

УДК 55.33.37 621; МРНТИ 55.33.37; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-5.08>
<https://orcid.org/0009-0004-7662-9638>
<https://orcid.org/0009-0002-0137-228X>

БҰРҒЫЛАУ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ СОРҒЫ-АЙНАЛЫМ КЕШЕНІНІҢ ОРТАЛЫҚТАНТЕПКІШ СОРҒЫСЫНЫҢ ҚАЛАҚ ОСІНІҢ САНДЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІ



Д.Н. ШАБДИРОВ,
 физика-математика
 ғылымдарының кандидаты,
 профессор,
ch.daryn@mail.ru



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



Г.Е. СУЮНГАРИЕВ,
 техника ғылымдарының
 кандидаты, профессор
 ассистенті,
s.gabit72@mail.ru

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

Триплекс сорғыларында поршеньдердің жоғары жылдамдығына байланысты демеуші орталықтантепкіш сорғылар қолданылады.

Сорғының ағынды бөлігі үш негізгі элементтен тұрады – келтіргіш, жұмыс дөңгелегі және шығарғыш. Келтіргіш арқылы сұйықтық жеткізу құбырынан жұмыс дөңгелегіне беріледі. Жұмыс дөңгелегінің мақсаты-қозғалтқыштан сұйықтыққа энергиясын беру. Орталықтантепкіш сорғының жұмыс дөңгелегі жетекші пен жетектегі дискілерден тұрады, олардың арасында, әдетте, дөңгелектің айналу бағытына қарама-қарсы бағытта қисық қалақшалары бар. Жетекші дискімен жұмыс дөңгелегі білікке бекітіледі. Сұйықтық дөңгелек арқылы оның орталық бөлігінен периферияға қарай жылжиды. Шығарғыш арқылы сұйықтық жұмыс дөңгелегінен қысым құбырына немесе көп сатылы сорғыларда келесі дөңгелекке жіберіледі.

Орталықтантепкіш демеуші сорғылар, балшық ерітіндісін бұрғылау сорғысына жеткізетін құбырда артық қысым жасай отырып, сорғы камераларын сұйықтықпен 100% толтыруға жақындайды және сұйықтықтың, клапандар мен поршеньдердің қозғалысы арасында мүмкіндігінше тығыз сәйкестікке қол жеткізу арқылы бұрғылау сорғысының гидравликалық әрекетін жақсартады.

Сондықтан олардың құрылымын жетілдіруге, компьютерде есептеудің озық әдістерін қолдануға ерекше назар аудару керек.

Қалақ осьтерін аналитикалық есептеуді қолдана отырып, Python бағдарламалау тілін қолдана отырып құруға 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.

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

Зерттеудің практикалық маңыздылығы "Бұрғылау қондырғысының сорғы-айналым кешенінің орталықтантепкіш сорғының қалақ осінің сандық есептеулері" тақырыбында жүргізілген жұмыстың нәтижелері осы бағытта 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 "Бұрғылау қондырғысының сорғы-айналым кешенінің ортадантепкіш сорғысының қалақ осінің сандық есептеулері" тақырыбы аясында зерттеу нәтижелерін пайдалану мүмкіндігінде.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: бұрғылау қондырғысы, сорғы-айналым кешені, орталықтантепкіш сорғы, қалақ осі, Python бағдарламалау тілі.

ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ОСИ ЛОПАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА НАСОСНО-ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОМПЛЕКСА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

Д.Н. ШАБДИРОВ, кандидат физико-математических наук, профессор, ch.daryn@mail.ru

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

Г.Е. СУЮНГАРИЕВ, кандидат технических наук, ассистент профессора, s.gabit72@mail.ru

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

В насосах триплекс, в связи с более высокими скоростями движения поршней, требуется использовать подпорные насосы, в качестве которых используются центробежные насосы.

