

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Иргалиев Төрехан Мадидұлы

«Судың қышқылдығын анықтайтын құрылғы жасау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



КОРҒАУҒА РҰҚСАТ

РТЖАТК кафедра меңгерушісі
техника ғылымдарының кандидаты
Қ.А. Ожикенов
«2» мамыр 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «Судың қышқылдығын анықтайтын құрылғы жасау»

5B071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындалды



Рецензент

Т.С.Қ. Құрманғалиев пр.ф. и.а.
М.А.С. Мамасинов д.к.

«27» мамыр 2022 ж.

Иргалиев Төрехан

Ғылыми жетекшісі
тех.ғылым магистрі,
лектор

Базарбай Л.

«25» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау



БЕКІТЕМІН

РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылымдарының кандидаты
Қ.А. Ожикенов
« 24 » мамыр 2022 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушыға Иргалиев Төрехан Мәдиұлы

Тақырыбы: Судың қышқылдығын анықтайтын құрылғы жасау

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген №489-П/Ө 24.12.2021 ж.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: судың қышқылдығын анықтайтын құрылғы жүйесін жасау болып табылады.

Дипломдық жобада әзірленуге жататын мәселелер тізімі:

а) Судың қышқылдығын анықтайтын құрылғы жүйесін жасау зерттеу, түсіну

б) Әр түрлі сападағы сұйықтықтарды зерттеу, түсіну

в) Тәуелділік кестесін құрастыру, нәтижелерін салыстыру.

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

10 слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 әдебиеттер тізімі

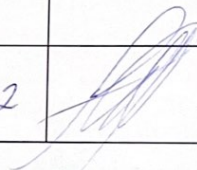
Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	04.02-03.03.2022	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	05.03-18.03.2022	Орындалды
Зерттеу бөлімі	20.03-02.04.2022	Орындалды
Қорытынды бөлім	20.04-06.05.2022	Орындалды

Аяқталған дипломдық жобаға және оған қытысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекшілер, кеңесшілер, (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Көшербай М.А, техника ғылымдары магистрі	25.05.22	

Ғылыми жетекшісі



Базарбай Л.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Иргалиев Т.М.

Күні

«25» мамыр 2022 ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобаның мақсаты судың қышқылдығын анализдеуге арналған құрылғыны қарастыру. Аналогтарды құрылғылардың функциянадығы мен дизайнның анықтап, универсалды, жинақты аспапты құру.

Бастапқы екі бөлімінде суды анализдеудің маңыздылығын ұсына отырып, суды анализдеуге арналған датчиктермен танысып, соның ішіндегі қышқылдығын анықтайтын датчикпен (рН метр), теориялық түрде сипатталынады.

Соңғы бөлімі рН метрдің пратикалық түрде қарастырыла отырып, Arduino микроконтроллеры арқылы рН метр аспабын құрып, анализдер жасау.

АННОТАЦИЯ

Целью данного дипломного проекта является рассмотрение устройства для анализа кислотности воды. Определение аналогов по функциональности и дизайну устройств, создание универсального, комплектного прибора .

Предложив важность анализа воды в первых двух разделах, теоретически можно ознакомиться с датчиками для анализа воды, в том числе датчиком, определяющим ее кислотность (рН метр).

Заключительная часть состоит в том, чтобы создать и проанализировать прибор рН-метра с помощью микроконтроллера Arduino с пратрическим рассмотрением рН-метра.

ANNOTATION

The purpose of this thesis project is to consider a device for analyzing the acidity of water. Identification of analogs in terms of functionality and design of devices, creation of a universal, integrated device.

Having suggested the importance of water analysis in the first two sections, it is theoretically possible to familiarize yourself with sensors for water analysis, including a sensor that determines its acidity (pH meter).

