

УДК 55.33.37 621; МРНТИ 55.33.37; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2025-1.13>
<https://orcid.org/0009-0002-0137-228X>¹
<https://orcid.org/0009-0002-4850-4294>²
<https://orcid.org/0000-0002-6628-024X>³
<https://orcid.org/0009-0001-5793-3800>⁴
<https://orcid.org/0009-0005-2200-4453>⁵
<https://orcid.org/0009-0006-5888-3231>⁶

МҰНАЙ-ГАЗ ӨНДЕУДЕГІ ЫДЫСТАР МЕН АППАРАТТАРДЫ ЕСЕПТЕУДІҢ САНДЫҚ ӘДІСТЕРІ



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



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



Ж.Ш. АМАНБАЕВА,
аға оқытушы,
Zhak-7777@mail.ru



Ф.К. ИЗГАЛИЕВА,
ассистент,
farida.izgalieva@mail.ru

Ж.К. ЗАЙДЕМОВА, техника ғылымдарының кандидаты, профессоры, *b.n.m.99@list.ru*
М.Н. АБИШЕВ, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессоры,
m_abishev_nik@mail.ru

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

Мақалада мұнай-газ өңдеу саласының еліміздің экономикасын және халқымыздың әл-ауқатын арттырудағы алатын орны атап өтілді.

Мұнай-газ өңдеу саласында қолданылатын ыдыстар мен аппараттар жайлы мәлімет берілді. Осы ыдыстар мен аппараттардың қаптамаларында, түбінде және басқа бөліктерінде штуцерлер, құбырлар, люктер, лаздар және т.б. арналған әртүрлі тесіктер жайлы жазылды. Мұндай тесіктердің ыдыс пен аппараттың тиісті қабырғасын әлсірететіндігі, сондықтан көптеген жағдайларда (әсіресе тесік диаметрлері үлкен болғанда) нығайтуды қажет ететінділігі атап өтілді.

Ыдыс пен аппараттың жұмыс жағдайларын ескере отырып, құрылымдық материалға, жүктеме түріне қатысты тесіктерді нығайтудың ұтымды құрылымын есептеу және таңдау оның сенімділігі үшін үлкен маңызға ие екендігіне назар аударылды.

Сонымен қатар мұнай-газ өңдеу саласында қолданылатын ыдыстар мен аппараттардың ойықтарын бекіту есебінің реті көрсетілді. Ойықты бекіту шарттары берілді.

Ыдыстар мен аппараттардың қабырғаларында тесіктерді нығайтудың дұрыс есептелмеуі мен құрылымы таңдалмауы салдарынан ыдыс пен аппарат ауыр зардаптармен бұзылған жағдайлар бар. Осыған байланысты ыдыстар мен аппараттардың ойықтарын нығайтуды одан әрі жетілдіру, сондай-ақ, осы үрдісте компьютерлердің көмегімен есептеудің заманауи әдістерін қолдану өзекті мәселе болып табылады.

Ыдыстар мен аппараттардың қабырғаларында тесіктерді нығайтудың құрылымын жетілдіруге, компьютерде есептеудің озық әдістерін қолдануға ерекше назар аудару керек екендігі айтылды.

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

Зерттеудің практикалық маңыздылығы мынада: "Мұнайгазөңдеудегі ыдыстар мен аппараттарды есептеудің сандық әдістері" 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 "Мұнайгазөңдеудегі ыдыстар мен аппараттарды есептеудің сандық әдістері" тақырыбы аясында зерттеу нәтижелерін пайдалану мүмкіндігінен тұрады.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: мұнай-газ өңдеу, ыдыстар мен аппараттар, ойықтар, Python бағдарламалау тілі.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА СОСУДОВ И АППАРАТОВ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ

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

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

Ж.К. ЗАЙДЕМОВА, кандидат технических наук, профессор, *b.n.m.99@list.ru*

М.Н. АБИШЕВ, кандидат технических наук, ассоциированный профессор,
m_abishev_nik@mail.ru

Ж.Ш. АМАНБАЕВА, старший преподаватель, *zhak-7777@mail.ru*

Ф.К. ИЗГАЛИЕВА, ассистент, *farida.izgalieva@mail.ru*

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

В статье отмечено место нефтегазоперерабатывающей отрасли в повышении экономики страны и благосостояния нашего народа.

