ISSN 2518-170X (Online)
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ
Satbayev University

ХАБАРЛАРЫ

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН
Satbayev University

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
Satbayev University

SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

2 (458)

MARCH – APRIL 2023

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Webof Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) **Н = 4**

Редакциялық алқа:

АБСАДЫКОВ Бахыт Нарикбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА жауапты хатшысы, А.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты (Алматы, Қазақстан) **Н = 5**

ӘБСАМЕТОВ Мәліс Құдысұлы (бас редактордың орынбасары), геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «У.М. Ахмедсафина атындағы гидрогеология және геоэкология институтының» директоры (Алматы, Қазақстан) **Н = 2**

ЖОЛТАЕВ Герой Жолтайұлы (бас редактордың орынбасары), геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, Қ.И. Сатпаев тындағы геология ғылымдары институтының директоры (Алматы, Қазақстан) **Н=2**

СНОУ Дэниел, Ph.D, қауымдастырылған профессор, Небраска университетінің Су ғылымдары зертханасының директоры (Небраска штаты, АҚШ) **Н = 32**

ЗЕЛЬТМАН Реймар, Ph.D, табиғи тарих мұражайының Жер туралы ғылымдар бөлімінде петрология және пайдалы қазбалар кен орындары саласындағы зерттеулердің жетекшісі (Лондон, Англия) **Н = 37**

ПАНФИЛОВ Михаил Борисович, техника ғылымдарының докторы, Нанси университетінің профессоры (Нанси, Франция) **Н=15**

ШЕН Пин, Ph.D, Қытай геологиялық қоғамының тау геологиясы комитеті директорының орынбасары, Американдық экономикалық геологтар қауымдастығының мүшесі (Пекин, Қытай) **Н = 25**

ФИШЕР Аксель, Ph.D, Дрезден техникалық университетінің қауымдастырылған профессоры (Дрезден, Берлин) **Н = 6**

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, РҒА академигі, А.А. Трофимука атындағы мұнай-газ геологиясы және геофизика институты (Новосибирск, Ресей) **Н = 19**

АГАБЕКОВ Владимир Енокович, химия ғылымдарының докторы, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) **Н = 13**

КАТАЛИН Стефан, Ph.D, Дрезден техникалық университетінің қауымдастырылған профессоры (Дрезден, Берлин) **Н = 20**

СЕЙТМҰРАТОВА Элеонора Юсуповна, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қ.И. Сатпаев атындағы Геология ғылымдары институты зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) **Н=11**

САҒЫНТАЕВ Жанай, Ph.D, қауымдастырылған профессор, Назарбаев университеті (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) **Н = 11**

ФРАТТИНИ Паоло, Ph.D, Бикокк Милан университеті қауымдастырылған профессоры (Милан, Италия) **Н = 28**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы».
ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)
Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).
Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген **№ KZ39VPY00025420** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік. Тақырыптық бағыты: *геология, мұнай және газды өңдеудің химиялық технологиялары, мұнай химиясы, металдарды алу және олардың қосындыларының технологиясы.*
Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 300 дана.
Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19 http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2023

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) **Н = 4**

Редакционная коллегия:

АБСАДЫКОВ Бахыт Нарикбаевич, доктор технических наук, профессор, ответственный секретарь НАН РК, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова (Алматы, Казахстан) **Н = 5**

АБСАМЕТОВ Малис Кудысович, (заместитель главного редактора), доктор геологомине ра ло-гических наук, профессор, академик НАН РК, директор Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (Алматы, Казахстан) **Н = 2**

ЖОЛТАЕВ Герой Жолтаевич, (заместитель главного редактора), доктор геологоминерало-ги ческих наук, профессор, директор Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан) **Н=2**

СНОУ Дэниел, Ph.D, ассоциированный профессор, директор Лаборатории водных наук универ-ситета Небраски (штат Небраска, США) **Н = 32**

ЗЕЛЬТМАН Реймар, Ph.D, руководитель исследований в области петрологии и месторождений полезных ископаемых в Отделе наук о Земле Музея естественной истории (Лондон, Англия) **Н = 37**

ПАНФИЛОВ Михаил Борисович, доктор технических наук, профессор Университета Нанси (Нанси, Франция) **Н=15**

ШЕН Пин, Ph.D, заместитель директора Комитета по горной геологии Китайского геологического общества, член Американской ассоциации экономических геологов (Пекин, Китай) **Н = 25**

ФИШЕР Аксель, ассоциированный профессор, Ph.D, технический университет Дрезден (Дрезден, Берлин) **Н = 6**

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия) **Н = 19**

АГАБЕКОВ Владимир Енокович, доктор химических наук, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) **Н = 13**

КАТАЛИН Стефан, Ph.D, ассоциированный профессор, Технический университет (Дрезден, Берлин) **Н = 20**

СЕЙТМУРАТОВА Элеонора Юсуповна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, заведующая лаборатории Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан) **Н=11**

САГИНТАЕВ Жанай, Ph.D, ассоциированный профессор, Назарбаев университет (Нурсултан, Казахстан) **Н = 11**

ФРАТТИНИ Паоло, Ph.D, ассоциированный профессор, Миланский университет Бикокк (Милан, Италия) **Н = 28**

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».
ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан **№ KZ39VPY00025420,** выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *геология, химические технологии переработки нефти и газа, нефтехимия, технологии извлечения металлов и их соеденений.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19
http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editorial chief

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky» (Almaty, Kazakhstan) **H = 4**

Editorial board:

ABSADYKOV Bakhyt Narikbaevich, doctor of technical sciences, professor, executive secretary of NAS RK, Bekturov Institute of chemical sciences (Almaty, Kazakhstan) **H = 5**

ABSAMETOV Malis Kudysovich, (deputy editor-in-chief), doctor of geological and mineralogical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the Akhmedsafin Institute of hydrogeology and hydrophysics (Almaty, Kazakhstan) **H=2**

ZHOLTAEV Geroy Zholtaevich, (deputy editor-in-chief), doctor of geological and mineralogical sciences, professor, director of the institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) **H=2**

SNOW Daniel, Ph.D, associate professor, director of the labotatory of water sciences, Nebraska University (Nebraska, USA) **H = 32**

ZELTMAN Reymar, Ph.D, head of research department in petrology and mineral deposits in the Earth sciences section of the museum of natural history (London, England) **H = 37**

