

FTAMP 55.13.17

Б.А. Қойайдаров¹ – негізгі автор, | ©
Н.Д. Абильдаева², А.А. Қойайдаров³¹Техн. ғылым. канд., профессор, ²Магистр, аға оқытушы, ³Студент

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0001-6433-5350>; ²<https://orcid.org/0000-0003-4222-9834>

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті



Тараз қ., Қазақстан Республикасы

¹koiaidarov_49@mail.ru, ²abildaevanagima@mail.ru<https://doi.org/10.55956/SSSB4700>

ҮШ ЦИЛИНДР ҚАЛАҚТЫ ЖЕЛДӨНГЕЛЕК

Аңдатпа. Үш цилиндр қалақты желдөңгелектің схемасы және есептеу әдістемесі құрылған.

Тірек сөздер: желдөңгелек, цилиндр, қалақ, қуат, күш, момент, иін, жел.



Қойайдаров, Б.А. Үш цилиндр қалақты желдөңгелек [Мәтін] / Б.А. Қойайдаров, Н.Д. Абильдаева, А.А. Қойайдаров // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2021. – №4(74). – Б.12-18. <https://doi.org/10.55956/SSSB4700>

Кіріспе. Желқозғалтқыш неғұрлым кіші габаритпен үлкен қуат беретін болса тиімді. Бұлай болу үшін оның желдөңгелегі кірген желдің жолын жауып, үлкен қарсылықпен бөгейтін болу керек.

Желдөңгелек құрылысы қарапайым, желге қарсылығы жоғары қалақпен кірген желді бос жібермейтін схемамен құрамдалса тиімді болады. Желге қарсылығы жоғары, құрылысы қарапайым қалақтарға пластина және цилиндр қалақтар жатады [1].

Цилиндр қалақтың артықшылығы желге бағыттауды керек етпейді. Сондықтан желдөңгелекті цилиндр формалы қалақтармен жабдықтау ұсынылды [2].

Зерттеу шарты мен әдістемесі. Желдөңгелектегі цилиндр қалақтар саны екіден кем болмау керек. Сонда желдөңгелектің жел жүретін қуысында барлық уақытта бір цилиндр қалақ желмен әрекеттеседі. Жалпы желдөңгелектегі цилиндр қалақтар саны зерттелетін мәселе. Желмен бір кезде әрекеттесетін қалақтар саны көп болған сайын желдөңгелектің желден алатын қуаты артады.

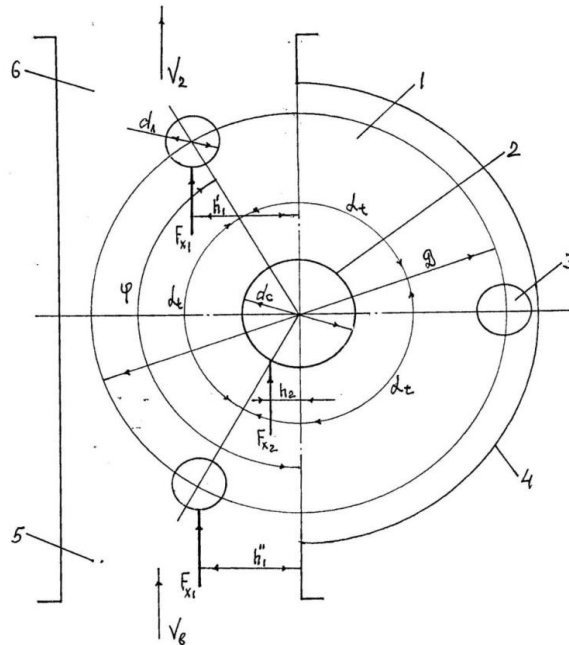
Зерттеуге шеңберге біркелкі орналасқан үш цилиндр формалы қалақтармен жабдықталған желдөңгелек таңдалды (1-сурет).

Цилиндр қалақтар 3 қуыс біліктің 2 екі шетіне орнатылған дискілерге 1 пісіріліп бекітіледі. Желдөңгелектің жел өтуге болмайтын бөлігі қоршаумен 4 жабылады. Қоршауда 4 жел келетін 5 және жел кететін 6 қуыстар қарастырылған.

