ӘОЖ 621.548

## ЖЕЛ ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ҚУАТЫ

*Әбдезім Ақылжан*

магистрант, «Электр энергетикасы» кафедрасы, Л. Гумилев атындағы  
Еуразия ұлттық университеті, Астана қаласы, Қазақстан

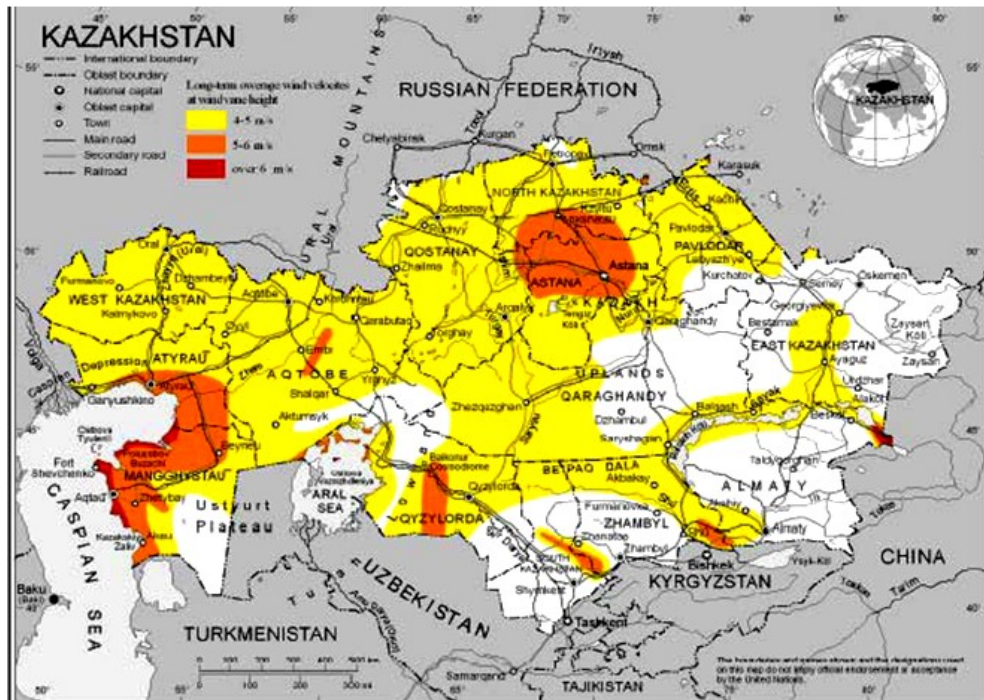
*Қазіргі кезде энергия көздерін зерттеу бойынша жасыл энергетика қызу талқыда. Оның табиғатқа зиянды қалдық таратпауы, апат болған жағдайда да аса залал келтірмеуі артықшылыққа ие. Халық тығыздығы аз, территориясы үлкен, ауыл шаруашылығы дамушы елде экономикалық тиімді болады. Сол үшін осы сала бойынша көптеген зерттеулер жазылуда. Энергетиканың осы саласы бойынша да өндіріс дамуда.*

**Кілт сөздер:** Бетц заңы, Бернулли заңы, жел ағыны, туынды, максималды нүкте.

### Кіріспе

Қазақстан Республикасы баламалы энергия көздеріне, соның ішінде жел ресурстарына өте бай. Қазақстан Республикасы аумағының 55%-ға жуығында желдің орташа жылдамдығы 4-5 м/с, ал кей жерлерде 6 м/с және одан да жоғары болады. Бұл электр энергиясын өндіру үшін жел энергиясын пайдаланудың тамаша перспективасы. Кейбір бағалаулар бойынша Қазақстан Республикасы жел энергетикасын дамытуға ең жақсы жағдайлары бар әлем елдерінің бірі болып табылады. Ең желді жерлер орталықта, Қазақстанның солтүстігінде, оңтүстігінде, оңтүстік-шығысында және Каспий маңы аймағында орналасқан. Жел электр станцияларының қуаттылығы 10 МВт/км<sup>2</sup> деңгейінде және республикада бос кеңістіктің болуын ескере отырып, елде бірнеше мың МВт орнату мүмкіндігін болжауға болады. Қазақстан Республикасының жел әлеуеті жылына 1820 млрд кВт/сағ деп бағаланады.