PANFILOV Mikhail Borisovich, doctor of technical sciences, professor at the Nancy University (Nancy, France) **H=15**

SHEN Ping, Ph.D, deputy director of the Committee for Mining geology of the China geological Society, Fellow of the American association of economic geologists (Beijing, China) **H = 25**

FISCHER Axel, Ph.D, associate professor, Dresden University of technology (Dresden, Germany) **H = 6**

KONTOROVICH Aleksey Emilievich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, academician of RAS, Trofimuk Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS (Novosibirsk, Russia) **H = 19**

AGABEKOV Vladimir Enokovich, doctor of chemistry, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of chemistry of new materials (Minsk, Belarus) **H = 13**

KATALIN Stephan, Ph.D, associate professor, Technical university (Dresden, Berlin) **H = 20**

SEITMURATOVA Eleonora Yusupovna, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, head of the laboratory of the Institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) **H=11**

SAGINTAYEV Zhanay, Ph.D, associate professor, Nazarbayev University (Nursultan, Kazakhstan) **H = 11**

FRATTINI Paolo, Ph.D, associate professor, university of Milano-Bicocca (Milan, Italy) **H = 28**

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.
ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)
Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).
The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. KZ39VPY00025420,** issued 29.07.2020.
Thematic scope: *geology, chemical technologies for oil and gas processing, petrochemistry, technologies for extracting metals and their connections.*
Periodicity: 6 times a year.
Circulation: 300 copies.
Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19
http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224-5278
Volume 2, Number 458 (2023), 57–67
https://doi.org/10.32014/2023.2518-170X.280

© K.R. Dzhabagieva[1], G.V. Degtyarev[2], A.M. Baytelieva[1], S.M. Laiyk[1*], R.A. Pernebayeva[1], 2023
[1]Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati", Kazakhstan, Taraz;
[2]Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia.

FINITE ELEMENT STUDIES OF FLOW PROCESSES IN HYDROCYCLONES AND LOSS OF HEAD-ON FLOW MIXING

Dzhabagieva Kuralai Ryskadyrovna — Senior teacher. Department "Water Resources". Master. "Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati". Kazakhstan, Taraz
ORCID ID: 0009-0001-6980-618X;

Degtyarev Georgy Vladimirovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Construction Production". Honored Builder of Kuban. Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Baytelieva Anar Muratovna — Associate Professor of the Department of Applied Biology. "Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati", Kazakhstan, Taraz
ORCID ID: 0000-0001-6657-7679;

Laiyk Saule Myrzalykyzy — Master. "Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati". Kazakhstan, Taraz
ORCID ID: 0009-0000-2370-6127;

Roza Adirbaevna Pernebayeva — Head of the Accreditation and Quality Assurance Department, Master of Laws. Senior Lecturer of the Department of Information Systems. "Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati"
ORCID ID: 0000-0002-4586-8394.

Abstract. The economic efficiency of hydrocyclone pumping units depends entirely on the amount of specific energy loss during the thickening of the slurry in the hydrocyclone. In many cases, head loss is determined empirically. And this often makes it difficult to design new designs of hydrocyclone pumping units in advance. The problem is exacerbated by the fact that the available scientific results relate to cocurrent flows, while the hydrocyclone pumping unit flows are mostly swirling. Therefore, at the Kuban State Agrarian University (Russia), a study was carried out using mathematical (numerical) and physical methods based on modern hydrodynamics (Computational fluid dynamics, CFD) of mass transfer, liquid and gas flows, as well as other flow processes. The results of the hydrocyclone pressure distribution data obtained during the study, the average velocity of external downdrafts and internal updrafts, were used to determine the head loss in the hydrocyclone. In general, all those issues related to head loss that have been solved for cocurrent (axial) flows should be reconsidered from the point of view of swirling flows. The volume of such works is very large and require huge theoretical and experimental studies. In this regard, this work is only the beginning of a series of similar developments.

Keywords: Hydrocyclone pumping unit, head loss, co-current flow, swirling flow, external downward flow, internal upward flow

© Қ.Р. Джабагиева[1], Г.В. Дегтярев[2], А.М. Байтелиева[1], С.М. Лайық[1*], Р.А. Пернебаева[1], 2023
[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті» Қазақстан, Тараз;
[2]Кубань мемлекеттік аграрлық университеті, Краснодар, Ресей.

ГИДРОЦИКЛОНДАРДАҒЫ АҒЫНДЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ ШЕКТІ ЭЛЕМЕНТТІ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ АҒЫНДЫ АРАЛАСТЫРУ

Джабагиева Құралай Рысқадырқызы — «Су ресурстары» кафедрасының аға оқытушысы, магистр. «М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті» Қазақстан, Тараз
ORCID ID: 0009-0001-6980-618X;

Дегтярев Георгий Владимирович — техника ғылымдарының докторы, профессор. «Құрылыс өндірісі» кафедрасының меңгерушісі. Кубань қаласының еңбек сіңірген құрылысшысы. Кубань мемлекеттік аграрлық университеті, Краснодар, Ресей

Байтелиева Анар Мұратқызы — «М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті» қолданбалы биология кафедрасының доценті, Қазақстан, Тараз қ.
ORCID ID: 0000-0001-6657-7679;

Лайық Сәуле Мырзалыққызы — магистр. «М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті» Қазақстан. Тараз
ORCID ID: 0009-0000-2370-6127;

Роза Адирбаевна Пернебаева — аккредиттеу және сапаны қамтамасыз ету бөлімінің меңгерушісі, заң ғылымдарының магистрі. «М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті» ақпараттық жүйелер кафедрасының аға оқытушысы

ORCID ID: 0000-0002-4586-8394.