Проточная часть насоса состоит из трех основных элементов – подвода, рабочего колеса и отвода. По подводу жидкость подается в рабочее колесо из подводящего трубопровода. Назначением рабочего колеса является передача жидкости энергии от двигателя. Рабочее колесо центробежного насоса состоит из ведущего и ведомого дисков, между которыми находятся лопатки, изогнутые, как правило, в сторону, противоположную направлению вращения колеса. Ведущим диском рабочее колесо крепится на валу. Жидкость движется через колесо из центральной его части к периферии. По отводу жидкость отводится от рабочего колеса к напорному патрубку или, в многоступенчатых насосах, к следующему колесу.

Центробежные подпорные насосы, создавая избыточное давление в трубопроводе, подводящем глинистый раствор к буровому насосу, приближает к 100 % наполнение насосных камер жидкостью и улучшает гидравлическое действие бурового насоса путем достижения возможно более тесного соответствия между движением жидкостей, клапанов и поршней.

Поэтому совершенствованию их конструкции с применением передовых методов расчета на ЭВМ должно уделяться особое внимание.

Оси лопастей можно построить с применением аналитического расчета, с использованием языка программирования Python.

Python – один из самых популярных языков программирования общего назначения. Он входит в число самых быстродоступных 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 оси лопасти центробежного насоса насосно-циркуляционного комплекса буровой установки" 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 оси лопасти центробежного насоса насосно-циркуляционного комплекса буровой установки" в целях развития механизма функционирования исследуемого объекта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: буровая установка, насосно-циркуляционный комплекс, центробежный насос, ось лопасти, язык программирования Python.

NUMERICAL CALCULATIONS OF THE BLADE AXIS OF THE CENTRIFUGAL PUMP OF THE PUMPING AND CIRCULATION COMPLEX OF THE DRILLING RIG

D.N. SHABDIROV, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, professor, ch.daryn@mail.ru

SH.M. MEDETOV, Candidate of Technical Sciences, associate professor, medetov.76@mail.ru

S.E. SUYUNGARIEV, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, s.gabit72@mail.ru

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

In triplex pumps, due to the higher speeds of the pistons, it is required to use back-up pumps, which are used as centrifugal pumps.

The flow part of the pump consists of three main elements – the inlet, the impeller and the outlet. Through the supply, the liquid is fed into the impeller from the supply pipeline. The purpose of the impeller is to transfer fluid energy from the engine. The impeller of a centrifugal pump consists of a drive and a driven disc, between which there are blades bent, as a rule, in the direction opposite to the direction of rotation of the wheel. The impeller is mounted on the shaft with the drive disc. The liquid moves through the wheel from its central part to the periphery. Upon discharge, the liquid is diverted from the impeller to the pressure nozzle or, in multistage pumps, to the next wheel.

Centrifugal back-up pumps, creating excessive pressure in the pipeline supplying the clay solution to the drilling pump, brings the filling of the pumping chambers with liquid to 100% and improves the hydraulic action of the drilling pump by achieving the closest possible correspondence between the movement of liquids, valves and pistons.

Therefore, special attention should be paid to improving their design and using advanced computer calculation methods.

The axes of the blade can be constructed using analytical calculation, using the Python programming language.

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 study lies in the fact that the results of the work performed on the topic "Numerical calculations of the blade axis of a centrifugal pump of a pumping and circulation

complex of a drilling rig" 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 blade axis of a centrifugal pump of a pumping and circulation complex of a drilling rig" in order to develop the mechanism of functioning of the object under study.

KEY WORDS: *drilling rig, pumping and circulation complex, centrifugal pump, blade axis, Python programming language*

Кіріспе. Бұрғылау қондырғылары айналмалы әдіспен пайдалану және терең барлау ұңғымаларын бұрғылауға арналған.

Бұрғылау қондырғысы-бұрғылау нүктесіне орнатылған және бұрғылау құралының көмегімен технологиялық операциялардың дербес орындалуын қамтамасыз ететін бұрғылау машиналарының, механизмдер мен жабдықтардың кешені. Қазіргі заманғы бұрғылау қондырғылары бірнеше құрамдас бөліктерден тұрады, олардың бірі сорғы-айналым кешені.

