

УДК 55.33.37 621; МРНТИ 55.33.37; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.09>
<https://orcid.org/0009-0002-0137-228X1>
<https://orcid.org/0009-0007-4944-18502>
<https://orcid.org/0000-0002-6628-024X3>
<https://orcid.org/0009-0001-5793-38004>
<https://orcid.org/0009-0004-4181-95035>
<https://orcid.org/0009-0002-4850-42946>

МҰНАЙ-ГАЗ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ОРТАЛЫҚТАН ТЕПКІШ СОРҒЫНЫҢ ЖҰМЫС ДӨҢГЕЛЕГІНІҢ САНДЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІ



Ж.К. ЖАНТУРИН,
техника ғылымдарының
кандидаты, қауымдастырылған
профессор,
aing-zhomart@mail.ru



Ш.М. МЕДЕТОВ,
техника ғылымдарының
кандидаты, қауымдастырылған
профессор,
medetov.76@mail.ru



М.Н. АБИШЕВ,
техника ғылымдарының
кандидаты, профессор,
m_abishev_nik@mail.ru



Ж.К. ЗАЙДЕМОВА,
техника ғылымдарының
кандидаты, профессор,
b.n.m.99@list.ru



Г.М. ДОСАНОВА,
оқытушы,
gul_85_85@mail.ru

«С. ӨТЕБАЕВ АТЫНДАҒЫ АТЫРАУ МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ
Қазақстан Республикасы, 060027, Атырау қ., Баймұқанов к., 45 а, 9 - корпус

Мұнай-химия өнеркәсібінің кез келген кәсіпорнында және одан тыс жерлерде технологиялық қондырғылар шегінде сұйық өнімдерді тасымалдау үшін сорғылар қолданылады. Сорғылар мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылауда да қолданылады.

Мұнайды кәсіпшілік даярлау объектілері мен мұнай өңдеу зауыттарындағы орталықтан тепкіш сорғылардың үлесі 80% - дан астамға жетуі мүмкін. Орталықтан тепкіш сорғылар жоғары өнімділікпен, құрылымның қарапайымдылығымен, ықшамдылығымен, әмбебаптығымен, біркелкі берілуді қамтамасыз ететіндігімен, пайдалы әсер коэффициентінің жоғарылығымен (үлкен қондырғылар үшін – 0,75-0,9) және т.б. ерекшеленеді. Орталықтан тепкіш сорғының негізгі элементі білікке орнатылған және электр қозғалтқышының көмегімен қозғалатын иілген қалақтары бар жұмыс дөңгелегі болып табылады. Осыған байланысты орталықтан тепкіш сорғының құрылымын, оның ішінде, оның негізгі элементі – жұмыс дөңгелегін одан әрі жетілдіру, сондай-ақ, осы үрдісте компьютерлердің көмегімен есептеудің заманауи әдістерін қолдану өзекті мәселе болып табылады.

Жұмыс дөңгелегінің құрылымы көбінесе оның n_s жылдамдық коэффициентімен анықталады.

Жылдамдық коэффициентінің жоғарылауымен шығыстағы жұмыс дөңгелегінің салыстырмалы енінің өсуі және оның салыстырмалы сыртқы диаметрінің төмендеуі байқалады, яғни, жұмыс дөңгелегі радиалдыдан осьтікке біртіндеп айналады.

Көп сатылы сорғыға ауысқан кезде жылдамдық коэффициентін анықтау үшін бір сатыдан жасалған арынды қадамдар санына бөлу керек. Бұл факт дереккөзде көрсетілмеген, бұл есептеу кезінде қиындық тудырды.

Орталықтантепкіш сораптардың құрылымын жетілдіруге, компьютерде есептеудің озық әдістерін қолдануға ерекше назар аудару керек. Python - ең танымал жалпы мақсаттағы бағдарламалау тілдерінің бірі. Ол әлемдегі ең жылдам қол жетімді бағдарламалау тілдерінің бірі болып табылады және оны бағдарламалық жасақтама инженерлері, математиктер, деректер талдаушылары, ғалымдар, желілік инженерлер, студенттер және бухгалтерлер қолданады.