Аннотация. Гидроциклондық сорғы қондырғыларының экономикалық тиімділігі толығымен гидроциклондағы суспензияның қоюлануы кезіндегі меншікті энергия шығынының мөлшеріне байланысты. Көптеген жағдайларда эмпирикалық түрде анықталады және бұл көбінесе гидроциклондық сорғы қондырғыларының жаңа конструкцияларын алдын ала жобалауды қиындатады. Гидроциклондық сорғы қондырғысының ағындары негізінен бұралған ағындарға қатысты қолда бар ғылыми нәтижелер проблеманы қиындатады. Сондықтан Кубань мемлекеттік аграрлық университетінде (Ресей) масса алмасудың, сұйық және газ ағындарының, сондай-ақ басқа да ағындардың заманауи гидродинамикасына (Есептік сұйықтық динамикасы, CFD) негізделген математикалық (сандық) және физикалық әдістерді қолдану арқылы зерттеу жүргізілді. Зерттеу барысында алынған гидроциклон қысымының таралу деректерінің нәтижелері, сыртқы төмен және ішкі көтерілістердің орташа жылдамдығы гидроциклондағы қысымның жоғалуын анықтау үшін пайдаланылды. Тұтастай алғанда, ағымдық (осьтік) ағындар үшін шешілген бас жоғалтуға қатысты барлық мәселелерді айналмалы ағындар тұрғысынан қайта қарау керек. Мұндай жұмыстардың көлемі өте үлкен және орасан зор теориялық және эксперименттік зерттеулерді қажет етеді.

Түйін сөздер: Гидроциклондық сорғы қондырғысы, қысымның жоғалуы, коток ағыны, айналмалы ағын, сыртқы төмен ағын, ішкі жоғары ағын

© К.Р. Джабагиева[1], Г.В. Дегтярев[2], А.М. Байтелиева[1], С.М. Лайык [1*], Р.А. Пернебаева[1], 2023

[1]Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати", Казахстан, Тараз;

[2]Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия.

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЦЕССОВ ПОТОКА В ГИДРОЦИКЛОНАХ И ПОТЕРИ НАПОРА НА СМЕШЕНИЕ ПОТОКА

Джабагиева Куралай Рыскадыровна — старший преп. каф. "Водные ресурсы", магистр. НАО " Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати", Казахстан, г. Тараз

ORCID ID: 0009-0001-6980-618X;

Дегтярев Георгий Владимирович — д.т.н., профессор, заведующий кафедрой "Строительное производство", заслуженный строитель Кубани, Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Байтелиева Анар Муратовна — ассоцированный профессор кафедры “Прикладная биология” НАО" Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати", Казахстан, г. Тараз

ORCID ID: 0000-0001-6657-7679;

Лайық Сауле Мырзалықызы — магистр, НАО "Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати", Казахстан, г. Тараз

ORCID ID: 0009-0000-2370-6127;

Пернебаева Роза Адирбаевна — начальник отдела Аккредитации и обеспечения качества, магистр юридических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные системы». НАО "Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати"

ORCID ID: 0000-0002-4586-8394.

Аннотация. Экономическая эффективность гидроциклонных насосных установках всецело зависит от величины потери удельной энергии при сгущении гидросмеси в гидроциклоне. Во многих случаях потери напора определяют опытным путем. А это часто затрудняет заранее спроектировать новые конструкции гидроциклонных насосных установок. Проблема усугубляется еще тем, что имеющиеся научные результаты относяться к прямоточным потокам, тогда как гидроциклонной насосной установке течения в основном закрученные. Поэтому в Кубанском государственном аграрном университете (Россия) проводилась исследование с использованием математических (численных) и физических методов, основанные на современной гидродинамике (Computational fluid dynamics, CFD) массаобмена, потоков жидкости и газа, а также других процессов потока. Результаты данных распределения давления в гидроциклоне, полученных в ходе исследования, средняя скорость внешних нисходящих и внутренних восходящих потоков, использовались для определения потери напора в гидроциклоне. Вообще все те вопросы, связанные с потерей напора, которые нашли решения для прямоточных (осевых) потоков, следует пересмотреть с точки зрения закрученных потоков. Объем таких работ очень большой и требуют проведения огромных теоретических и экспериментальных исследований. В этом плане данная работа является только началом целой серии подобных разработок.

Ключевые слова: гидроциклонная насосная установка, потери напора, прямоточный поток, закрученный поток, внешний нисходящий поток, внутренний восходящий поток

Introduction

One of the important issues in the hydraulics of hydrocyclone pumping units is the determination of the loss of specific energy (head) in the hydrocyclone (Abduramanov, 2011).

The hydrocyclone as a classifying (thickening) apparatus is a short, hollow cylindrical-conical tube, which has found wide application in almost all industries (Imanaliyev et al., 2022). The field of application of hydrocyclones over the past decades has been expanding even faster due to the creation of a new class of vacuum hydrocyclone pumping units (Abduramanov et al., 2006).

A hydrocyclone is an apparatus in which the classification of slurries into constituent components or thickening of the solid phase is carried out (Abduramanov et al., 2000).

In hydrocyclone installations, many technological processes can be carried out (Gutman et al., 1983): classification of homogeneous particles by size, separation of slurry by elements (phases) into two, three or more products;

solid phase thickening, liquid purification from mechanical impurities, separation of slags from non-ferrous metals and others.

In order to perform these processes efficiently in hydrocyclone pumping systems, the head loss must be known (Idelchik, 1975).

The investigated hydrocyclone has the following design characteristics (Zhurba et al., 2003):

– the inlet branch pipe of the hydrocyclone chamber is located perpendicularly relative to its longitudinal axis;

– sand pipe - single-product;

– hydrocyclone chamber – cylindrical-conical;

– drain pipe – solid, single.

The geometric characteristics of the hydrocyclone installation are shown in Figure 1.

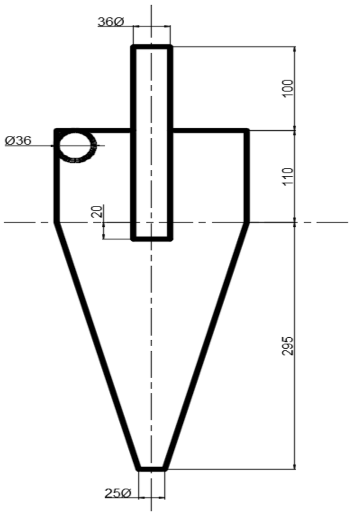


Figure 1 - Geometric characteristics of the hydrocyclone installation

To study the structural characteristics of the hydrocyclone (Computational dynamics fluid, CDF) (Kryazhevsky et al., 2000), its 3D model based on the above geometric characteristics was developed in the software package. The result of which is shown in Figure 2.