Сорғы-айналым кешені келесі функцияларды орындайды [1]:

- бұрғылау, шаю және апаттарды жою процесінде ұңғымада айналым жасау үшін бұрғылау ерітіндісін бұрғылау бағанына бұрғыланған тау жыныстарынан ұңғыма мен қашауды тиімді тазартуды қамтамасыз ететін мөлшерде айдау және осы жынысты жер бетіне шығару үшін жеткілікті құбырлы кеңістікте ерітіндіні көтеру жылдамдығын алу;

- гидравликалық қуатты қашауға жеткізу, оның саптамаларынан ерітіндінің жоғары ағу жылдамдығын (180 м/с дейін) қамтамасыз ету, жынысты ішінара бұзу және ұңғыманы оның бұрғыланған бөлшектерінен тазарту;

- гидравликалық түптік қозғалтқышқа энергия жеткізу;

- бұрғылау ерітіндісін бұрғыланған жыныстар мен газдардан тазарту, оның берілген параметрлерін сақтау және реттеу;

- жаңа бұрғылау ерітіндісін дайындау;

- ұңғыманың бірнеше көлемінде қосалқы бұрғылау ерітіндісін сақтау және айналым тоқтаған кезде оның қасиеттерін сақтау.

Бұрғылау қондырғысының сорғы-айналым кешенінің құрамына мыналар кіреді:

- бұрғылау ерітіндісінің физикалық-механикалық қасиеттерін дайындауға, сақтауға және жедел реттеуге арналған жабдық;

- тұйық айналым жүйесі бойынша бұрғылау ерітіндісін айдауды қамтамасыз етуге арналған жабдық;

- бұрғылау ерітіндісін тазартуға арналған жабдық.

Бұрғылау қондырғысының сорғы-айналым кешені бұрғылау қондырғысын жеткізу жиынтығына кіретін жекелеген блоктардан орнатылады.

Блоктық өндіріс принципі сорғы-айналым кешенінің ықшамдылығын қамтамасыз етеді және оны орнату мен техникалық қызмет көрсетуді жеңілдетеді.

Бұрғылау қондырғыларының сорғы-айналым кешендеріне қойылатын маңызды талаптар-бұрғылау ерітіндісінің құрамы мен физика-механикалық қасиеттерінің геологиялық-техникалық жағдайларын сапалы дайындау, Бақылау және қолдау.

Осы талаптарды орындау кезінде бұрғылаудың жоғары жылдамдығына қол жеткізіледі және ұңғымадағы көптеген апаттар мен асқынулардың алдын алады.

Бұрғылау қондырғыларының сорғы-айналым кешенінің негізгі элементі бұрғылау сорғылары болып табылады. Қазіргі уақытта терең бұрғылауда екі жақты поршенді сорғылар-дуплекс және бір жақты поршенді сорғылар-триплекс қолданылады.

Бұрғылау қондырғысының сорғы-айналым кешенінің пайдалану сапасын арттыру жолдарының бірі екі жақты сорғылармен салыстырғанда бірқатар маңызды артықшылықтарға ие үш поршенді бір жақты сорғыларды пайдалануға көшу болып табылады.

Триплекс сорғыларында поршеньдердің жоғары жылдамдығына байланысты демеуші орталықтантепкіш сорғылар қолданылады [2].

Сорғының ағынды бөлігі үш негізгі элементтен тұрады – келтіргіш, жұмыс дөңгелегі және шығарғыш. Келтіргіш арқылы сұйықтық жеткізу құбырынан жұмыс дөңгелегіне беріледі. Жұмыс дөңгелегінің мақсаты-қозғалтқыштан сұйықтық энергиясын беру. Орталықтантепкіш сорғының жұмыс дөңгелегі жетекші пен жетектегі дискілерінен тұрады, олардың арасында, әдетте, дөңгелектің айналу бағытына қарама-қарсы бағытта қисық қалақшалары бар. Жетекші дискімен жұмыс дөңгелегі білікке бекітіледі. Сұйықтық дөңгелек арқылы оның орталық бөлігінен периферияға қарай жылжиды. Шығарғыш арқылы сұйықтық жұмыс дөңгелегінен қысым құбырына немесе көп сатылы сорғыларда келесі дөңгелекке жіберіледі.