Были даны сведения о сосудах и аппаратах, применяемых в нефтегазоперерабатывающей отрасли. В обечайках, днищах и других частях этих емкостей и аппаратов выполнены различные отверстия для штуцеров, труб, люков, лазов и др. Отмечано, что такие отверстия ослабляют соответствующую стенку сосуда и аппарата, поэтому во многих случаях (особенно при больших диаметрах отверстий) требуют укрепления.

Обращено внимание на то, что с учетом условий работы сосуда и аппарата расчет и выбор рациональной конструкции укрепления отверстий по отношению к конструкционному материалу, типу нагрузки имеет большое значение для его надежности.

Также была продемонстрирована последовательность расчета крепления отверстий сосудов и аппаратов, применяемых в нефтегазоперерабатывающей отрасли. Даны условия крепления отверстия.

Бывают случаи, когда сосуд и аппарат разрушаются с тяжелыми последствиями из-за неправильного расчета и выбора конструкции укрепления отверстий в стенках сосудов и аппаратов. В связи с этим актуальным вопросом является дальнейшее совершенствование укрепления отверстий сосудов и аппаратов, а также применение в данном процессе современных методов расчета с помощью компьютеров.

Было отмечено, что особое внимание следует уделить совершенствованию структуры укрепления отверстий в стенках сосудов и аппаратов, использованию передовых методов компьютерного расчета.

Алгоритм и программа были скомпилированы на Python, и результат был получен с использованием исходных данных.

Практическая значимость исследования заключается в том, что результаты работы по теме "Численные методы расчета сосудов и аппаратов нефтегазообработки", могут быть использованы в качестве основы теоретико-исследовательской, аналитической и проектной деятельности авторов, изучающих данное направление. Второй аспект практической значимости данного исследования заключается в возможности использования результатов исследования в рамках темы "Численные методы расчета сосудов и аппаратов нефтегазообработки" с целью развития механизма функционирования объекта исследования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтегазопереработка, сосуды и аппараты, вырезы, язык программирования Python.

NUMERICAL METHODS FOR CALCULATING OIL AND GAS PROCESSING VESSELS AND APPARATUSES

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

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

Zh.Sh. AMANBAYEVA, Senior lecturer, zhak-7777@mail.ru

F.K. IZGALIYEVA, Assistant, farida.izgalieva@mail.ru

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

The article highlights the place of the oil and gas processing industry in improving the country's economy and the well-being of our people.

Information was provided on vessels and apparatuses used in the oil and gas processing industry. Various holes for fittings, pipes, hatches, manholes, etc. are made in the shells, bottoms

and other parts of these containers and apparatuses. It is noted that such holes weaken the corresponding wall of the vessel and apparatus, therefore, in many cases (especially with large hole diameters) they require strengthening.

Attention is drawn to the fact that, taking into account the operating conditions of the vessel and the apparatus, the calculation and choice of a rational design for strengthening the holes in relation to the structural material and the type of load is of great importance for its reliability.

The sequence of calculations for fixing the openings of vessels and apparatuses used in the oil and gas processing industry was also demonstrated. The conditions for fixing the hole are given.

There are cases when the vessel and apparatus are destroyed with severe consequences due to incorrect calculation and choice of the design of strengthening holes in the walls of vessels and apparatuses. In this regard, an urgent issue is the further improvement of strengthening the openings of vessels and apparatuses, as well as the use of modern calculation methods using computers in this process.

It was noted that special attention should be paid to improving the structure of strengthening holes in the walls of vessels and apparatuses, and using advanced computer calculation methods.

The algorithm and the program were compiled in Python, 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 on the topic "Numerical methods for calculating oil and gas processing vessels and apparatuses" can be used as the basis 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 methods for calculating oil and gas processing vessels and apparatuses" in order to develop the mechanism of functioning of the research object.

KEYWORDS: oil and gas processing, vessels and apparatuses, cutouts, Python programming language.

Қіріспе. Мұнай-газ өңдеу өнеркәсібі, мұнай мен газды өңдеуді, мұнай өнімдерін өндіруді қамтитын ауыр индустрия саласы. Бұл сала Қазақстан экономикасының негізгі бөліктерінің бірі болып саналады, ол белгілі бір дәрежеде барлық басқа салалардың жұмыс істеуін де, халқымыздың әл-ауқатының дәрежесін де қамтамасыз етеді [1-2].