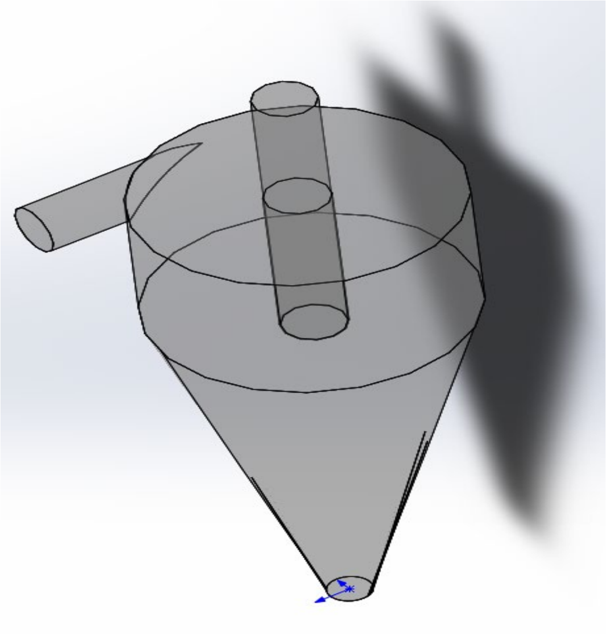


Figure 2-3D model of the hydrocyclone

By means of mathematical modeling in the FlowVision software package, a computational finite element mesh was modeled, which makes it possible to obtain the hydrodynamic characteristics of the hydrocyclone under study during the calculation (Kukolevsky et al., 1981). The result of which is shown in Figure 3. At a pressure at the inlet to the hydrocyclone chamber equal to 70 cm of water column or 6864.2 Pa.

Also represented is the movement of the fluid, expressed as a flash of speed. The result of which is shown in Figure 4.

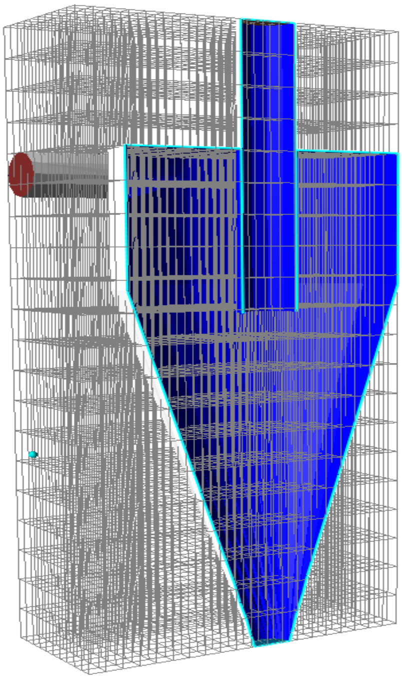


Figure 3 - Calculation mesh of finite elements

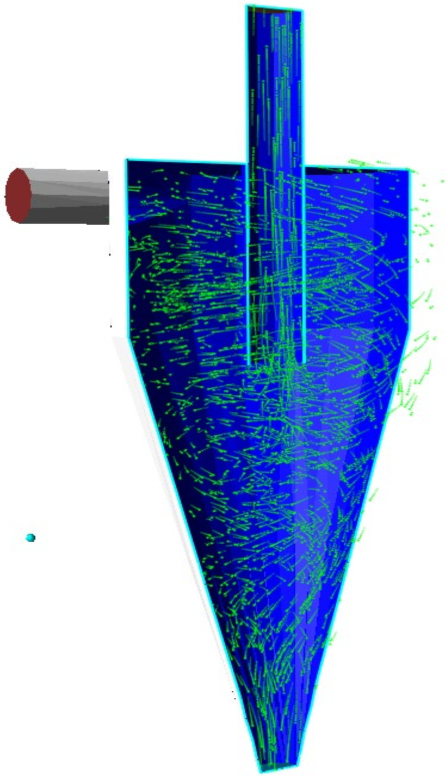
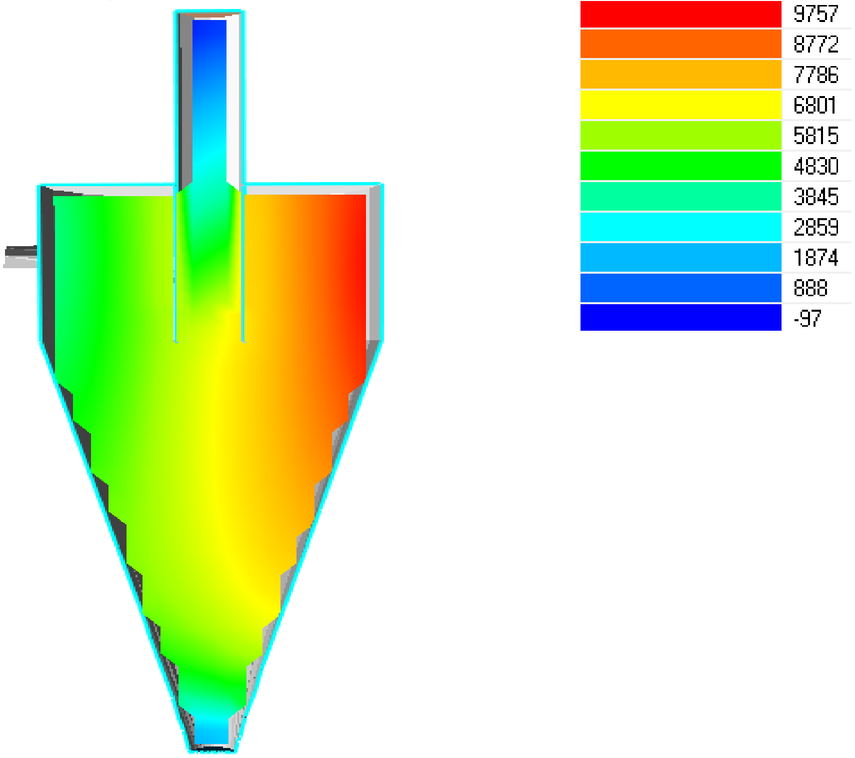


Figure 4 - Fluid movement expressed as a flash of speed

The data on pressure distribution in the hydrocyclone chamber are expressed by filling pressure and are presented in Figure 5.



Picture 5 - Filling from pressure

For a detailed analysis of the hydrodynamic characteristics, graphs of pressure and velocity modulus are presented (Fig. 6). These graphs were built in sections, the beginning of which is taken from the drain pipe.