The final part is to create and analyze a pH meter device using an Arduino microcontroller with a practical review of the pH meter.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Суды анализдеу және оның датиктері	10
1.1	Судың анализдеу туралы жалпы түсінік және оның маңыздылығы	10
1.2	Суды анализдеуге арналған датчиктер	11
2	РН метр (теориялық бөлім)	13
2.1	РН метр – судың қышқылдығын анықтайтын құрылғы	13
2.2	Анализатордардың түрлері және характеристикалары	13
2.3	РН метрдің қолданылуы салалары	14
2.4	РН электроды және оның характеристикалары	15
2.5	pH-электродтардың харектиристикалары	15
2.6	pH-электрод схемасы	20
2.7	pH-тың температураға тәуелділік теориясы	22
3	РН метр (практикалық бөлімі)	24
3.1	Функционалды қосылу схемасы	24
3.2	Жоба бойынша жүргізілге тәжірибелер	25
	Қорытынды	26
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	27

КІРІСПЕ

Су – адамзаттың өмір сүруінің квинтэссенциясы. Оның әр түрлі қолданылуы оның үнемі сұраныс күйінде болатындығын білдіреді. Сумен қамтамасыз ету негізінен көлдер, бұлақтар және мұхиттың өзі сияқты үлкен су қоймаларынан жүзеге асырылады. Осылайша, оның адам тұтынуына қолайлы екеніне көз жеткізу үшін оның сапасын бақылау жақсы тәжірибе болып табылады. Су сапасының ағымдағы мониторингі дәстүрлі зертханаларда жиі жүргізіледі, бірақ көп уақытты қажет етеді және дәлсіздіктерге ұшырайды.

Табиғи сулар әртүрлі заттардың күрделі ерітінділері болып табылады, өйткені табиғи цикл процесінде олар көптеген минералдармен, органикалық қосылыстармен, газдармен байланысып, оларды ерітеді. Сондықтан табиғи сулардың химиялық құрамы еріген газдардың, әртүрлі минералды тұздар мен органикалық қосылыстардың барлық күрделі кешенін білдіреді. Дистиллирленген суда иондар, бөлінбеген молекулалар (соның ішінде газдар) және коллоидтар түрінде болатын 50-ден астам элементтер табылды. Сондықтан, осы мақаланың мақсаты су сапасын бақылау үшін Arduino негізінде сенсорлық жүйені енгізу мүмкіндігін зерттеу болып табылады.

Бұл дипломдық жобада зерттеу объектісі, Ph метр аспабы болады, ол ерітінділерде, суда, тамақ өнімдері мен шикізатта, қоршаған орта объектілерінде және технологиялық процестерді үздіксіз бақылаудың өндірістік жүйелерінде, оның ішінде агрессивті орталарда сутегі иондарының белсенділігін сипаттайтын сутегі көрсеткішін (n көрсеткішін) өлшеуге арналған аспап.

Микроконтроллер Arduino. Ph метрден тұратын қарапайым прототипін құру практикалық жұмыстың бірінші мақсаты болады. Сондан соң әртүрлі сұйықтықтарды алып (шырын, су, спирт, тұзды су), датчик арқылы анализ жасап, Ph мәнін анықтау. Екінші тапсырма бұл, зерттелінген формулаға байланысты, кез келген сұйықтықтағы Ph-тың температураға тәуелділік теориясы жүзеге асырып, негізгі зерттеумен салыстыру.

1 Суды анализдеу және оның датиктері

1.1 Судың анализдеу туралы жалпы түсінік және оның маңыздылығы.

Адам өз өмірінде негізінен тұщы суды пайдаланады. Жер бетіндегі су қоры 1386 миллион км³ құрайды, бірақ бұл мөлшердің тек 2,5% - ы, яғни 35 миллион км³-і тұщы су, ал қалған 97,5% - ы мұхиттардың, жер асты көздерінің, тұзды көлдердің минералданған суларына келеді. Бұл тұщы су ресурстары жеткілікті болып көрінсе де, бірақ бұл тұщы судың негізгі мөлшері оны пайдалануға жарамсыз күйде. Тұщы судың шамамен 70% - ы мұздықтарда, шамамен 30% - ы жер асты кен орындарында және тұщы судың тек 0,006% - ы жер шарының барлық өзендерінде кездеседі.