Цилиндр қалақтарға 3 және қуыс білікке 2 түскен желдің күші желдөңгелекті айналдырады

$$M_e = M_1' + M_1'' + M_2, \quad (1)$$

мұнда: M_1', M_1'' – 1-ші және 2-ші цилиндр қалақтар беретін бұрау моменттері;
 M_2 – қуыс білік беретін бұрау моменті.



Сурет 1. Үш цилиндр қалақты желқозғалтқыш схемасы

Цилиндр қалаққа түсетін желдің күші

$$F_{x_1} = 0,5 \cdot C_x \cdot p \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot d_n \cdot H \cdot V^2,$$

мұнда $C_x = 0,64$, $p = 1,25 \text{ кг/м}^3$, $\pi = 3,14$ [1].

Сонда

$$F_{x_1} = 0,628 \cdot d_n \cdot H \cdot V^2. \quad (2)$$

1-ші қалаққа түсетін жел күшінің иіні (1-сурет)

$$h' = 0,5 \cdot D \cdot \sin \varphi. \quad (3)$$

2-ші қалаққа түсетін желдің күшінің иіні

$$h'' = 0,5 \cdot D \cdot \sin(\varphi - \alpha_i). \quad (4)$$

1-ші қалаққа түсетін желдің күшінің моменті

$$M_1' = 0,314 \cdot d_n \cdot H \cdot V^2 \cdot D \cdot \sin \varphi. \quad (5)$$

2-ші қалаққа түсетін желдің күшінің моменті

$$M_1'' = 0,314 \cdot d_n \cdot H \cdot V^2 \cdot D \cdot \sin(\varphi - \alpha_i), \quad (6)$$

мұнда: d_n – цилиндр диаметрі, м; H – желдөңгелектің ұзындығы, м; V – желдің түсу жылдамдығы, м/с; D – цилиндр қалақтардың желдөңгелектегі орналасу диаметрі, м; φ – қалақтың жел жүретін қуысқа орналасу бұрышы, град; α_i – қалақтардың өзара орналасу бұрышы, град.

Қуыс білікке түсетін желдің күші:

$$F_{x_2} = 0,5 \cdot C_x \cdot p \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d_c \cdot H \cdot V^2;$$

$$C_x = 0,64, \quad p = 1,25 \text{ кг/м}^3, \quad \pi = 3,14 \text{ екенін ескергенде}$$

$$F_{x_2} = 0,314 \cdot d_c \cdot H \cdot V^2, \quad (7)$$

мұнда d_c – біліктің диаметрі.

$$\text{Білікке түсетін күштің иіні } h_2 = 0,25 \cdot d_c.$$

Білікке түсетін желдің күшінің моменті:

$$M_2 = F_{x_2} \cdot h_2 = 0,314 \cdot d_c \cdot H \cdot V^2 \cdot 0,25 \cdot d_c;$$

$$M_2 = 0,08 \cdot d_c^2 \cdot H \cdot V^2, \quad (8)$$

мұнда d_c – қуыс біліктің диаметрі.

(5), (6) және (8) формулаларды (1) теңдеуге қойып, желдөңгелектің моментін анықтаймыз:

$$M_6 = 0,314 \cdot d_d \cdot H \cdot V^2 \cdot D \cdot \sin \varphi + 0,314 \cdot d_d \cdot H \cdot V^2 \cdot D \cdot \sin \cdot (\varphi - \alpha_t) +$$

$$+ 0,08 \cdot d_c^2 \cdot H \cdot V^2;$$

$$M_6 = H \cdot V^2 \cdot (0,314 \cdot d_d \cdot [\sin \varphi + \sin \cdot (\varphi - \alpha_t)] + 0,08 \cdot d_c^2). \quad (9)$$

Желдөңгелектің жел өтетін жартысындағы қалақтар жұмыста болады. Жұмыстағы қалақтың бұрыштық жолы $\varphi_u = 180^\circ$.