Алгоритм мен бағдарлама Python тілінде құрастырылды және бастапқы деректерді пайдалану арқылы нәтиже алынды.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы мынада: "Мұнай-газ өнеркәсібінде қолданылатын орталықтан тепкіш сорғының жұмыс дөңгелегінің сандық есептеулері" тақырыбындағы жұмыстың нәтижелері осы бағытты зерттейтін авторлардың теориялық-зерттеу, аналитикалық және жобалық қызметінің негізі ретінде пайдаланылуы мүмкін. Бұл зерттеудің практикалық маңыздылығының екінші аспектісі зерттеу объектісінің жұмыс істеу механизмін дамыту мақсатында "Мұнай-газ өнеркәсібінде қолданылатын орталықтан тепкіш сорғының жұмыс дөңгелегінің сандық есептеулері" тақырыбы аясында зерттеу нәтижелерін пайдалану мүмкіндігінен тұрады.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: мұнайгаз өнеркәсібі, орталықтан тепкіш сорғы, жұмыс дөңгелегі, Python бағдарламалау тілі.

ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЕТЫ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА, ПРИМЕНЯЕМОГО В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ш.М. МЕДЕТОВ, кандидат технических наук, ассоциированный профессор,
medetov.76@mail.ru

Ж.К. ЖАНТУРИН, кандидат технических наук, ассоциированный профессор,
aing-zhomart@mail.ru

Ж.К. ЗАЙДЕМОВА, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, *b.n.m.99@list.ru*
М.Н. АБИШЕВ, кандидат технических наук, ассоциированный профессор,
m_abishev_nik@mail.ru
Г.М. ДОСАНОВА, преподаватель, *gul_85_85@mail.ru*

НАО «АТЫРАУСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА ИМЕНИ САФИ УТЕБАЕВА»
 Республика Казахстан, 060027, г. Атырау, ул. Баймуханова, 45а, 9 корпус

Для транспортировки жидких продуктов в пределах технологических установок внутри любого предприятия нефтехимической промышленности и за его пределы используются насосы. Насосы также применяются и при бурении нефтяных и газовых скважин.

Доля центробежных насосов на объектах промышленной подготовки нефти и нефтеперерабатывающих заводах может достигать более 80 %.

Центробежные насосы отличаются высокой производительностью, простотой конструкции, компактностью, универсальностью, равномерной подачей, высоким коэффициентом полезного действия (для крупных агрегатов – 0,75-0,9) и др. Основным элементом центробежного насоса является рабочее колесо с изогнутыми лопатками, насаженное на вал и приводимое в движение при помощи электродвигателя. В связи с этим дальнейшее усовершенствование конструкции центробежного насоса, в том числе его основного элемента – рабочего колеса, а также применение в этом процессе современных методов расчета с помощью ЭВМ является актуальной задачей.

Конструкция колеса в значительной степени определяется его коэффициентом быстроходности n_s .

При увеличении коэффициента быстроходности наблюдаются возрастание относительной ширины лопасти рабочего колеса на выходе и уменьшение относительного наружного диаметра его, т.е. рабочее колесо преобразуется последовательно из радиального в осевое.

Для определения коэффициента быстроходности при переходе на многоступенчатый насос нужен напор, создаваемый одной ступенью, и разделить на число ступеней. Данный факт не отражен в источнике, что вызвало затруднение при расчете.

Совершенствованию конструкции центробежных насосов, применению передовых методов расчета на ЭВМ должно уделяться особое внимание. Python – один из самых популярных языков программирования общего назначения. Он входит в число самых быстродействующих языков программирования в мире и используется инженерами-программистами, математиками, аналитиками данных, учеными, сетевыми инженерами, студентами и бухгалтерами.

Составлены алгоритм и программа на языке Python и, используя исходные данные, получен результат.

Практическая значимость исследования заключается в том, что результаты выполненной работы на тему "Численные расчеты рабочего колеса центробежного насоса, применяемого в нефтегазовой промышленности" могут использоваться в качестве базы теоретико-исследовательской, аналитической и проектной деятельности авторов, изучающих данное направление. Второй аспект практической значимости данного исследования состоит в возможности использования результатов исследования в рамках темы "Численные расчеты рабочего колеса центробежного насоса, применяемого в нефтегазовой промышленности" в целях развития механизма функционирования исследуемого объекта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтегазовая промышленность, центробежный насос, рабочее колесо, язык программирования Python.

NUMERICAL CALCULATIONS OF THE IMPELLER OF A CENTRIFUGAL PUMP USED IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Sh.M. MEDETOV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, medetov.76@mail.ru

Zh.K. ZHANTURIN, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, aing-zhomart@mail.ru

Zh.K. ZAIDEMOVA, candidate of Technical Sciences, Professor, b.n.m.99@list.ru

M.N. ABISHEV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, m_abishev_nik@mail.ru

G.M. DOSANOVA, Teacher, gul_85_85@mail.ru

ATYRAU UNIVERSITY OF OIL AND GAS NAMED AFTER SAFI UTEBAYEV
Republic of Kazakhstan, 060027, Atyrau, Baymukhanova str., 45a, Building 9

Pumps are used to transport liquid products within technological installations inside and outside any petrochemical industry enterprise. Pumps are also used in drilling oil and gas wells.