Мұнай-газ өңдеу өнеркәсібінде көптеген ыдыстар мен аппараттар қолданылады. Оларда мұнай және газ өнімдерін сақтайды, мұнай, газ және суды дайындайды, сонымен қатар әртүрлі үрдістерді іске асырады [3].

Ыдыстар мен аппараттардың қаптамаларында, түбінде және басқа бөліктерінде штуцерлер, құбырлар, люктер, лаздар және т.б. арналған әртүрлі тесіктер қажет етіледі. Мұндай тесіктер ыдыс пен аппараттың тиісті қабырғасын әлсіретеді, сондықтан көптеген жағдайларда (әсіресе тесік диаметрлері үлкен болғанда) нығайтуды қажет етеді.

Бекітілмеген және нығайтылған тесіктер бар. Құбырларды развальцовкалауға, бұрандаларға арналған тесіктер, сондай-ақ кез-келген затворлармен тығыздалған тесіктер бекітілмеген болып саналады. Тесіктер ішінара нығайтылған болуы мүмкін.

Тесіктерді нығайту штуцермен, втулкамен, бекітілетін қабырғаға пісірілетін төсем және бобышкамен, нығайтылған қабырғаның қалыңдатылуымен, сондай-ақ аталған бекітілімдердің кез-келген екеуінің бірлескен әрекетімен, мысалы, штуцер мен төсем, нығайтылған қабырғаның қалыңдатылуымен және штуцермен және т. б. іске асырылуы мүмкін.

Ыдыс пен аппараттың жұмыс жағдайларын ескере отырып, құрылымдық материалға, жүктеме түріне қатысты тесіктерді нығайтудың ұтымды құрылымын есептеу және таңдау оның сенімділігі үшін үлкен маңызға ие. Ыдыстар мен аппараттардың қабырғаларында тесіктерді нығайтудың дұрыс есептелмеуі мен құрылымы тандалмауы салдарынан ыдыс пен аппарат ауыр зардаптармен бұзылған жағдайлар бар. Осыған байланысты ыдыстар мен аппараттардың ойықтарын нығайтуды 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 ыдыстар мен аппараттардың ойықтарын нығайту құрылымдарына талдау жүргізулер, сондай-ақ, Python бағдарламалау тілінде ойық кезінде тесікті нығайтқыш сақинаның 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.

Штуцерлер мен люктерді орнатуға арналған ыдыстар мен аппараттардағы тесіктер ыдыс пен аппараттың цилиндрлік қабырғасының меридиандық қимасын әлсіретеді. Сондықтан оларды диаметрі D_k астарлы нығайтқыш сақинаны пісіру арқылы немесе корпус пен келте құбырының қабырғасын қалыңдату арқылы күшейтеді. Егер құбырдың шартты диаметрі 50 мм-ден асса немесе төмендегі теңдік орындалса тесіктерді нығайту міндетті болып табылады

$$d_0 = 0,25\sqrt{D_p(S - C)}, \quad (1)$$

мұндағы S – тесік жасалған ыдыс пен аппараттың қабырғасының қалыңдығы; D_p – есептік диаметр.

Есептік диаметр төмендегідей таңдап алынады:

цилиндрлік бөліктегі тесіктер үшін $D_p = D_e$, мұндағы D_e – ыдыстың және аппараттың ішкі диаметрі; сфералы түп үшін $D_p = 2R_e$; эллипсті түп үшін $D_p = 2\rho$, мұндағы

$$\rho = \left(\frac{D_B}{2}\right)^2 H^2 \left[\frac{x^2}{(0,5D_B)^2} + \frac{y^2}{H^4} \right]^{3/2};$$

x, y – тесік центрінің координаттары;

конусты түп үшін $D_p = D_{\cos\alpha}$, мұндағы D – тесік орналасқан конусты бөліктің диаметрі [4-6].

Нығайтқыш сақина ыдыс пен аппараттың сыртына қойылады және сақинаның төменгі жағында орналасқан М10 бұрандалы сигналдық тесікпен қамтамасыз етіледі. Пайдалану және су сынақтары кезінде тесік ашық болуы керек, бұл келте құбырды ыдыс пен аппараттың корпусына бекітетін негізгі жапсардың тығыздығының бұзылуын анықтауға мүмкіндік береді. Нығайтқыш сақинаны құрама (екі жартыдан) жасауға болады. Сақинаның дәнекерлеу бұрышы құрама сақинаның толық қалыңдығында жасалуы керек. Бұл жағдайда екі сигналдық тесік жасалады (сақинаның әр жартысында біреуден).