Орталықтантепкіш демеуші сорғылар, балшық ерітіндісін бұрғылау сорғысына жеткізетін құбырда артық қысым жасай отырып, сорғы камераларын сұйықтықпен 100% толтыруға жақындатады және сұйықтықтардың, клапандар мен поршеньдердің қозғалысы арасында мүмкіндігінше тығыз сәйкестікке қол жеткізу арқылы бұрғылау сорғысының гидравликалық әрекетін жақсартады.

Сондықтан олардың құрылымын жетілдіруге, компьютерлерде есептеудің озық әдістерін қолдануға ерекше назар аудару керек [3-13].

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу материалдары мен әдістеріне отандық және шетелдік ғылыми-танымдық және анықтамалық әдебиеттерге терең шолу жасау, осының негізінде бұрғылау қондырғысының сораптық-шырайналма құрылымдарына талдау жүргізулер, сондай-ақ, Python бағдарламалау тілінде демеуші орталықтантепкіш 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.

Жұмыс дөңгелегін толық дамыту үшін, меридиандық кимадан басқа, жұмыс дөңгелегінің диаметрлік қимасына қалақшаның проекциясын салу қажет.

Кеңістіктегі қисық қалақшаның проекцияларын алудың өте дәл және қарапайым әдісі-конформды дисплей арқылы қалақшадағы сұйықтық ағынының арынын дөңгелектің диаметрлік қимасына ауыстыру.

Қалақ осьтерін аналитикалық есептеуді қолдана отырып, Python бағдарламалау тілін қолдана отырып құруға 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 .

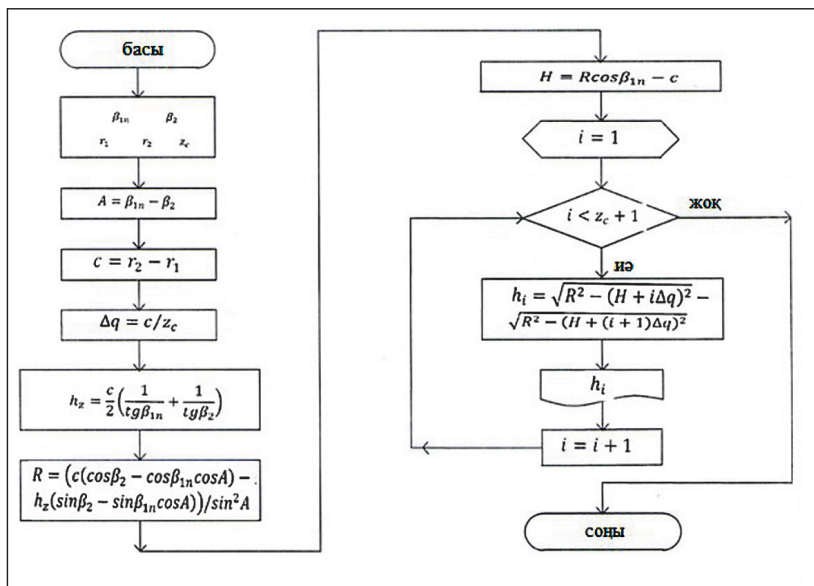
* Белсенді Python қауымдастығы әлемнің түкпір-түкпірінен миллиондаған қолдау көрсететін әзірлеушілерден тұрады. Егер проблемалар туындаса, қоғамдастық оларды шешуге көмектеседі.

* 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.

Зерттеудің мақсаты.

1-суретте h_i массивін анықтау алгоритмі берілген.