The share of centrifugal pumps at field oil treatment facilities and refineries can reach more than 80%. Centrifugal pumps are characterized by high performance, simplicity of design, compactness, versatility, uniform flow, high efficiency (for large units – 0.75-0.9), etc. The main element of a centrifugal pump is an impeller with curved blades mounted on a shaft and driven by an electric motor. In this regard, further improvement of the design of the centrifugal pump, including its main element – the impeller, as well as the use of modern computer-based calculation methods in this process is an urgent task.

The design of the wheel is largely determined by its speed coefficient n_s .

*With an increase in the speed coefficient, an increase in the relative width of the impeller blade at the outlet and a decrease in its relative outer diameter, *t*, *e*. the impeller is converted sequentially from radial to axial.*

To determine the speed coefficient when switching to a multistage pump, the pressure created by one stage should be divided by the number of stages. This fact is not reflected in the source, which caused difficulty in the calculation.

Special attention should be paid to improving the design of centrifugal pumps and the use of advanced computer calculation methods. Python is one of the most popular general-purpose programming languages. It is among the fastest available programming languages in the world and is used by software engineers, mathematicians, data analysts, scientists, network engineers, students and accountants.

An algorithm and a program in Python were compiled and the result was obtained using the source data.

The practical significance of the research lies in the fact that the results of the work performed on the topic "Numerical calculations of the impeller of a centrifugal pump used in the oil and gas industry" can be used as a base for theoretical research, analytical and design activities of authors studying this area. The second aspect of the practical significance of this study is the possibility of using the results of the study within the framework of the topic "Numerical calculations of the impeller of a centrifugal pump used in the oil and gas industry" in order to develop the mechanism of functioning of the object under study.

KEY WORDS: oil and gas industry, centrifugal pump, impeller, Python programming language.

К іріспе. Мұнай-химия өнеркәсібінің кез келген кәсіпорнында және одан тыс жерлерде технологиялық қондырғылар шегінде сұйық өнімдерді тасымалдау үшін сорғылар қолданылады. Сорғылар мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылауда да қолданылады [1].

Сорғылар-қозғалтқыштың механикалық энергиясын қозғалатын сұйықтықтың энергиясына айналдыратын, оның қысымын арттыратын гидравликалық машиналар; қысым айырмашылығын жасайды және сұйықтықтың қозғалысын туғызады.

Мұнай өңдеу, мұнай-химия және химия өнеркәсібінде орталықтан тепкіш және поршеньді (плунжерлі) сорғылар кеңінен қолданылады; олар негізгі ағындарды жылжыту үшін қолданылады.

Мұнайды кәсіпшілік даярлау объектілері мен мұнай өңдеу зауыттарындағы орталықтан тепкіш сорғылардың үлесі 80%-дан астамға жетуі мүмкін. Орталықтан тепкіш сорғылар жоғары өнімділікпен, құрылымның қарапайымдылығымен, ықшамдылығымен, әмбебаптылығымен, біркелкі берілімді қамтамасыз ететіндігімен, пайдалы әсер коэффициентінің жоғарылығымен (үлкен қондырғылар үшін – 0,75-0,9) және т.б. ерекшеленеді.

Орталықтан тепкіш сорғының негізгі элементі білікке орнатылған және электр қозғалтқышының көмегімен қозғалатын иілген қалақтары бар жұмыс дөңгелегі болып табылады. Осыған байланысты орталықтан тепкіш сорғының құрылымын, оның ішінде оның негізгі элементі – жұмыс дөңгелегін одан әрі жетілдіру, сондай-ақ, осы үрдісте компьютерлердің көмегімен есептеудің заманауи әдістерін қолдану өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу материалдары мен әдістеріне отандық және шетелдік ғылыми-танымдық және анықтамалық әдебиеттерге терең шолу жасау, осының негізінде орталықтантепкіш сорғының құрылымдарына талдау жүргізулер, сондай-ақ, Python бағдарламалау тілінде орталықтан тепкіш сораптың сандық есептеуін орындап, нәтижелер алу жатады.