Ойықты бекіту шарттары.

1. Ойықпен алынған қабырға металының көлденең қимасының есептік ауданы F_o келте құбырының қимасының ауданымен F_1 , корпус қабырғасының металының қимасының ауданымен F (есептік ауданнан артық) және нығыздағыш сақинаның қимасының ауданымен F_2 компенсациялануы керек, яғни,

$$F_o \leq F + F_1 + F_2, \quad (2)$$

2. Нығайтатын металл белгілі бір аймақта орналасуы керек. Аймақтың ұзындығы L мөлшерімен анықталады, оның шекарасынан тыс нығайту тиімсіз.

3. Бойлық жапсарларда ойықтарды орналастыру ұсынылмайды. (2) өрнекке кіретін шамаларды келесі формулалармен табады:

$$F_o = [(d + 2C) - 0,25\sqrt{D_p(S - C)}]S_p; \quad (3)$$

$$F = 2[L + (S_1 - C)](S - C - S_p); \quad (4)$$

$$F_1 = 2,5\sqrt{(d + 2C)(S_1 - C)}[(S_1 - C) - S_{1p}]; \quad (5)$$

$$F_2 = [D_k - (d + 2C)]S_2. \quad (6)$$

(3) – (6) формулаларда келесідей белгілеулер қабылданды: S, S_1 және S_p, S_{1p} – корпус пен келте құбырдың қабырғаларының, сәйкесінше, нақты және есептік қалыңдықтары; S_2 және D_k – нығайтқыш сақинаның сәйкесінше қимасының қалыңдығы мен диаметрі.

Есептіктен артық ауданды F қабырға қалыңдығын есептіктен жоғары дөңгелектеу арқылы және ыдыс пен аппараттың денесіндегі пісірілген жапсарлардың болуымен алады. Ойықтар жапсарлардан тыс орналастырылатындықтан φ коэффициенті қорға кетеді және (4) формулада S_p орнына φS_p қойылады. L шамасын келесідей аңқтайды [7-10]:

нығайтқыш сақина болмағанда

$$L = \sqrt{D_p(S - C)};$$

нығайтқыш сақина болғанда:

$$а) D_k \geq 2\sqrt{D_p(S - C + S_2)} + 2S_1 + d; L = \sqrt{D_p(S - C + S_2)};$$

$$б) D_k < 2\sqrt{D_p(S - C + S_2)} + 2S_1 + d; L = \sqrt{D_p S_x}.$$

S_x мәнін төмендегі теңдеуден табады:

$$LS_2 = \sqrt{D_p S_x}[S_x - (S - C)],$$

ал S_2 әдетте, ыдыс пен аппараттың қабырғасының қалыңдығына S тең етіп қабылданып алынады.

Дәлірек S_2 ЭЕМ көмегімен анықталады.

Нығыздағыш сақтналардың диаметрлері $D_k = (1,6 \div 2) d$, яғни, $D_k \approx 1,6D$ $d = 1200$ мм болғанда және $D_k \approx 2D$ $d = 200$ мм болғанда. d диаметрлердің аралық мәндері үшін нығайтқыш сақинаның диаметрін D_k интерполяциямен табуға болады.

Нығайтқыш сақинаның металының механикалық қасиеттерінің көрсеткіштері корпус металынан төмен болмауы керек. Кейде нығайтуды ыдыс пен аппараттың қабырғасын борттау немесе борт элементін пісіру арқылы жүзеге асырады.

Нығайтқыш сақинаны екі жапсармен пісіреді және де есептік ретінде сыртқы контур бойынша пісіру жапсарларын қабылдайды; ішкі контур бойынша жапсардың қимасы есепке алынбайды және қорға (екі есе қорға) түседі. Жапсардың және нығайтқыш сақинаның көлденең қимасының ауданының тең беріктігінен мыналар шығады

$$[D_k - (d + 2C)][S_2[\sigma]_t] = 0,5\pi D_k 0,7h_c \varphi_c 0,8[\sigma]_t, \quad (7)$$

мұндағы h_c – пісірілген жапсардың катетінің биіктігі; $\varphi_c = 0,8$ – пісірілген жапсардың беріктік коэффициенті; $0,8[\sigma]_t$ – пісірілген жапсардың кесілуге жұмысы кезіндегі мүмкіндік кернеу; $[\sigma]_t$ – пісірілетін материалдардың беріктігі азы үшін мүмкіндік кернеу [11-13].