Желдөңгелекке біркелкі орналасқан қалақтардың аралық бұрышы

$$\alpha_t = \frac{2\pi}{z_d}, \quad (10)$$

мұнда z_d – желдөңгелектің қалақтарының саны.

Желдөңгелектің желді зонасында жұмыста болатын қалақтар саны

$$z_p = \frac{\varphi_u}{\alpha_t}. \quad (11)$$

Егер $\alpha_t = \varphi_u$ болса, онда барлық уақытта жұмыста тек бір қалақ болады, ал егер, $\alpha_t < \varphi_u$, $z_p > 1$ және бүтін сан болса, онда сонша қалақ барлық уақытта жұмыс жасайды.

Егер желдөңгелектегі қалақтар саны (z_d) тақ сан болса, онда жұмыста болатын қалақтар саны (z_p) бөлшек сан болады. Мұндай кезде бөлшектің бүтін санындай қалақтар саны барлық уақытта жұмыс жасаса, ал бөлшек сан жетпеген бүтін сандай қалақтар саны жұмыс жасайтын уақыттың бір үлесінде ғана жұмыс жасайды.

Желдөңгелектегі қалақтар саны тақ сан болғанда желді зонадан өтетін қалақтар саны екі түрлі болып, циклмен өзгеріп тұрады. Желді зонадан саны жоғары қалақтар жүретін бұрыштық жол

$$\varphi_u' = \varphi_u - \alpha_t. \quad (12)$$

Сонда саны жоғары қалақтардың бұрыштық жолының жүрілетін бұрыштық жолдағы үлесі:

$$\Delta = \frac{\varphi_u'}{\varphi_u} = \frac{180^\circ - \alpha_t}{180^\circ} = 1 - \frac{\alpha_t}{180^\circ};$$

$$\Delta = 1 - \frac{\alpha_i}{180^\circ}. \quad (13)$$

Үш цилиндр қалақты желдөңгелек үшін:

$$\alpha_i = \frac{2\pi}{z_i} = \frac{360^\circ}{3} = 120^\circ.$$

Жұмыста болатын қалақтар саны

$$z_p = \frac{\varphi_{\text{н}}}{\alpha_i} = \frac{180^\circ}{120^\circ} = 1,5.$$

Жұмыста бір және екі қалақ кезекпен болады.

Екі қалақ жұмыста болатын бұрыштық жолдың үлесі:

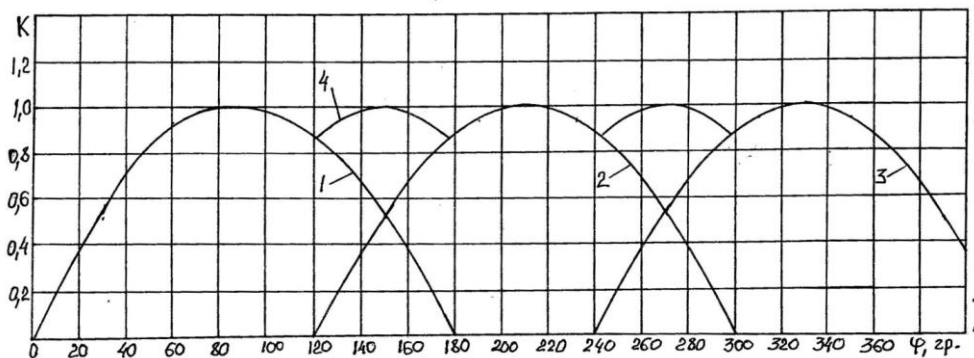
$$\Delta = 1 - \frac{120}{180} = 0,33.$$

Екі цилиндр қалақ жалпы бұрыштық жолдың 33% жұмыс жасайды, сондықтан 2-ші қалақтың моменті $\varphi - \alpha_i > 0$ болғанда (1) теңдеуге қосылады.

Зерттеу нәтижелері. Цилиндр қалақтар желдөңгелекке беретін бұрау моменті тұрақты болмайтыны (9) формуладан көрініп тұр. Желдөңгелектің моментін тұрақсыздандыратын параметр

$$k = \text{Sin} \varphi + \text{Sin} \cdot (\varphi - \alpha_i). \quad (14)$$

Тұрақсыздандыратын параметрдің графигі 2-суретте келтірілді.