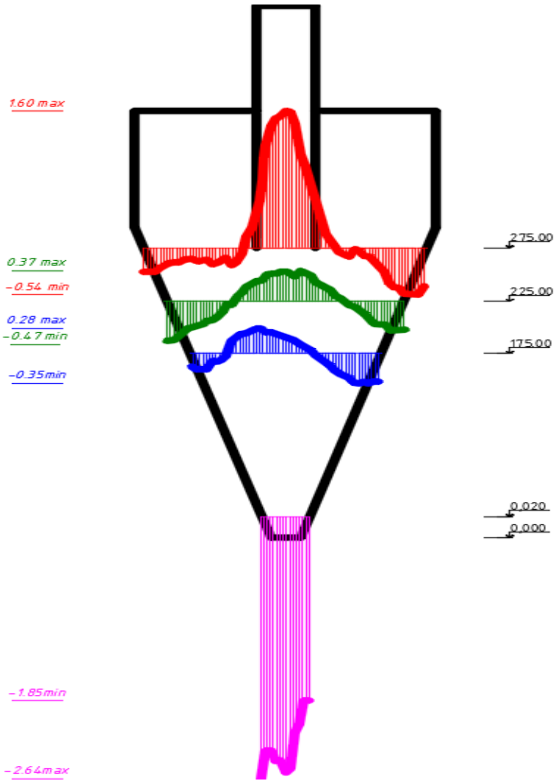


Figure 6 - Graphs of velocities in the section at around 20, 175.225.275 mm

When determining the head loss of a hydrocyclone, the velocities of the internally ascending and externally descending flows were used based on the hydrodynamic parameters of the hydrocyclone at a level of 275.00 mm (Fig. 7).

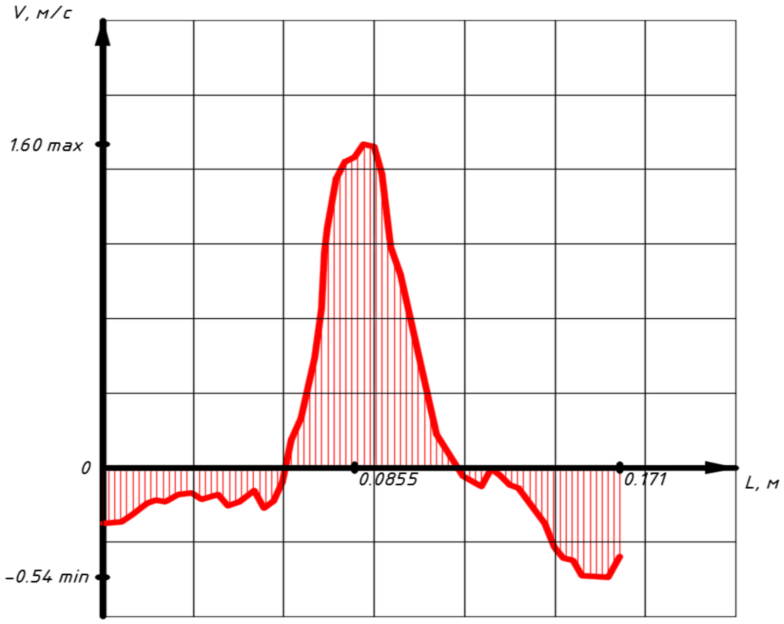


Figure 7 - Graph of speed at around 275.00 mm

The speeds obtained by mathematical modeling and the distribution of pressure in the hydrocyclone chamber are more consistent with the parameters obtained experimentally. Therefore, the above features of the flows in the hydrocyclone will be used in determining the head loss (Kiselev et al.,).

Head loss due to flow mixing

This type of pressure loss occurs in the conical part of the apparatus, where the movement of each of the flows occurs with a variable flow rate along the path (Salakhov, 1968).

Consider two sections, I–I and II–II, separated from each other at a distance, for a time $\Delta t = 1c$ interval . Then, based on the theorem on the change in momentum, we have (Ternovsky et al., 1994):

$$\rho\left(\alpha_2\overline{\vartheta}_{z_2}^2\omega_2 - \alpha_1\overline{\vartheta}_{z_1}^2\omega_1\right) = F \qquad (1)$$

where, $\overline{\vartheta}_{z_1}, \overline{\vartheta}_{z_2}$ – average values of axial speeds, respectively, in sections I and II;

ω_1, ω_2 – cross-sectional area, respectively, in I and II sections;

ρ – liquid density;

F – total acting force.

Without taking into account friction forces $\alpha_1 \cong \alpha_2 \cong 1$ and with expression (1), it has the form (Bradly, 1965)

$$\rho\vartheta_{z_2}^2\omega_2 - \rho\vartheta_{z_1}^2\omega_1 = p_1\omega_1 - p_2\omega_2 \qquad (2)$$

where, p_1, p_2 – average pressure values, respectively, in sections I and II.

As is known for rotational motion (Svarovsky L.,1977)

$$\frac{dh}{dr} = \frac{\vartheta_\varphi^2}{gr}, \qquad (3)$$

where, ϑ_φ – tangential speed;

r – arbitrary radius.

Substituting the values into this equation and integrating it, you can get the head loss over a given section (piezometric head increment). Let us determine the head loss separately for the downward and upward flows (Abdiramanov et al., 2016):

1a) for the downstream, we rewrite formula (2) in a different form

$$\rho\vartheta_{z_{2H}}^2\omega_{2H} - \rho\vartheta_{z_{1H}}^2\omega_{1H} = p_{1H}\omega_{1H} - p_{2H}\omega_{2H}, \qquad (4)$$

where the indices 1H and 2H- refer to the downward flow in sections I and II (Abduramanov, 1987):

if we assume that pressure is the sum of its piezometric and centrifugal components, then

$$p_{1H} = \rho g h_{1H} + \rho g h_{1\text{ц}H} \qquad (5)$$

$$p_{2H} = \rho g h_{1H} - \rho g dz + \rho g h_{2\text{ц}H}. \qquad (5`)$$

For determination $h_{1\text{ц}H}$ we integrate equation (3) with a known value $\vartheta_{\varphi H}$

$$\vartheta_{\varphi_H} = \vartheta_{\varphi_{\text{ст}}}\left(\frac{r_\text{ц}}{r}\right)^n$$