1 сурет – h_i массиві нанықтау алгоритмі

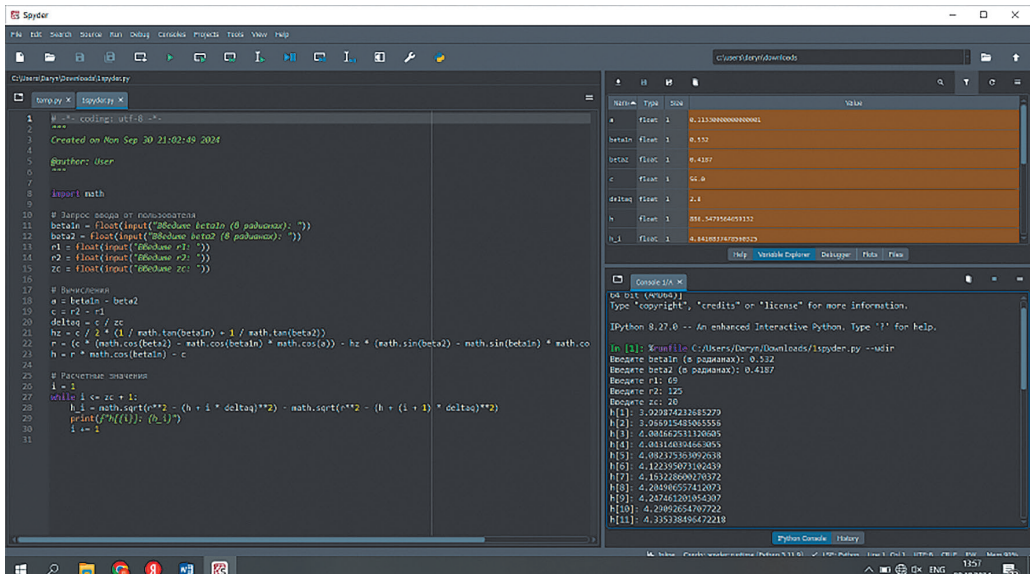
Осы алгоритм декелтірілген шамалардың таулары мен мәндері «Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования: Л.Г. Чичеров, Г.В. Молчанов, А.М. Рабинович и др. – М.:Недра, 1987.– 422 с.» толық баяндалған. Бұлзерттеудің мақсаты – осы алгоритм негізінде Python тілін дебағдарлама құру және нәтиже нәіалу үшін бастап қыдеректерді пайдалану.

```

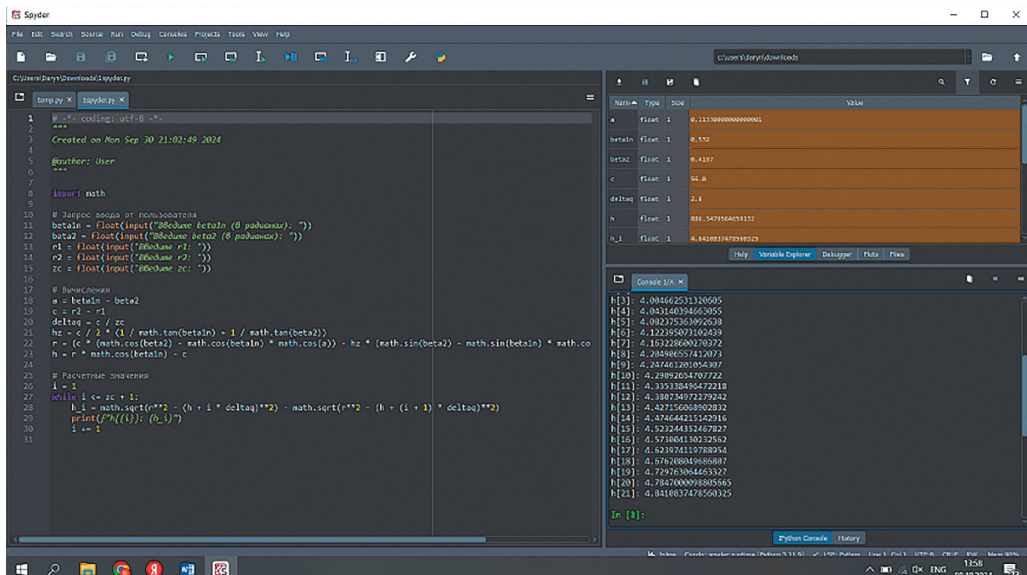
Python тіліндегі бағдарлама төменде берілген.
# Пайдаланушыдан енгізу сұрауы
beta1n = float(input("beta1n енгізіңіз (радианмен): "))
beta2 = float(input("beta2 енгізіңіз (радианмен): "))
r1 = float(input("Енгізіңіз r1: "))
r2 = float(input("Енгізіңіз r2: "))
zc = float(input("Енгізіңіз zc: "))
# Есептеулер
a = beta1n - beta2
c = r2 - r1
deltaq = c / zc
hz = c / 2 * (1 / math.tan(beta1n) + 1 / math.tan(beta2))
r = (c * (math.cos(beta2) - math.cos(beta1n) * math.cos(a)) - hz * (math.sin(beta2)
- math.sin(beta1n) * math.cos(a))) / (math.sin(a)**2)
h = r * math.cos(beta1n) - c
# Есептік мәндер
i = 1
while i <= zc + 1:
    h_i = math.sqrt(r**2 - (h + i * deltaq)**2) - math.sqrt(r**2 - (h + (i + 1) * deltaq)**2)
    print(f"h[{i}]: {h_i}")
    i += 1