(7) формуладан

$$h_c = [D_k - (d + 2C)] S_2 / (0,7 D_k). \quad (8)$$

Көршілес екі тесіктің арасындағы ең аз арақашықтық $A = 1,4 (d_1 + d_2) / 2$ болуы керек, мұндағы d_1 және d_2 – тесіктердің диаметрлері. Берілген формулалар бойынша есептегеннен кейін жақын орналасқан тесіктерді нығайту кезінде (кәдімгі тесіктер сияқты) нығайту үшін есептеуге қажетті металл қимасының жартысы құбырлар мен құбырлар қабырғаларының іргелес қималары арасындағы қабырғада болатындығы тексеріледі.

Қолмен есептеу көлемді, жуық болады. 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.

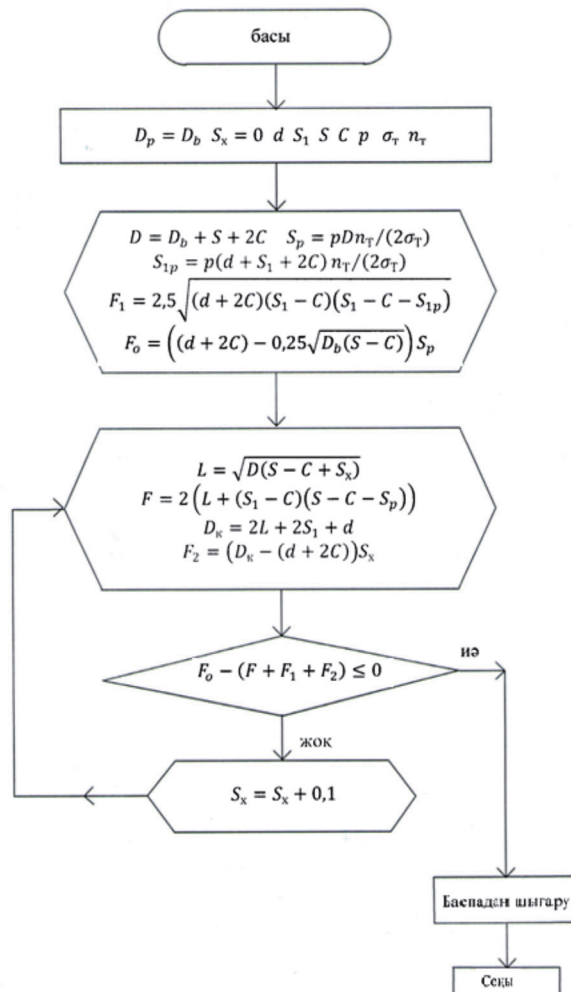
* Әзірлеушілер Pythonды басқа танымал бағдарламалау тілдерімен: Java, C және C++ оңай біріктіре алады .

* 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.

Ойық кезінде тесікті нығайтқыш сақинаның өлшемдерін ЭЕМ көмегімен анықтауға арналған блок-сұлба 1-суретте келтірілген.