1, 2, 3 – қалақтар моменттерінің аналогы; 4 – графиктердің қосылуы (моменттердің қосылуы).

Сурет 2. Үш цилиндр қалақты желдөңгелек қалақтарының моменттері графиктерінің аналогы

Цилиндр қалақтардың бұрау моменттері синусоида заңымен өзгереді, олар бұрыштық адымнан (α_i) кейін қосылып, желдөңгелекте болатын бұрау моментінің графигін береді.

Тұрақсыздандыру параметрінің (k) графигі желдөңгелектің цилиндр қалақтардан алатын моментінің графигінің аналогі болады. Бұл моменттің өзгеру шамасы үлкен емес $k = 0,87 \div 1,0$.

Сондықтан бұл өзгеруді қуыс біліктің моменті (M_2) және желдөңгелектің сермеу моменті түзетуі мүмкін.

Желдөңгелектің сермеу моментін цилиндр қалақтар мен дискілердің инерциялық моменттері береді. Желдөңгелектің инерциялық моменті

$$I = z_n \cdot I_n + z_o \cdot I_o, \quad (15)$$

мұнда: I_n – қалақтың инерциялық моменті, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; z_o – дискілер саны; I_o – дискінің инерциялық моменті, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Дискінің инерциялық моменті:

$$\partial I_o = \partial m_o \cdot \rho^2 = 2\pi \cdot \delta_o \cdot \gamma \cdot R^3 \cdot dR;$$

Оны интегралдай отырып мынаны аламыз:

$$I_o = \int_{\frac{d_c}{2}}^{\frac{D_o}{2}} 2\pi \cdot \delta_o \cdot \gamma \cdot R^3 \cdot dR = 2\pi \cdot \delta_o \cdot \gamma \cdot \frac{R^4}{4} \Big|_{\frac{d_c}{2}}^{\frac{D_o}{2}};$$

осыдан

$$I_o = \frac{\pi}{32} \cdot \delta_o \cdot \gamma \cdot (D_o^4 - d_c^4);$$

немесе

$$I_o = 0,1 \cdot \delta_o \cdot \gamma \cdot (D_o^4 - d_c^4), \quad (16)$$

мұнда: δ_o – дискі қалыңдығы, м; γ – дискінің материалының тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; D_o – желдөңгелектің диаметрі, м; d_c – қуыс біліктің диаметрі, м.

Цилиндр қалақтың инерциялық моменті, желдөңгелек айналатын өске катысты

$$I_n = m_n \cdot \frac{D^2}{4}.$$

Қалақтың массасы $m_n = \pi \cdot d_n \cdot \delta_n \cdot H \cdot \gamma$.

Осыны ескергенде

$$I_n = 0,25 \cdot \pi \cdot d_n \cdot \delta_n \cdot H \cdot \gamma \cdot D, \quad (17)$$

мұнда: δ_n – қалақ цилиндрінің қалыңдығы, м; D – қалақтың желдөңгелекке орналасу диаметрі, м; γ – қалақ материалының тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$.

(16) және (17) формулаларды (15) теңдеуге қойып, желдөңгелектің инерциялық моментін есептейтін формуланы аламыз

$$I = \gamma \cdot [0,1 \cdot \delta_o \cdot (D_o^4 - d_c^4) \cdot z_o + 0,785 \cdot d_n \cdot \delta_n \cdot H \cdot D^2 \cdot z_n]. \quad (18)$$

Желдөңгелектегі сермеу моменті

$$G \cdot D^2 = 4 \cdot g \cdot I, \quad (19)$$

мұнда: G – желдөңгелектің салмақ күші, Н; D – қалақтардың орналасу диаметрі, м; g – еркін түсу үдеуі, $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$; I – желдөңгелектің инерциялық моменті, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Желдөңгелектің желден алатын қуаты

$$N_e = \eta \cdot (z_p \cdot N_1 + N_2), \quad (20)$$

мұнда: η – пайдалы әсер коэффициенті; N_1 – қалаққа түсетін желдің қуаты, Вт; z_p – жұмыстағы қалақтар саны; N_2 – желдөңгелектің білігіне түсетін желдің қуаты, Вт.