Within the change of dr from rw to rc, the height dh changes from h1H to h1c, therefore, from equation (3) (Sun et al., 2020)

$$h_{1H} - h_{1\text{ц}H} = \int_{r_w}^{r_\text{ц}} \frac{\vartheta_{\varphi_{\text{ст}}}^2}{gr}\left(\frac{r_\text{ц}}{r}\right)^{2n} dr = \frac{\vartheta_{\varphi_{\text{ст}}}^2}{2gn}\left(\frac{r_\text{ц}^{2n}}{r_w^{2n}} - 1\right), \qquad (6)$$

or

$$h_{1\text{ц}H} = h_{1H} - \frac{\vartheta_{\varphi_{\text{ст}}}^2}{2gn}\left(\frac{r_\text{ц}^{2n}}{r_w^{2n}} - 1\right).$$

Differently

$$h_{1\text{ц}H} = h_{1H} + \frac{\vartheta_{\varphi_{\text{ст}}}^2}{2gn} - \frac{\vartheta_{\varphi_{\text{ст}}}^2}{2gn}\frac{r_\text{ц}^{2n}}{r_w^{2n}},$$

where rc is the radius of the cyclone in the given section;

– near-wall tangential velocity;

rw is the radius of the Abduramanov quasi-surface.

Knowing that (Wang et al., 2018)

$$\vartheta_{\varphi_{\text{ст}}} = \delta\vartheta_{Z_{\text{пес}}}\left(1 - \frac{z}{T}\right)^m; \qquad (7)$$

$$r_\text{ц} = kz + r_{\text{пес}};$$

and

$$r_{w_1} = k_1 z' + r_{\text{св}} = k_1(z - a) + r_{\text{св}}$$

where,

$$K = tg\alpha; K_1 = tg\beta$$

we rewrite formulas (5) and (5`) in the form

$$p_{1H} = \rho g\left[h_H + 2\delta_1^2 \frac{\vartheta_{пес}^2}{2g}\left(1-\frac{z}{T}\right)\left(\frac{kz+r_{пес}}{k_1 z^1 + r_{св}}-1\right)\right]; \tag{8}$$

$$p_{2H} = \rho g\left[h_H - dh_H + 2\delta_1^2 \frac{\vartheta_{пес}^2}{2g}\left(1-\frac{z+dz}{T}\right)\left(\frac{k(z+dz)+r_{пес}}{k_1 (z+dz^1)+r_{св}}-1\right)\right]. \tag{8`}$$

The cross-sectional areas of the external (peripheral, external) flow are determined from the equality:

$$\omega_{1H} = П\left(r_{ц_1}^2 - r_{w_1}^2\right); \tag{9}$$

$$\omega_{2H} = П\left(r_{ц_2}^2 - r_{w_2}^2\right). \tag{9`}$$

The average values of axial velocities in these sections will be:

$$\overline{\vartheta}_{Z_{1H}}^2 = \overline{\vartheta}_{пес}^2\left(1-\frac{z}{T}\right); \tag{10}$$

$$\overline{\vartheta}_{Z_{2H}}^2 = \overline{\vartheta}_{пес}^2\left(1-\frac{z+dz}{T}\right). \tag{10`}$$

Substituting values $p_1, p_2, \vartheta_{Z_{2H}}, \omega_{1H}, \omega_{2H}$ into formula (4) and carrying out a series of transformations at $(\omega_{1H} \cong \omega_{2H} = \omega_H)$ $p_{1H} - p_{2H} \cong \rho g dh_H$ you can write:

$$dh_H = \frac{\vartheta_{пес}^2}{g}\frac{dz}{T},$$

From where, after integration, we get (Haicai L. V., and et all, 2018):

$$h_H = \frac{2z}{T_k}\frac{\vartheta_{пес}^2}{2g} + C.$$

then Z=0, head loss $h_{wH} = 0$, so the constant of integration C=0, means

$$h_H = \frac{2z}{T_k}\frac{\vartheta_{пес}^2}{2g} = \zeta_{пес}\frac{\vartheta_{пес}^2}{2g}, \tag{11}$$

where, $\zeta_{пес} = \dfrac{2z}{T_k}.$

1b) for the upward flow, formula (2) takes the for

$$p_{1в}\omega_{1в} - p_{2в}\omega_{2в} = \rho\vartheta_{Z_{2в}}^2\omega_{2в} - \rho\vartheta_{Z_{1в}}^2\omega_{1в} \tag{12}$$

where, $p_{1в} = \rho g h_в + \rho g h_{1в}$

$h_{1в}$ is determined by integrating formula (3) with (Ibrayev T.T., and et all, 2022).

$$\vartheta_\varphi = \vartheta_{\varphi W}\left(\frac{r_W}{r_X}\right)^n \tag{13}$$

$$h_{1в} = \int_{r_{св}}^{r_W} \frac{\vartheta_{\varphi_w}^2\left(\frac{r_W}{r_X}\right)^{2n}}{gr_X}dr_x = \frac{1}{n}\left(\frac{r_W^{2n}}{r_{св}^{2n}}-1\right)\frac{\vartheta_{\varphi_w}^2}{2g} + h_{св}$$

means

$$p_{1в} = \rho g\left\{h_в + \frac{\vartheta_{\varphi_w}^2}{2gn}\left(\frac{r_W^{2n}}{r_{св}^{2n}}-1\right)\right\} + p_{св}, \tag{14}$$

where ϑ_{φ_w} - tangential velocity of fluid particles on the line of zero axial velocities [22, b.335],

$$\vartheta_{\varphi_w} = A\vartheta_{вх}\left(\frac{R_Ц}{r_{св} + kz_в^1}\right)^{1/2};$$

$$p_{1\text{в}} = \rho g\left\{h_{\text{в}} + \frac{1}{2gn}A^2\vartheta^2_{\text{вх}}\frac{R_{\text{ц}}}{r_{\text{св}} + k\grave{z}_{\text{в}}}\left(\frac{r_{\text{св}} + k_1\grave{z}}{r_{\text{св}}} - 1\right)\right\}; \tag{15}$$

$$p_{2\text{в}} = \rho g\left\{h_{\text{в}} - dh_{\text{в}} + \frac{1}{2gn}A^2\vartheta^2_{\text{вх}}\frac{R_{\text{ц}}}{r_{\text{св}} + k\left(\grave{z}_{\text{в}} + d\grave{z}_{\text{в}}\right)}\left[\frac{r_{\text{св}} + k\left(\grave{z} + dz\right)}{r_{\text{св}}} - 1\right]\right\}. \tag{15`}$$