Құрлықтың шамамен 60% - ы құрғақ және жартылай аридті (құрғақ), Жер шары тұщы сулардан (Сауд Арабиясы, Чили, Кувейт, Мексика, Солтүстік Африка) толығымен немесе ішінара айырылған. Тұщы су көздерін іздеу судың сапасын анықтауға байланысты, оны талдау арқылы анықталады. Сол үшін судың талдау әдістерін қолдаған маңызды. Суды далалық және зертханалық талдау әдістерін келтіре отырып, титриметрия және фотоколориметрия және неэлектрметриялық пен электрметриялық әдістері толығырақ қарастырылады. Бұл әдістер судың құрамын анықтау үшін кеңінен қолданылады.

Титриметрия (Көлемді талдау) сандық талдаудың классикалық әдістерінің бөлігі болып табылады. Титриметрияда анықталған заттың мөлшерін табу үшін белгілі концентрациядағы реактивтердің ерітінділері қолданылады. Талданатын заттың белгілі мөлшеріне (талдамалы таразыларда алынған ілмегі, дәл өлшенген көлемі) реактив ерітіндісінің стехиометриялық мөлшерін қосқан кезде реакцияға қатысатын зат мөлшерін реактив ерітіндісінің көлемі мен концентрациясы бойынша есептейді. Талдау кезінде қолданылатын белгілі концентрациясы бар реагент ерітіндісі титрленген ерітінді (жұмыс ерітіндісі), ал анықтау процедурасы титрлеу деп аталады. Стехиометрия нүктесі индикаторлар немесе физикалық әдістер арқылы анықталады.

Фотоколориметрия – Фотоколориметрия боялған ерітінділермен жарықтың сіңуін өлшеуге негізделген. Ол колориметриядан ерекшеленеді, өйткені жарықтың сіңу қарқындылығы зерттеушінің көзімен емес, арнайы құрылғылармен – фотоэлектрколориметрлермен бағаланады. Боялған ерітінділермен жарықтың сіңуін өлшеу принципі-ерітіндімен немесе еріткішпен кювет арқылы өтетін жарық энергиясының ағыны фотоэл элементіне түсіп, жарық энергиясын электр энергиясына айналдырады, ол гальванометрмен өлшенеді. Фотоэлементтерді ұзақ уақыт үздіксіз жарықтандыру кезінде фототок күші әлсірейді, электр эффектісі оқиғаның Жарық қарқындылығына сәйкес келмейді. Бұл құбылыс фотокелдің шаршауы деп аталады. Сондықтан фотоколориметриялық зерттеулерде үзіліс жасау керек.

Неэлектрметриялық тәсілдердің түрлері көп, соның бірі: каталикалық (каталитические), калориметриялық, спектометриялық. Бұл тәсіл зертханада жоғары дәлдікте өлшеу үшін қолданылады, өндірістік жағдайда бұл тәсіл жарамсыз.

Электрметриялық тәсілі екі түрге бөлінеді: кондуктометриялық және гальванометриялық. Кондуктометриялық тәсілі ерітіндінің электр өткізгіштігін анықтайтын РН шамасына негізделген тәсіл.

1.2 Суды анализдеуге арналған датчиктер.

1. ORP сенсоры (ORP (The Oxidation-Reduction Potential қаз. тотығу потенциалы)) аквакультура үшін судың сапасын өлшеудің маңызды көрсеткіші болып табылады, ORP мәні судың жақсы немесе нашар сапасын көрсете алады. ORP мәні неғұрлым үлкен болса, су объектісінің тотығуы соғұрлым күшті болады, мәні неғұрлым аз болса соғұрлым тотығуы аз болады.