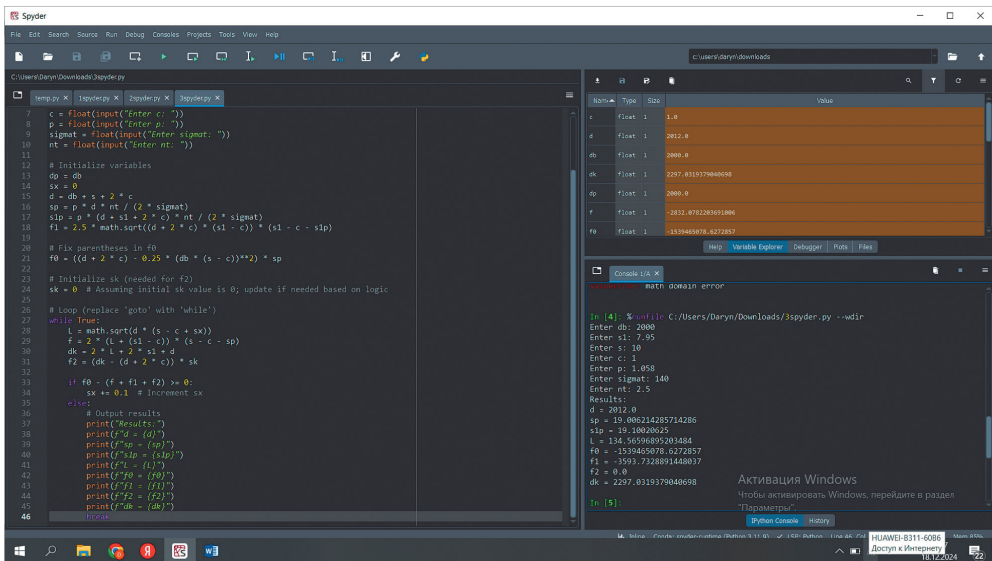
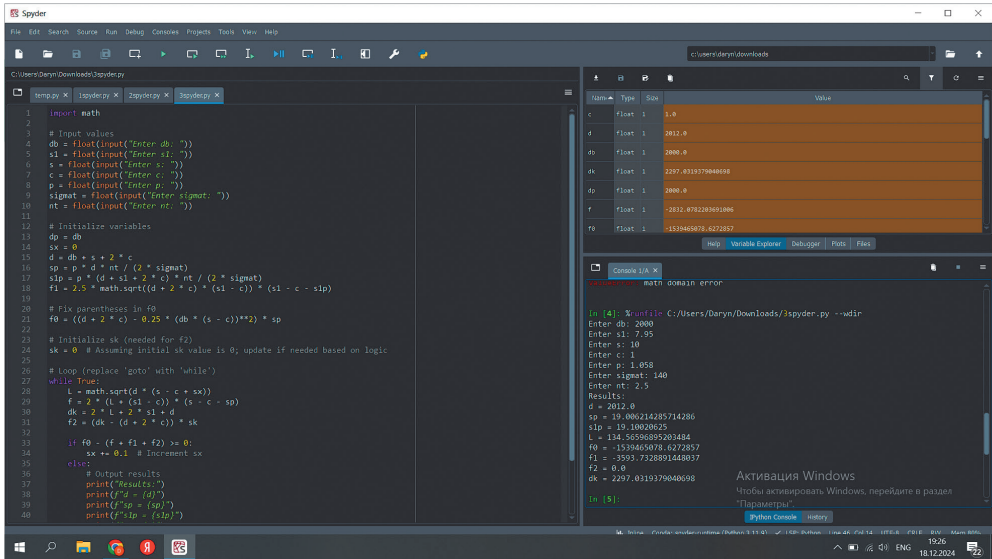
1 сурет – Ойық кезінде тесікті нығайтқыш сақинаның өлшемдерін ЭЕМ көмегімен анықтауға арналған блок-сұлба

Алынған S_x мәнін МЕСТ бойынша дөңгелектеу керек. Сызықтық өлшемдер – мм, ал p - МПа берілген.

Python тіліндегі бағдарлама төменде берілген.

```
import math
# Input values
db = float(input("Enter db: "))
s1 = float(input("Enter s1: "))
s = float(input("Enter s: "))
c = float(input("Enter c: "))
p = float(input("Enter p: "))
sigmat = float(input("Enter sigmat: "))
nt = float(input("Enter nt: "))
# Initialize variables
dp = db
sx = 0
d = db + s + 2 * c
sp = p * d * nt / (2 * sigmat)
s1p = p * (d + s1 + 2 * c) * nt / (2 * sigmat)
f1 = 2.5 * math.sqrt((d + 2 * c) * (s1 - c)) * (s1 - c - s1p)
# Fix parentheses in f0
f0 = ((d + 2 * c) - 0.25 * (db * (s - c))**2) * sp
# Initialize sk (needed for f2)
sk = 0 # Assuming initial sk value is 0; update if needed based on logic
# Loop (replace 'goto' with 'while')
while True:
    L = math.sqrt(d * (s - c + sx))
    f = 2 * (L + (s1 - c)) * (s - c - sp)
    dk = 2 * L + 2 * s1 + d
    f2 = (dk - (d + 2 * c)) * sk
    if f0 - (f + f1 + f2) >= 0:
        sx += 0.1 # Increment sx
    else:
        # Output results
        print("Results:")
        print(f'd = {d}')
        print(f'sp = {sp}')
        print(f's1p = {s1p}')
        print(f'L = {L}')
        print(f'f0 = {f0}')
        print(f'f1 = {f1}')
        print(f'f2 = {f2}')
        print(f'dk = {dk}')
        break
```