Нәтижелерді талқылау. Мақала Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университетінің профессорлық – оқытушылар құрамы алдында талқыланды және баспаға беруге ұсынылды.

Орталықтан тепкіш сораптың жұмыс дөңгелегінің құрылымы, көбінесе, оның n_s тезжүрістілік коэффициентімен анықталады. Тезжүрістілік коэффициентіне байланысты қалақ сорғыларының жұмыс дөңгелектері шартты түрде бес негізгі түрге бөлінеді: төмен жылдамдықты дөңгелек, $n_s = 40 \div 80$; қалыпты дөңгелек, $n_s = 80 \div 150$; тезжүрісті дөңгелек, $n_s = 150 \div 300$; диагональды дөңгелек, $n_s = 300 \div 600$; осьтік немесе пропеллерлі дөңгелек, $n_s = 600 \div 1200$.

Тезжүрістілік коэффициенті төмендегі формуламен анықталады:

$$n_s = n\sqrt{Q}/(gH_{cm})^{3/4}, \quad (1)$$

мұндағы H_{cm} – бір саты туғызатын арын; n – дөңгелектің айналу жиілігі; Q – сораптың берілімі.

Тезжүрістілік коэффициентінің жоғарылауымен шығыстағы жұмыс дөңгелегінің салыстырмалы енінің өсуі және оның салыстырмалы сыртқы диаметрінің төмендеуі байқалады, яғни, жұмыс дөңгелегі радиалдыдан осьтікке біртіндеп айналады.

Берілген Q берілімімен және H арынымен жұмыс істеуге арналған орталықтан тепкіш сорғы дөңгелегі оның айналу жиілігі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым жоғары жылдамдыққа ие болады. Айналу жиілігі жоғары болса, сораптардың және қозғалтқыштардың өлшемдері шағын және массалары аз болады, әрі агрегаттардың пайдалы әсер коэффициенттері жоғары болады. Сондықтан n_s жоғары жылдамдықты жұмыс дөңгелектерін пайдалану экономикалық тұрғыдан тиімді.

Берілген айналу жиілігінде жұмыс дөңгелегі туғызатын берілім неғұрлым көп болса және арын неғұрлым аз болса, тезжүрістілік коэффициенті соғұрлым жоғары болады. Сондықтан тезжүрістілік коэффициенті жоғары жұмыс дөңгелектері төмен арынды болып табылады және үлкен берілімді береді.

Орталықтан тепкіш сорғыны конструктивті жобалау кезінде жұмыс дөңгелегі мен бұрудың (немесе бағыттаушы аппараттың) ағындық арналарын есептеуді қайтадан жүргізу ұсынылады.

Жұмыс дөңгелегінің ағынды арнасын есептеу реті және $Q = 0,0416 \text{ м}^3/\text{с} = 150 \text{ м}^3/\text{сағ}$; $H = 36 \text{ м}$; $n = 24,16 \text{ с}^{-1}$; $\omega = 152 \text{ рад/с}$; $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ мәліметтері бойынша есептеу мысалы «Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования: Учеб. пособие для вузов / Л.Г. Чичеров, Г.В. Молчанов, А.М. Рабинович и др. – М.: Недра, 1987.- 422 с.» атты оқу құралында егжей-тегжейлі толық баяндалған.

Ондағы D_2/D_1 мәні сорғы түрінің дұрыс таңдалмағанын көрсетеді. Осыған байланысты көп сатылы сорғыны пайдалану ұсынылады. Сондықтан n_s -тен бастап барлық жоғары мәндер сорғының осы түріне қайта есептеледі. (1) формуласы бойынша тезжүрістілік коэффициентін анықтау үшін бұл жағдайда бір сатыдан жасалған арынды қадамдар санына бөлу керек. Бұл қағида дереккөзде көрсетілмеген, бұл есептеу кезінде қиындық тудырады.

Осы дереккөзден көріп отырғанымыздай, есептеу көлемді жуық болды. Сондықтан компьютерлердің көмегімен есептеулерге артықшылық беру керек. Жұмыс дөңгелегін есептеуді Python бағдарламалау тілін қолдану арқылы жасауға болады.

Python – ең танымал жалпы мақсаттағы бағдарламалау тілдерінің бірі. Ол әлемдегі ең жылдам қол жетімді бағдарламалау тілдерінің бірі болып табылады және оны бағдарламалық жасақтама инженерлері, математиктер, деректер талдаушылары, ғалымдар, желілік инженерлер, студенттер және бухгалтерлер қолданады.