Жер көлемі үлкен, халық тығыздығы аз аймақ үшін бірнеше электр энергетикалық жүйе құрып, соларды параллель жұмыс істетіп пайдалану, қуатты электр стансасын салып үлкен желі тартқанға қарағанда энергия шығыны бойынша тиімді .



1-сурет. Қазақстанның жел атласы

**Бетц заңы немесе желден алынатын максималды энергия**

Өкінішке орай, жел ағынынан барлық энергияны жел жылдамдығы бойынша алу мүмкін емес. Іс жүзінде энергия алу процессін жақсырақ түсінуге тырысайық. Алдымен, егер оның жылдамдығы қандай да бір түрде өзгерсе, цилиндрлік ауа массасына не болатынын ойластырайық. Цилиндрдің диаметрі жылдамдықтың өзгеруіне сәйкес өзгеретіні белгілі болды (мұнда пішін цилиндрлік болып қалады деп жанама түрде болжаймыз).

$$m = \rho V = \rho \pi R^2 h = \rho \pi R^2 v_{ж} t \tag{1}$$

мұндағы

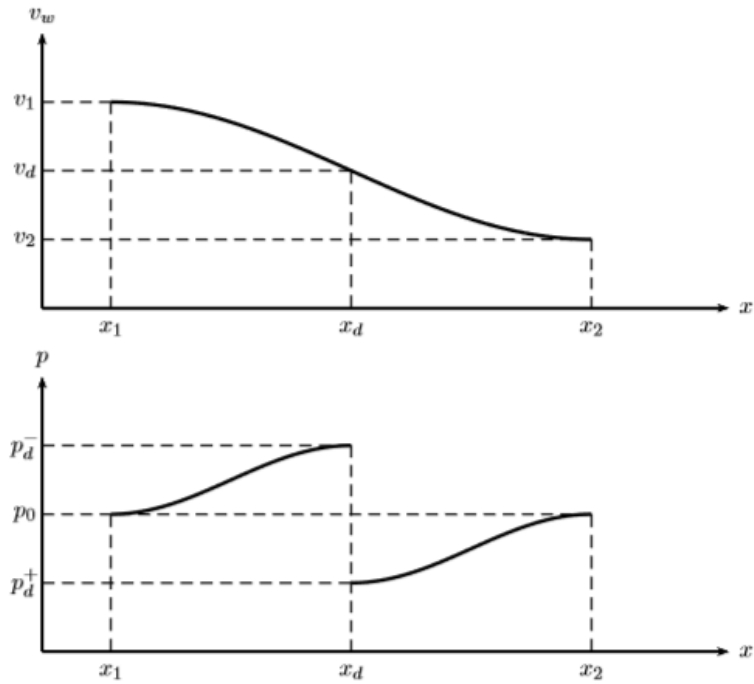
m - цилиндрлік ауа массасы

$v_{ж}$  – жел жылдамдығы

Бернулли заңы:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = const$$

Жел диірмені горизантал орналасқандықтан  $h=0$ .



2-сурет. Жел жылдамдығының және статикалық қысымның жоғары ағыннан төменге қарай өзгеруі

Диск статикалық қысымның қадамдық өзгерісін енгізеді, осылайша қысым одан кейін бірден  $p_d^+$  дейін төмендейді және төменгі ағында  $p_0$  мәніне жеткенше артады. Жетек дискінің екі жағындағы қысымның бұл айырмашылығы солға бағытталған

$$F = (p_d^- - p_d^+) \pi R_d^2 \quad (2)$$

кедергі күшінен туындайды және

$$P_d = F v_d \quad (3)$$

дискіден қуатты үздіксіз алынуына әкеледі (шығындар болмаса).

$$p_0 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_d^- + \frac{\rho v_d^2}{2}$$