By analogy with the external flow, and the areas of the internal (paraxial) flow in sections I and II, respectively, are equal to:

$$\omega_{1\text{в}} = П\left(r^2_{w_1} - r^2_{\text{св}_1}\right);$$

$$\omega_{2\text{в}} = П\left(r^2_{w_2} - r^2_{\text{св}_2}\right).$$

The average values of the axial velocities of the internal flow in sections I and II are equal. $\overline{\vartheta}^2_{Z_{1\text{в}}} = \overline{\vartheta}^2_{Z_{\text{сл}}}\left(\frac{\grave{z}}{h_{\text{в}}}\right)^{2n}$;

$$\overline{\vartheta}^2_{Z_{2\text{в}}} = \overline{\vartheta}^2_{Z_{\text{сл}}}\left(\frac{\grave{z} + d\grave{z}}{h_{\text{в}}}\right)^{2n}.$$

Substituting values $p_{1\text{в}}, p_{2\text{в}}, \omega_{1\text{в}}, \vartheta_{Z_{1d}}, \vartheta_{Z_{2\text{в}}}$ in (12) and, as before, the gently sloping $k_1 \cong k, \left(\omega_{1\text{в}} \cong \omega_{2\text{в}}\right), n = 0.5, p_{1\text{в}} - p_{2\text{в}} = \rho g dh_{\text{в}}$ find:

$$dh_{\text{в}} = \frac{\rho}{\rho g}\vartheta^2_{\text{сл}}\frac{d\grave{z}}{h_{\text{в}}}.$$

From where, after integration, we get $h_{w\text{в}} = \frac{2\grave{z}}{h_{\text{в}}}\frac{\vartheta^2_{\text{сл}}}{2g} + C.$

If $Z \to 0$ head loss $h_{w\text{в}} \Rightarrow 0$, hence the constant of integration C=0.

Means

$$h_{w\text{в}} = \frac{2\grave{z}}{h_{\text{в}}}\frac{\vartheta^2_{\text{сл}}}{2g} = \zeta_{w\text{в}}\frac{\vartheta^2_{\text{сл}}}{2g}, \tag{16}$$

where, $\zeta_{wЖ} = 2\frac{\grave{\grave{z}}}{h_Ж} = 2\left(\frac{z}{h_Ж} - \frac{a}{h_Ж}\right)$

The total pressure loss for mixing the flow in the conical part of the hydrocyclone $h_{w.c.} = h_{wH} + h_{w\text{в}} = \frac{2z}{T}\frac{\vartheta^2_{\text{пес}}}{2g} + \frac{2\grave{z}}{h_{\text{в}}}\frac{\vartheta^2_{\text{сл}}}{2g}$

or $$h_{w.c.} = \zeta_{\text{пес}}\frac{\vartheta^2_{\text{пес}}}{2g} + \zeta_{w\text{в}}\frac{\vartheta^2_{\text{сл}}}{2g}.$$

Since intensive mixing occurs precisely in the conical part, where $z \to H_k, z \to h_{\text{в}}$, then finally we have

$$h_{w.c.} = 2\frac{\vartheta^2_{Znne}}{2g} + 2\frac{\overline{\vartheta}^2_{Zcc}}{2g} = 2\left(\frac{\vartheta^2_{Znne} + \vartheta^2_{Zcc}}{2g}\right) \tag{17}$$

The results of determining the pressure loss for mixing the flow in the conical part of the hydrocyclone based on the data of experimental studies are shown in the table (Table 1) and plots are plotted (Fig. 8).

Table 1 - Definitions according to the formula for the loss of pressure for mixing the flow in the conical part of the hydrocyclone.

№	$\vartheta_{z\text{кку}}$	$\vartheta_{z\text{аак}}$	$h_{w.ap}$	$\frac{\vartheta^2_{Z\text{кку}} + \vartheta^2_{Z\text{аак}}}{2g}$
Experimental data of A. Abduramanov				

1	1,33	0,97	0,2765	0,14
2	1,35	1,11	0,31169	0,1557
3	1,39	1,40	0,397	0,198
4	1,41	1,86	0,555	0,278
Experimental data of A.I. Zhangarin				
5	2,39	1,39	0,780	0,389
6	1,41	1,08	0,32	0,16
7	0,71	0,54	0,081	0,04
Experimental data of K. Zhabagieva				
8	0,27	0,8	0,073	0,0364
9	0,40	1,2	0,153	0,082
10	0,54	1,6	0,29	0,1455

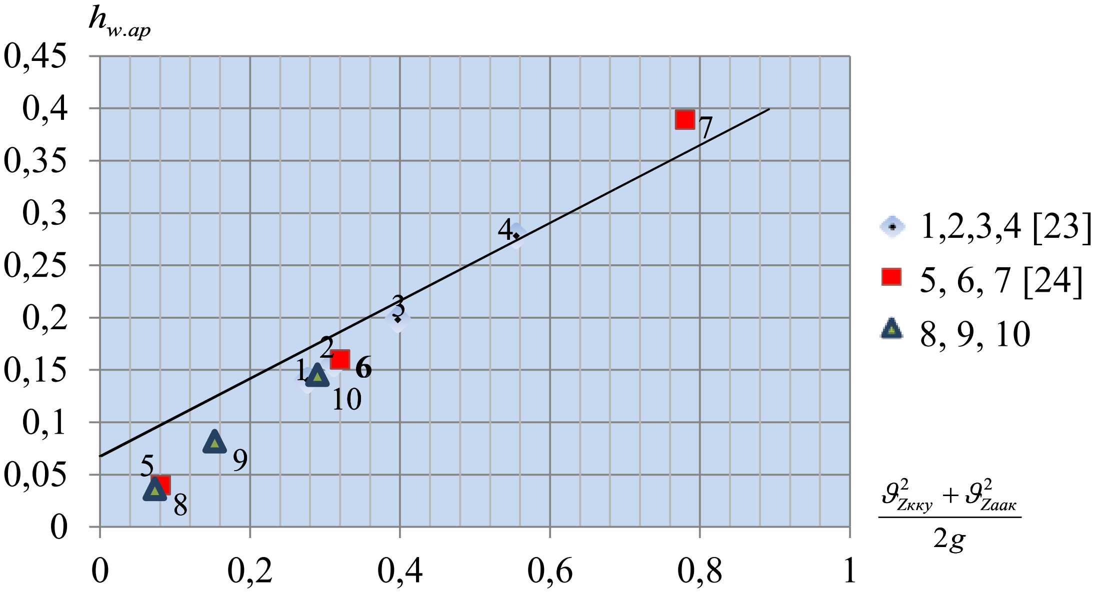


Figure 8 - dependency graph $h_{w.ap} = f\left(\frac{\vartheta^2_{Zкку}+\vartheta^2_{Zаак}}{2g}\right)$

As you can see (Fig. 8) $h_{w.ap}$ the pressure loss for mixing the flow in the conical part of the hydrocyclone depends on the speed $\left(\frac{\vartheta^2_{Zкку}+\vartheta^2_{Zаак}}{2g}\right)$ downstream and upstream.