Python тілінің келесі артықшылықтары бар [14, 15]:

- * Әзірлеушілер Python бағдарламаларын оңай оқи және түсіне алады, өйткені тілде ағылшын тіліне ұқсас негізгі синтаксис бар.

- * Python әзірлеушілерге өнімдірек болуға көмектеседі, өйткені олар басқа тілдерге қарағанда аз код жолдарын пайдаланып Python бағдарламаларын жаза алады.

- * Python-да кез-келген тапсырма үшін бірнеше рет қолданылатын кодтары бар үлкен стандартты кітапхана бар. Нәтижесінде әзірлеушілерге кодты нөлден жазудың қажеті жоқ.

- * Әзірлеушілер Pythonды басқа танымал бағдарламалау тілдерімен: Java, C және C++ оңай біріктіре алады .

- * Белсенді Python қауымдастығы әлемнің түкпір-түкпірінен миллиондаған қолдау көрсететін әзірлеушілерден тұрады. Егер мәселелер туындаса, қоғамдастық оларды шешуге көмектеседі.

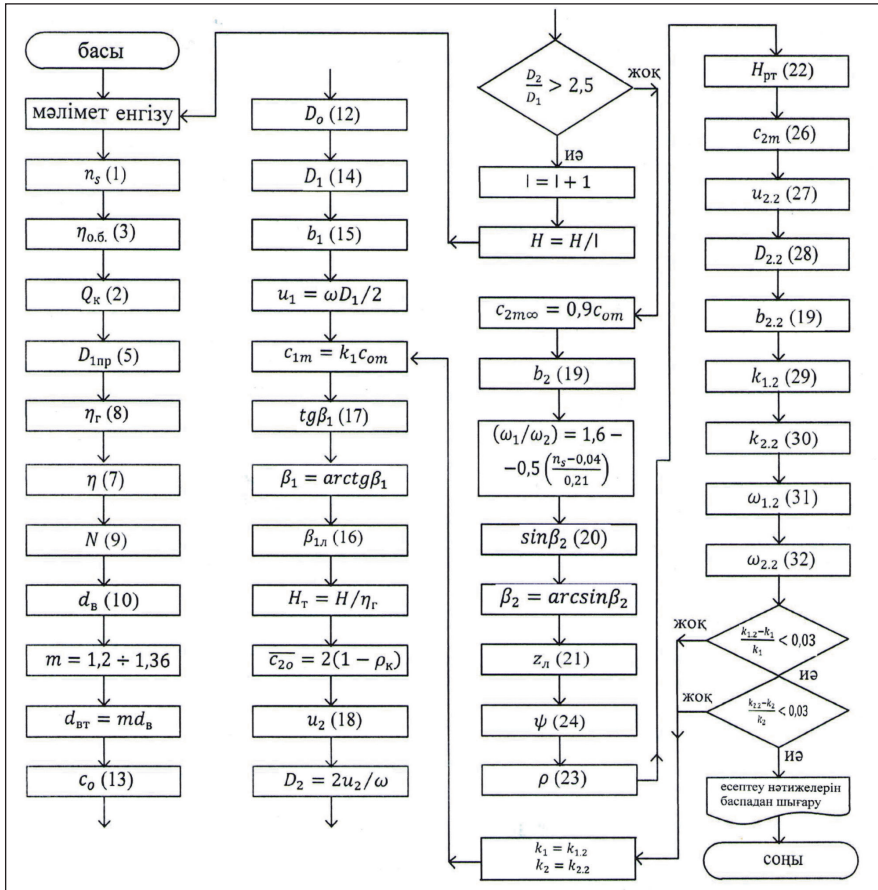
- * Сонымен қатар, Ғаламторда Pythonды үйренуге арналған көптеген пайдалы ресурстар бар. Мысалы, сіз бейнелерді, оқулықтарды, құжаттаманы және әзірлеуші нұсқаулықтарын оңай таба аласыз.

- * Pythonды әртүрлі операциялық жүйелерге: Windows, macOS, Linux және Unix тасымалдауға болады.

Электронды-есептегіш машинаның көмегімен жұмыс дөңгелегінің ағынды бөлігін есептеу алгоритмі *1-суретте* келтірілген.

Осы алгоритмде келтірілген шамалардың атаулары мен мәндері «Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования: Учеб. пособие для вузов / Л.Г. Чичеров, Г.В. Молчанов, А.М. Рабинович и др. – М.: Недра, 1987. - 422 с.» атты оқу құралында толық баяндалған. Бұл зерттеудің мақсаты – осы алгоритм негізінде Python тілінде бағдарлама құру және нәтижені алу үшін бастапқы деректерді пайдалану.