Қалаққа түсетін жел күшінің қуаты

$$N_1 = F_{x_1} \cdot V,$$

(2) формуланы ескергенде

$$N_1 = 0,63 \cdot d_n \cdot H \cdot V^3. \quad (21)$$

Қуыс білікке түсетін желдің күшінің қуаты

$$N_2 = F_{x_2} \cdot V,$$

(7) формуланы ескергенде

$$N_2 = 0,314 \cdot d_c \cdot H \cdot V^3. \quad (22)$$

Желдөңгелектің қуаты

$$N_e = 0,314 \cdot H \cdot V^3 \cdot \eta \cdot (2 \cdot d_n \cdot z_p + d_c) \quad (23)$$

Желдөңгелектің бұрыштық жалдамдығы

$$\omega_e = \frac{N_e}{M_e};$$

(23) және (9) формулаларды қойып келесі теңдеуді аламыз

$$\omega_e = \frac{0,314 \cdot V \cdot \eta \cdot (2 \cdot d_n \cdot z_p + d_c)}{0,314 \cdot d_n \cdot [\sin \varphi + \sin \cdot (\varphi - \alpha_i)] + 0,08 \cdot d_c^2} c^{-1}. \quad (24)$$

Желдөңгелектің қуат беретін параметрін (23) формуладан анықтауға болады

$$H \cdot (2 \cdot d_n \cdot z_p + d_c) = \frac{N_e}{0,314 \cdot V^3 \cdot \eta}. \quad (25)$$

Қорытынды:

1) Желдөңгелектегі қалақтардың саны тақ сан болғанда жұмыста болатын қалақтар саны екі түрлі болып, циклмен өзгеріп тұрады;

2) Үш цилиндр қалақты желдөңгелекте жұмыста кезекпен бір және екі қалақ болады. Желді зонаның 33% жолында екі қалақ жұмыста болады;

3) Цилиндр қалақтар саны көбейген сайын желдөңгелектің моменті тұрақтанады;

4) Цилиндр қалақтың желдөңгелекке түсіретін моменті синусоида заңымен өзгереді;

5) Үш цилиндр қалақты желдөңгелектің моментін тұрақты деп есептеуге болады, сондықтан, желқозғалтқыш құруға ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Фолькер, К. Системы возобновляемых источников энергии [Текст] / К. Фолькер / Пер. с нем. – Астана: Фолиант, 2013. – 432 с.
2. Жолдыбаев, М.О. Тік өсті, көп қалақты желқозғалтқыш құру [Мәтін] / М.О. Жолдыбаев. Магистрлік диссертация. – Тараз: ТарМУ, 2020.

Материал редакцияға 03.11.21 түсті.

Б. А. Койайдаров, Н.Д. Абильдаева, А.А. Койайдаров

Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ВЕТРОКОЛЕСО С ТРЕМЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ЛОПОСТЯМИ

Аннотация. Представлено описание разработанной схемы ветроколеса с тремя цилиндрическими лопостями и методика его расчета.

Ключевые слова: ветроколесо, цилиндр, лопасть, ветер, сила, момент, мощность, плечо.

B.A. Koiaidarov, N.D. Abildayeva, A.B. Koiaidarov

Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan

WIND WHEEL WITH THREE CYLINDRICAL BLADES

Abstract. The description of the developed scheme of a wind wheel with three cylindrical blades and the method of its calculation are presented.

Keywords: wind wheel, cylinder, blade, wind, force, moment, power.

References

1. Volker Kuachning. Sistemy vozobnovlyаемых источников энергии [Renewable energy systems] / Transl. from German. - Astana: Foliant, 2013. – 432 p. [in Russian].
2. Zholdybaev M.O. Sozdanie vertikal'noj mnogolopastnoj vetrjanoj turbiny [Creating a vertical, multi-bladed wind turbine] / Master's dissertation. - Taraz: TarSU, 2020. [in Russian].