```

2-суретте бағдарлама листингінің скриншоты берілген.



2 сурет – Бағдарлама листингінің скриншоты



2 сурет – Бағдарлама листингінің скриншоты

Сонымен, жүргізілген зерттеу негізінде келесі қорытындылар жасауға болады.

Қорытындылар:

1. Анықтамалық-ақпараттық дереккөздерді талдау негізінде Rython бағдарламалау тілін қолдана отырып, демеуші орталықтантепкіш сорғылардың құрылымын одан әрі жетілдірудің мақсаты, құрылымы және қажеттілігі анықталды;
2. Rython тілінде құрастырылған бағдарламаны "6В07107 – Мұнай және газ өнеркәсібінің машиналары мен жабдықтары" білім беру бағдарламасының бакалаврларын даярлаудың оқу процесінде де, ғылыми қызметкерлер, инженерлер бұрғылау қондырғысының сорғы-айналым жүйесінің демеуші орталықтантепкіш сорғыларын есептеу, жетілдіру және пайдалану кезінде өндірісте де пайдалана алады.

ӘДЕБИЕТ

1. Кудайберген 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. Краева Е.М. 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. [Kraeva E.M. K raschetu ekspluatacionnyh parametrov centrobeznyh nasosov maloj bystrohodnosti // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva. Aviacionnaya i raketno-kosmicheskaya tekhnika. – 2009. – S.168-170.]
3. Жарковский А.А., Куриков Н.Н., Пугачев П.В., Шабров Н.Н.. Компьютерное исследование и визуализация течения в центробежных насосах // Научно-технические