Компьютерге енгізу үшін бастапқы деректер: Q – сорғының берілген берілімі; H – сорғымен туғызылған арын; n – біліктің айналу жиілігі; ω – біліктің бұрыштық жылдамдығы; ρ – сұйықтықтың тығыздығы; k – мәні тәуелділіктің (21) түсіндірмесінде көрсетілген коэффициент; g – ауырлық күшінің үдеуі; n_m – сорғының механикалық п. э. к.; $[\tau]$ – бұралуға арналған білік материалының рұқсат етілген кернеуі; l – сорғының бастапқы қабылданған сатыларының санына тең бөлгіші; k_1 және k_2 – бастапқыда қабылданған ығыстырымдылық коэффициенттері; S_1 және S_2 – қалақ осіне перпендикуляр алынған кіріс және шығыс қалақшасының қалыңдығы; ρ_k – реактивтілік коэффициенті; c_{om} – қалақтарға кірудегі сұйықтықтың абсолютті жылдамдығының меридиандық проекциясы; δ – шабуыл бұрышы.



1 сурет – Жұмыс дөңгелегін есептеу алгоритмі (жақшада есептеу формулаларының нөмірлері берілген)

Бұл мысалда сорғының бір сатысынан екіге немесе одан да көпке ауысу $D_2/D_1 > 2,5$ кезінде болуы керек деп қабылданады; төлкенің диаметрі біліктің диаметрімен және бүтін сандарға (мм) дейін дөңгелектелген m көмекші коэффициентімен анықталады.

Python тіліндегі бағдарлама төменде берілген:

```
import math
# Константалар
g = 9.8
etam = 0.95
tau = 16000000
pi = 3.14
delta = 7
rok = 0.75

# Пайдаланушыдан енгізу сұрауы
q = float(input("Енгізіңіз q: "))
h = float(input("Енгізіңіз h: "))
n = float(input("Енгізіңіз n: "))
omega = float(input("Енгізіңіз omega: "))
ro = float(input("Енгізіңіз ro: "))

# Есептеулер
ns = n * math.sqrt(q) / (3/4 * math.log(math.exp(g * h)))
etao = 1 / (1 + 0.006 * ((-2/3) * math.log(math.exp(ns))))
qk = q / etao
d1 = 0.95 * ((1/3) * math.log(math.exp(qk / n)))
etar = 1 - 0.42 / (math.log(d1) - 0.172)**2
eta = etar * etao * etam
n1 = qk * ro * g * h / eta
db = (1/3) * math.log(math.exp(n1 / (n * tau)))
dbt = 1.2 * db
c0 = 0.95 * (1/3) * math.log(math.exp(qk * n**2))
d0 = math.sqrt(4 * qk / (pi * c0) + dbt**2)
d1 = 0.85 * d0
b1 = qk / (pi * d1 * c0)
u1 = omega * d1 / 2
```

```
Енгізіңіз q: 0.0416
Енгізіңіз h: 36
Енгізіңіз n: 24.16
Енгізіңіз omega: 152
Енгізіңіз ro: 1000
```