Conclusion

To study the structural characteristics of the hydrocyclone (Computational dynamics fluid, CDF), its 3D model based on the above geometric characteristics was developed in the software package.

Using mathematical modeling in the FlowVision software package, a computational finite element mesh was modeled, which makes it possible to obtain the hydrodynamic characteristics of the hydro cyclone under study during the calculation. Also represented is the movement of the fluid, expressed as a flash of speed.

For a detailed analysis of hydrodynamic characteristics, graphs of pressure and velocity modulus are presented.

In determining the head loss of a hydrocyclone, the velocities of internally ascending and externally descending flows were used based on the hydrodynamic performance of the hydrocyclone at a level of 275.00 mm.

As a result, a formula was found for determining the pressure loss when mixing flows, based on the experimental data, the pressure loss in the hydrocyclone was found, and a dependency graph was constructed.

The results of our study will be used in the study of energy issues in the use of hydro cyclone pumping units. The formula for determining the head loss during mixing flows will be used by researchers in the study of head loss in various designs of hydrocyclones and hydrocyclone pumping units.

The results of our research can be used to determine the pressure loss in new hydro cyclone pumping units, filter cyclones, filter cyclone pumping units, vacuum hydro cyclone pumping units, single-surface and double-surface vortex jet apparatuses, hydro cyclone-jet apparatuses.

REFERENCES

Abduramanov A., 2011. Hydraulics of hydrocyclones and hydrocyclone pumping units. Taraz: "Senim", 296 p.

Abduramanov A.A., Zhabagieva K.R., 2006. Total pressure loss in the hydrocyclone. Abstracts of the 2nd International Scientific Conference "Problems of Modern Mechanics", Almaty, Kazakhstan, 1 p.

Abduramanov A.A., Donis D.K., 2000. Loss of pressure for mixing mass in a hydrocyclone.// Proceedings of the international scientific-practical conference “Education and science. third millennium. - part 1., Taldy-Korgan., 213 p.

Gutman B.M., Ershov V.P., Mustafaev A.M., 1983. Calculation of hydrocyclone installations for the oil industry. Baku, "Azerneshr", 109 p.

Idelchik I.E., 1975. Handbook of hydraulic resistance. - M., "Engineering", 559 p.

Zhurba M.G., 2003. Water intake and treatment facilities and devices. Textbook, ed. - M., publishing house "Astrel and Ast", 569 p. Chapter 8, "Hydrocyclone installations" 307...336 p.

Kryazhevsky N.F., Kryazhevsky F.N., 2000. Intensification of the work of group water pipelines. - Krasnodar, publishing house "Soviet Kuban", 365 p. Chapter 6. 201–227 pp.

Kukolevsky I.I., Podvidz L.G., 1981. Collection of tasks on machine-building hydraulics. - M., "Engineering", 463 p.

Kiselev P.G., 1972. Handbook of hydraulic calculations. - M., "Energy", 312 p.

Salakhov F.S., 1968. Circulation chamber for sediment control during water intake from mountain rivers. // Proceedings of the Azerbaijan Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation. vol. VII, Baku, p. 230...312.

Ternovsky I.G., Kutepov A.M., 1994. Hydrocyclone. - M., "Nauka", 349 p.

Bradly D., 1965. The hydro cyclone. - L., 330 p.

Svarovsky L., 1977. hydro cyclone. - Solid-Liquid separ. - L. Pp. 101–123.

Abdiramanov A., Zhabagieva K.R., 2016. Agyn aralasuyndagy arynnyn shygyndaluy // Kazakh bas saulet-kurylys academiyasy khabarshysy. - Almaty, 2016. - № 1 (56). - Pp. 138–144.

Abduramanov A.A., 1987. Fundamentals of hydraulics of hydro cyclone pumping units. Dis ..... doc. tech. Sciences. - M., 137 p.

Sun J., Govers G., Shi M., Zhai Ya, and Wu F., 2020. “Effects of Different Tillage Practices on the Hydraulic Resistance of Concentrated Flow on the Loess Plateau in China,” Catena, vol. 185, article number 104293, 2020. (in Eng).

Wang N.A., Shijun Y., Wang Ya., Zhang H., Qingwei M., Xuejing Zh. and Leiyang Mi, 2018. “Hydraulic Resistance Identification and Optimal Pressure Control of District Heating Network,” Energy and Buildings, vol. 170. Pp. 83–94, 2018. (in Eng).

Imanaliyev T., Koybakov S., Karlykhanov O., Amanbayeva B., Bakiyev M., 2022. Prospect for development of water resources management in the South of Kazakhstan. News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. https://doi.org/10.32014/2518-170X.240. Volume 6. Number 456 (2022). Pp. 80–95. (in Eng).

Haicai L.V., Zhang Q. Bi, Z., Zhu G., Kun L. and Hongyang L., 2018. “Hydraulic Resistance of In-Tube Cooling Supercritical Water Accompanying Out-Tube Pool Boiling,” Applied Thermal Engineering. Vol. 141. Pp. 394–405, 2018. (in Eng).

Ibrayev T.T., Li M., Bakbergenov N., Panenka P., Batyrbayeva A. Problems of the use of water resources and the ways of their solution in Kazakhstan. News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2022 (4). Pp. 69–80. (in Eng).

CONTENTS

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see http://www.elsevier.com/publishingethics and http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see http://www.elsevier.com/postingpolicy, that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE, and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service http://www.elsevier.com/editors/plagdetect.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:
www:nauka-nanrk.kz
http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/
ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәлиқызы*
Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*
Верстка на компьютере *Г.Д.Жадыранова*

Подписано в печать 14.04.2023.
Формат 70х90$^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
20,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-19