- ведомости СПбГПУ. – 2010. – С. 119-123. [3. Zharkovskij A.A., Kurikov N.N., Pugachev P.V., Shabrov N.N.. Komp'yuternoe issledovanie i vizualizaciya techeniya v centrebeznyh nasosah // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. – 2010. – S. 119-123.]
- 4 Ключев А.С., Федоров С.П. и др. 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. [Klyuev A.S., Fedorov S.P. i dr. Vybora tipa otvodyashchego ustrojstva i optimizaciya protochnoj chasti mnogostupenчатого centrebezhnogo nasosa nizkoj bystroходности // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie. – 2023 – №2.– S. 98-113].
 - 5 Чернов А.А., Жуйков Д.А. Алгоритм расчета шнекоцентробежного насоса // Актуальные проблемы авиации и космонавтики // Технические науки. –2011.– С. 70. [S Chernov A.A., Zhujkov D.A. Algoritim rascheta shnekocentrebezhnogo 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. [6. Hudajberdiev F.T. Raschet elementov protochnoj chasti shnekocentrebeznyh 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 // Известия МГТУ. – 2021. – №4 (50). – С.: 18-26. [Zharkovskij A.A., Shchur V.A., Omran M., Staseev A.A. Avtomatizaciya proektirovaniya rabocheго kolesa radial'no-osevoj gidroturbiny // Izvestiya MGTU. – 2021. – №4 (50). – S.: 18-26.].
 - 8 Дорощев 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 – №5. – 2016. – С. 1-4. [Dorofeev E.A., Ovsyannikov A.YU. Sopostavitel'nyj analiz metoda ruchnogo rascheta rabocheго kolesa centrebezhnogo nasosa s avtomaticheskim raschetom v programmnoj srede Ansys // Elektronnyj nauchno-prakticheskij zhurnal «Sovremennaya tekhnika i – №5. – 2016. – S. 1-4.].
 - 9 Мрочек В.И., Мрочек Т.В., Бураков А.С. Исследование центробежных насосов и способов регулирования их подачи // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2012. – №2(35). – С. 50-56. [Mrochek V.I., Mrochek T.V., Burakov A.S.. Issledovanie centrebeznyh nasosov i sposobov regulirovaniya ih podachi // Vestnik Belarussko-Rossijskogo universiteta. – 2012. – №2(35). – S.: 50-56.].
 - 10 Мишакова В.А., Рожков А.М. Анализ основных параметров центробежных насосов для пищевой промышленности // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2019. – Вып.7. – С.: 138-142. [Mishakova V.A., Rozhkov A.M. Analiz osnovnyh parametrov centrebeznyh nasosov dlya pishchevoj promyshlennosti // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2019. – Vyp.7. – S.: 138-142.].
 - 11 Алшареа А.Ф., Квеско Н.Г., Альмохаммад А.М., Кайзер Ю.Ф.. Повышение эффективности эксплуатации центробежных насосов для добычи нефти на месторождении западный Тикрит (westTikrit)в Ираке // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – Вып.6. – С.: 221-228. [Alsharea A.F., Kvesko N.G., Al'mohammad A.M., Kajzer YU.F.. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii centrebeznyh nasosov dlya dobychi nefти na mestorozhdenij zapadnyj Tikrit (westTikrit)v Irake // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2021. – Vyp.6. – S.: 221-228.].
 - 12 Кретицин А.В., Иванов А.В., Галдин Д.Н.. Расчетный сравнительный анализ вариантов профилирования рабочего колеса центробежного насоса // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – Вып.6. – С.: 26-31. [Kretinin A.V., Ivanov A.V., Galdin D.N..

- Raschetnyj sravnitel'nyj analiz variantov profilirovaniya rabocheho kolesa centrobezhnogo nasosa // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2021. – Vyp.6. – S. 26-31].
- 13 Батурин О.В. Профилирование рабочих колес радиально-осевых турбин с помощью кривых Безье // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета.– 2011. – №3(27). – С. 125-130. [Baturin O.V. Profilirovanie rabochnih koles radial'no-osevyh turbin s pomoshch'yu krivyh Bez'e // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta.– 2011. – №3(27). – S. 125-130.].
 - 14 Гришков Д.Ю., Аусилова Н.М. Язык высокого уровня программирования Python // Наука и реальность. – 2022. №1(9). – С. 114-117. [Grishkov D.YU., Ausilova N.M. YAzyk vysokogo urovnya programmirovaniya Python // Nauka i real'nost'. – 2022. №1(9). – S. 114-117.].
 - 15 Бухаров Т.А., Нафикова А.Р., Мигранова Е.А. Обзор языка программирования Python и ее библиотек // Technical science / Colloquium journal. – №3(27).– 2019. – С. 11-16. [Buharov T.A., Nafikova A.R., Migranova E.A. Obzor yazyka programmirovaniya Python i ee bibliotek // Technical science / Colloquium journal. – №3(27).– 2019. – S. 11-16.].