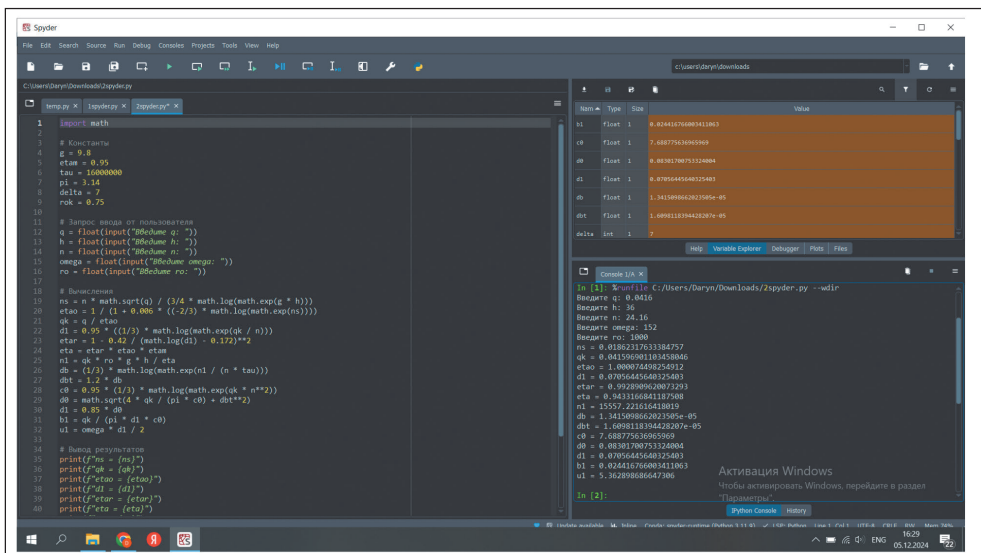

Нәтижелерін қорытындылау

```

ns = 0.01862317633384757
qk = 0.041596901103458046
etao = 1.000074498254912
d1 = 0.07056445640325403
etar = 0.9928909620073293
eta = 0.9433166841187508
n1 = 15557.221616418019
db = 1.3415098662023505e-05
dbt = 1.6098118394428207e-05
c0 = 7.688775636965969
d0 = 0.08301700753324004
d1 = 0.07056445640325403
b1 = 0.024416766003411063
u1 = 5.362898686647306

```

2-суретте бағдарлама листингінің скриншоты берілген.



2 сурет – Бағдарлама листингінің скриншоты

Сонымен, жүргізілген зерттеу негізінде келесі қорытындылар жасауға болады.

Қорытындылар:

1. Анықтамалық-ақпараттық дереккөздерді талдау негізінде Python бағдарламалау тілін қолдана отырып, демеуші орталықтан тепкіш сорғылардың құрылымын одан әрі жетілдірудің мақсаты, құрылымы және қажеттілігі анықталды.

2. Тезжүрістілік коэффициентін анықтау үшін бір сатыдан жасалған арынды қадамдар санына бөлу керек.

3. Python тілінде құрастырылған бағдарламаны "6B07107 – Мұнай және газ өнеркәсібінің машиналары мен жабдықтары" білім беру бағдарламасының бакалав-

рларын даярлаудын оку процесінде де, ғылыми қызметкерлер, инженерлер бұрғылау қондырғысының сорғы-айналым жүйесінің демеуші орталықтан тепкіш сорғыларын есептеу, жетілдіру және пайдалану кезінде өндірісте де пайдалана алады. 🌐

ӘДЕБИЕТ

- 1 Кудайбергенов К.М., Заурбеков С.А., Заурбеков К.С. Совершенствование насосно-циркуляционного комплекса для бурения глубоких скважин // Проблемы современной науки и образования. – №3(85).– 2017. – С.: 41–45. [Kudajbergen K.M., Zaurbekov S.A., Zaurbekov K.S. Sovershenstvovanie nasosno-cirkulyacionnogo kompleksa dlya bureniya glubokih skvazhin // Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya. – №3(85).– 2017. – S.: 41–45.]
- 2 Е.М. Краева. К расчету эксплуатационных параметров центробежных насосов малой быстроходности // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. Авиационная и ракетно-космическая техника. – 2009. – с.168-170. [E.M. Kraeva. K raschetu ekspluatatsionnyh parametrov centrobezhnyh nasosov maloj bystrohodnosti // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva. Aviacionnaya i raketno-kosmicheskaya tekhnika. – 2009. – s.168-170.]
- 3 А.А. Жарковский, Н.Н. Куриков, П.В. Пугачев, Н.Н. Шабров. Компьютерное исследование и визуализация течения в центробежных насосах // Научно-технические ведомости СПбГПУ.-'2010. – С.: 119-123. [A.A. Zharkovskij, N.N. Kurikov, P.V. Pugachev, N.N. SHabrov. Komp'yuternoe issledovanie i vizualizaciya techeniya v centrobezhnyh nasosah // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU.-'2010. – S.: 119-123.]
- 4 А.С. Ключев, С.П. Федоров, Е.А. Иванов, А.А. Жарковский, И.О. Борщев. Выбор типа отводящего устройства и оптимизация проточной части многоступенчатого центробежного насоса низкой быстроходности // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2023. -№2. – С.: 98-113.[A.S. Klyuev, S.P. Fedorov, E.A. Ivanov, A.A. Zharkovskij, I.O. Borshchev. Vybor tipa otvodyashchego ustrojstva i optimizaciya protochnoj chasti mnogostupenchatogo centrobezhnogo nasosa nizkoj bystrohodnosti // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie. – 2023. – №2. – S.: 98-113.]
- 5 А.А. Чернов, Д.А. Жуйков. Алгоритм расчета шнекоцентробежного насоса // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Технические науки. – 2011.– С.:70. [A.A. CHernov, D.A. ZHujkov. Algoritm rascheta shnekocentrobezhnogo nasosa // Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики. Tekhnicheskie nauki. – 2011.– S.:70.]
- 6 Худайбердиев Ф.Т. Расчет элементов проточной части шнекоцентробежных насосов // «Экономика и социум». – №12(91) – 2. 2021. – С.: 746-749. [Hudajberdiev F.T. Raschet elementov protochnoj chasti shnekocentrobezhnyh nasosov // «Ekonomika i socium». – №12(91) – 2. 2021. – S.: 746-749.]
- 7 Жарковский А.А., Щур В.А., Омран М., Стасеев А.А. Автоматизация проектирования рабочего колеса радиально-осевой гидротурбины // Izvestiya MGTU, №4 (50).– 2021. – С.: 18-26. [ZHarkovskij A.A., SHCHur V.A., Omran M., Staseev A.A. Avtomatizaciya proektirovaniya rabocheho kola radial'no-osevoj gidroturbiny // Izvestiya MGTU, №4 (50).– 2021. – S.: 18-26.]
- 8 Дорофеев Е.А., Овсянников А.Ю. Сопоставительный анализ метода ручного расчета рабочего колеса центробежного насоса с автоматическим расчетом в программной среде Ansys // Электронный научно-практический журнал «Современная техника и технологии». – №5. – 2016. – С.: 1-4. [Dorofeev E.A., Ovsyannikov A.YU. Sopostavitel'nyj analiz metoda ruchnogo rascheta rabocheho kola centrobezhnogo nasosa s avtomaticheskim raschetom v programmnoj srede Ansys // – 2016. – S.: 1-4.]