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, ыдыстар мен аппараттардың ойықтарын нығайту құрылымын одан әрі жетілдірудің мақсаты, құрылымы және қажеттілігі анықталды;
2. Ойық кезінде тесікті нығайтқыш сақинаның өлшемдерін ЭЕМ көмегімен анықтауға арналған блок-сұлбаның негізінде есептеу орындалды;

3. Python тілінде құрастырылған бағдарламаны "6B07107 – Мұнай және газ өнеркәсібінің машиналары мен жабдықтары" білім беру бағдарламасының бакалаврларын даярлаудың оқу үрдісінде де, ғылыми қызметкерлер, инженерлер ыдыстар мен аппараттардың ойықтарын нығайтуды есептеу, жетілдіру және қолдану кезінде өндірісте де пайдалана алады. 🌐

ӘДЕБИЕТ

- 1 Ж.А. Саипов, Р.З. Фахрутдинов. Современное состояние и пути совершенствования Казахстанской нефтепереработки // Вестник технологического университета. – №10(Т20). – 2017. – С.: 48-52. [Zh.A. Saipov, R.Z. Fakhrutdinov. Sovremennoe sostoyanie i puti sovershenstvovaniya Kazakhstanskoi neftepererabotki // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. - №10(Т20).– 2017. – S.: 48-52.].
- 2 Карар М.Е. История и современное состояние нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности Казахстана // Вестник технологического университета. – №18(Т21).– 2015. – С.: 32-38. [Karar M.E. Istoriya i sovremennoe sostoyanie neftyanoi i neftepererabatyvayushchei promyshlennosti Kazakhstana // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. - №18(Т21).- 2015. – S.: 32-38.].
- 3 Краснокутский А.Н., Тимошкин А.И. Опыт расчетов сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость // КАДмастер.– №3. – 2012. – С.: 92-94. [Krasnokutskii A.N., Timoshkin A.I. Opyt raschetov sosudov i apparatov na prochnost i ustoichivost // CADmaster.– №3.– 2012. – S.: 92-94.].
- 4 А.А. Колесников, М.Ю. Сербиновский. Исследование коэффициентов концентрации и коэффициентов жесткости штуцерных зон как инструмент повышения безопасности сосудов высокого давления // Известия ТулГУ. Технические науки. – №3. - 2024. – С.: 501-506. [A.A. Kolesnikov, M.Yu. Serbinovskii. Issledovanie koeffitsientov kontsentratsii i koeffitsientov zhestkosti shtutsernykh zon kak instrument povysheniya bezopasnosti sosudov vysokogo davleniya // Izvestiya TulGu. Tekhnicheskie nauki. – №3. – 2024. – S.: 501-506.].
- 5 Колесников А.А. Разработка базы данных коэффициентов концентрации напряжений в зоне штуцеров толстостенных сосудов и использование ее при диагностике технического состояния и проектировании энергетических установок. Сб. докл. – М.: ОАО «ВТИ». – 2021.– С.:6-12. [Kolesnikov A.A. Razrabotka bazy dannykh koeffitsientov kontsentratsii napriazhenii v zone shtutserov tolstostennykh sosudov i ispolzovanie ee pri diagnostike tekhnicheskogo sostoianiia i proektirovanii energeticheskikh ustanovok. Sb. dokl. – М.: ОАО «ВТИ». – 2021.– S.:6-12.].
- 6 Абдрахманов Д.М., Герасимова Л.М., Колбенко А.О., Макарова Т.В., Семенов А.М., Сомова Е.С., Тумас С.Л., Филин Б.Ю. Изменения и нововведения в требованиях к сосудам и аппаратам, работающим под давлением // Вестник науки и образования.– №4(16) – 2016. – С.: 13-15. [Abdrakhmanov D.M., Gerasimova L.M., Kolbenko A.O., Makarova T.V., Semenov A.M., Somova E.S., Tumas S.L., Filin B.Yu. Izmeneniya i novovvedeniya v trebovaniyakh k sosudam i apparatam, rabotayushchim pod davleniem // Vestnik nauki i obrazovaniya. – №4(16) – 2016. – S.: 13-15.].
- 7 Крылова Т.В. Категории напряжений и проверка прочности замкнутой оболочки (сосуда давления). Камчат УНЕ/ – №4(16) – 2016 – С.: 99-101. // [Krylova T.V. Kategorii napryazhenii i proverka prochnosti zamknutoi obolochki (sosuda davleniya). Kamchat UNE/ – №4(16) – 2016. – S.: 99-101.].
- 8 Савинцева Ю.И., Потеряхин Д.И., Хазиев Р.А., Шипунова Т.В.. Оборудование для хранения нефтепродуктов // Евразийский союз ученых (ЕСУ). – №1(22). – 2016. – С.:

- 104-105. [Savintseva Yu.I., Poteryakhin D.I., Khaziev R.A., Shipunova T.V.. Oborudovanie dlya khraneniya nefteproduktov // Evraziiskii soyuz uchenykh (ESU). – №1(22). – 2016. – S.: 104-105.]
- 9 Глянько М.А. Оценка технического состояния и расчет напряженно-деформированного состояния стенки резервуара // Технические науки – от теории к практике – №10(46). 2015. – С.: 143-149. [Glyanko M.A. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya i raschet napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya stenki rezervuara // Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike – №10(46). 2015. – S.: 143-149.]
- 10 Захаров М.Н., Насонов В.А. Оценка влияния дефектов сварных соединений на прочностную надежность стальных сосудов и аппаратов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – №4. – 2013. – С.: 68-72. [Zakharov M.N., Nasonov V.A. Otsenka vliyaniya defektov svarnykh soedinenii na prochnostnyuyu nadezhnost stalnykh sosudov i apparatov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Mashinostroenie. – №4. – 2013. – S.: 68-72.]
- 11 Цвик Л.Б., Храменок М.А., Шапова М.В. О влиянии параметров укрепления отверстий патрубковых зон сосудов давления на вид их напряженного состояния // Известия вузов. Машиностроение. – №1. – 2008. – С.: 18-24. [Tsvik L.B., Khramenok M.A., Shapova M.V. O vliyanii parametrov ukrepleniya otverstii patrubkovykh zon sosudov davleniya na vid ikh napryazhennogo sostoyaniya // Izvestiya vuzov. Mashinostroenie. – №1. – 2008. – S.: 18-24.]
- 12 Баранов М.В. Сосуды давления для космических аппаратов // Исследования наукграда. – №2(4). – 2013. – С.: 25-28. [Baranov M.V. Sosudy davleniya dlya kosmicheskikh apparatov // Issledovaniya naukograda. – №2(4). – 2013. – S.: 25-28.]
- 13 Цвик Л.Б., Храменок М.А., Шапова М.В. О влиянии основных конструктивных параметров осесимметричных патрубковых зон сосудов давления на вид их напряженного состояния // Вестник ИрГТУ.– №4(28)-2006. – Т1. – С.: 30-34. [Tsvik L.B., Khramenok M.A., Shapova M.V. O vliyanii osnovnykh konstruktivnykh parametrov osesimmetrichnykh patrubkovykh zon sosudov davleniya na vid ikh napryazhennogo sostoyaniya // Vestnik IrGTU.– №4(28) – 2006. – T1. – S.: 30-34.]
- 14 Гришков Д.Ю., Аусилова Н.М. Язык высокого уровня программирования Python // Наука и реальность. – №1(9) 2022. – С.: 114-117. [Grishkov D.YU., Ausilova N.M. Yazyk vysokogo urovnya programmirovaniya Python // Nauka i real'nost'. – №1(9) 2022. – S.: 114-117.]
- 15 Бухаров Т.А., Нафикова А.Р., Мигранова Е.А. Обзор языка программирования Python и ее библиотек // Технические науки. – №3(27).– 2019. – С.: 11-16. [Bukharov T.A., Nafikova A.R., Migranova E.A. Obzor yazyka programmirovaniya Python i ee bibliotek // Tekhnicheskie nauki. – №3(27). – 2019. – S.: 11-16.]