және

$$p_0 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_d^+ + \frac{\rho v_d^2}{2}$$

$$p_d^- - p_d^+ = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)$$

$$F = \frac{1}{2} \rho \pi R_d^2 (v_1^2 - v_2^2) \quad (4)$$

Жетек дискісінің кедергі күші ағынның импульсін азайтады және бұл азаю кіріс және шығыс импульс жылдамдығы арасындағы айырмашылыққа байланысты болуы мүмкін.

$$F = m(v_1 - v_2) \quad (5)$$

Диск орналасқан жердегі массалық ағын жылдамдығының өрнегі:

$$m = \rho \pi R_d^2 v_d \quad (6)$$

(4) пен (5) формулаларын теңестіру арқылы:

$$v_d = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

Жел диірмені қуаты:

$$P = F v_d = \frac{1}{4} \rho \pi R_d^2 (v_1 - v_2)(v_1 + v_2)^2$$

Бұл  $P = P(v_2)$  түріндегі теңдеу және оның максималды нүктесі  $dP/dv_2$  туындысын нөлге теңестіру арқылы алынады.

$$a = \frac{1}{4} \rho \pi R_d^2,$$

$$P(v_2) = a(v_1 - v_2)(v_1 + v_2)^2$$

$$P(v_2) = a(v_1^2 - v_2^2)(v_1 + v_2) = a$$

$$v_1^3 - av_2^2 v_1 + av_1^2 v_2 - av_2^3$$

$$P'(v_2) = -2av_2 v_1 + av_1^2 - 3av_2^2$$

Максималды нүктені табу үшін туындыны 0-ге теңестіреміз:

$$P'(v_2) = 0$$

$$-2v_2 v_1 + v_1^2 - 3v_2^2 = 0$$

$$v_2^2 - 2v_2 v_1 + v_1^2 - 4v_2^2 = 0$$

$$(v_2 - v_1)^2 - 4v_2^2 = 0$$

$$v_2 - v_1 = 2v_2$$

$$3v_2 = v_1$$

$$v_2 = \frac{v_1}{3}$$

$$P_{max} = \frac{1}{4} \rho \pi R_d^2 \left( v_1 - \frac{v_1}{3} \right) \left( v_1 + \frac{v_1}{3} \right)^2 = \frac{1}{4} \rho \pi R_d^2 \frac{2v_1}{3} * \frac{16v_1^2}{9}$$

$$P_{max} = \frac{16}{27} * \rho \pi R_d^2 v_1^3$$

### Пайданылган әдебиеттер тізімі

1. Казахстан карта атлас. <https://triptonkosti.ru/19-foto/kazakhstan-karta-atlas.html>.
2. Fundamentals of Wind Energy Conversion for Electrical Engineers. Dionysios C. Aliprantis. School of Electrical and Computer Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN 47907.
3. [https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P080000060\\_](https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P080000060_)

### ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

*Әбдезім Ақылжан*

*В настоящее время исследования в области зеленой энергетики находятся на пике своего развития. Ее основное преимущество заключается в том, что она не создает вредных отходов для окружающей среды и не причиняет значительного ущерба даже в случае аварий. В условиях низкой плотности населения и больших территорий развивающихся стран зеленая энергетика может способствовать экономической эффективности сельского хозяйства. В статье рассматриваются многочисленные исследования в этой области, а также развитие производства в сфере зеленой энергетики.*

**Ключевые слова:** закон Бетца, закон Бернулли, поток ветра, производная, максимальная точка.

### WIND ENERGY

*Abdezim Akylzhan*

*Currently, research in the field of green energy is at the peak of its development. Its main advantage is that it does not create harmful waste for the environment and does not cause significant damage even in case of accidents. In low population*

*density and large areas of developing countries, green energy can contribute to the economic efficiency of agriculture. The article discusses the numerous studies in this field and the development of green energy production.*

**Keywords:** Betz's law, Bernoulli's law, wind flow, derivative, maximum point.

### References

1. Kazakhstan map atlas. <https://triptonkosti.ru/19-foto/kazahstan-karta-atlas.html>.
2. Fundamentals of Wind Energy Conversion for Electrical Engineers. Dionysios C. Aliprantis. School of Electrical and Computer Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN 47907.
3. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P080000060>