- 9 В.И. Мрочек, Т.В. Мрочек, А.С. Бураков. Исследование центробежных насосов и способов регулирования их подачи // Вестник Беларуска-Российского университета – 2012. – №2(35). – С.: 50-56. [V.I. Mrochek, T.V. Mrochek, A.S. Burakov. Issledovanie centrobezhnyh nasosov i sposobov regulirovaniya ih podachi // Vestnik Belarussko-Rossijskogo universite t– 2012. –№2(35). – S.: 50-56.].
- 10 В.А. Мишакова, А.М. Рожков. Анализ основных параметров центробежных насосов для пищевой промышленности // Известия ТулГУ. Технические науки. -2019. -Вып.7. – С.: 138-142. [V.A. Mishakova, A.M. Rozhkov. Analiz osnovnyh parametrov centrobezhnyh nasosov dlya pishchevoj promyshlennosti // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2019. – Вып.7. – S.: 138-142.].
- 11 А.Ф. Ал-шареа, Н.Г. Квеско, А.М. Альмохаммад, Ю.Ф. Кайзер. Повышение эффективности эксплуатации центробежных насосов для добычи нефти на месторождений западный Тикрит (west Tikrit) в Ираке // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – Вып.6. – С.: 221-228. [A.F. Al-sharea, N.G. Kvesko, A.M. Al'mohammad, YU.F. Kajzer. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii centrobezhnyh nasosov dlya dobychi nefti na mestorozhdenij zapadnyj Tikrit (west Tikrit) v Irake // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2021. –Вып.6. – S.: 221-228.].
- 12 А.В. Кретинин, А.В. Иванов, Д.Н. Галдин. Расчетный сравнительный анализ вариантов профилирования рабочего колеса центробежного насоса // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – Вып.6. – С.: 26-31. [A.V. Kretinin, A.V. Ivanov, D.N. Galdin. Raschetnyj sravnitel'nyj analiz variantov profilirovaniya rabocheho koleasa centrobezhnogo nasosa // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2021. – Вып.6. – S.: 26-31.].
- 13 О.В. Батурин. Профилирование рабочих колес радиально-осевых турбин с помощью кривых Безье // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – №3(27)-2011. – С.: 125-130. [O.V. Baturin. Profilirovanie rabochih koles radial'no-osevyh turbin s pomoshch'yu krivyh Bez'e // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta. – №3(27) – 2011. – S.: 125-130.].
- 14 Гришков Д.Ю., Аусилова Н.М. Язык высокого уровня программирования Python // Наука и реальность / Science & reality. – №1(9) 2022. – С.: 114-117. [Grishkov D.YU., Ausilova N.M. YAzyk vysokogo urovnya programmirovaniya Python // Nauka i real'nost' / Science & reality. – №1(9) 2022. – S.: 114-117.].