Сурет 1.1 – ORP Sensor

2. Өткізгіштік датчигі – Электр өткізгіштік-бұл резервуарда электр тогын өткізу мүмкіндігі. Судың сапасын бақылау кезінде өткізгіштік судың сапасын көрсететін маңызды көрсеткіштердің бірі болып табылады. Судың өткізгіштік мәні неғұрлым жоғары болса, өткізгіштік соғұрлым жақсы болады, судағы TDS мәні соғұрлым жоғары болады. TDS мәні-судағы ерітілген қоспалардың құрамы. TDS мәні неғұрлым көп болса, судағы қоспалардың мөлшері соғұрлым көп болады. Керісінше, қоспалардың мөлшері неғұрлым аз болса, соғұрлым су көп болады.



Сурет 1.2 – Өткізгіштік датчигі

3. Turbidity Sensor (бұлыңғырлық сенсоры) – судың майлылығын өлшейтін аспап. Ол өте мықты дәлдікпен сұйықта өткен жарықтың санын өлшейді, себебі су қоймасындағы ластануды көрсететін судағы тоқтатылған заттарды дәл өлшеу. Осылайша, судың сынамасындағы лайлылық өлшенеді және сызудан кейін соңғы мән алынады. Әдетте өзендерді, Ағынды суларды, Ағынды суларды дәл өлшеу үшін су сапасының детекторында қолданылады.



Сурет 1.3– Turbidity Sensor

2 РН метр (теориялық бөлім)

2.1. РН метр – судың қышқылдығын анықтайтын құрылғы

РН метр дегеніміз - кез келген сұйықтықтың рН(potential hydrogen(потенциалды сутегі)) деңгейі арқылы қышқылдықпен немесе сілтілікпен анықтайың, 0-ден 14-ке дейінгі шкала бойынша ұсынылған құрылғы (мұндағы: рН 7 бейтарап, рН 0 қышқыл және рН 14 сілтілі). Химиктер индикаторлардың түсі бойынша, мысалы, фенолфталеиннің көмегімен ерітінділердің қышқылдығын анықтауды үйренді, бірақ өндірісте оны үнемі бақылау мүмкіндігімен және ортаның күйін нақты сандық сипаттау қажет. Осы мақсаттар үшін рН-метрлер жасалды.



Сурет 2.1– РН метр

2.2. Анализаторлардың түрлері және характеристикалары:

Кесте 1 – Анализаторлардың түрлері және характеристикалары

Анализатордың аталуы, моделі	Техникалық характеристикасы	Бағасы
Самара-ЗрН	Суда ерітілген оттегінің концентрациясын өлшеу диапазоны; Температураны өлшеу диапазоны; РН өлшеу диапазоны; Автономды қуаттану (4 дана АА аккумуляторлар); Зондық кабелінің өлшеу ұзындығы	380 000 тг ~ 69 000 руб.

АНИОН 4100 стационарлы рН-метр лабораториялық	1Шығу сигналдары: RS-232; Индикациясы: сандық(цифровая), жарық(световая); Сутегі иондарының белсенділігін өлшеу диапазоны (рН): -2-ден 14 рН-ға дейін; рН Дискреттілігі: 0,01 Рн; Су ортасының температурасын өлшеу: бар; Өлшемдері: 220x180x75 мм; Салмағы: 0,9 кг	440 000 тг. ~80 000 руб.
PH PAL PLUS TESTER	Күнделікті қолдануға өте ыңғайлы қалта өлшегіші; Автоматты қайта калибрлеу функциясы; Дәлдігі $\pm 0,2$ рН; LR44 Батарея 4 x 1,5 вольтты; 8 мм ЖК-дисплей; Өлшемдері 15 x 32 x 170 мм; Салмағы 70 грамм;	47 евро ~ 22 500тг
8000 PH METER	рН диапазоны 0-ден 14-ке дейін; Дәлдік $\pm 0,05$ рН; Батареяның қызмет ету мерзімі 3 x 1,5 вольт ААА-5000 сағат; Аралас сенсор типті электрод; ЖК дисплей; Өлшемдері 25 x 56 x 128 мм; Салмағы 130 грамм;	75евро ~ 36 000тг

2.3. рН метрдің қолданылуы салалары

Бұл аналитикалық аспапты көптеген салаларда қолдануға болады:

1. тамақ өнімдерін өндіру - сыра дайындау – рН мәнінің төмендеуі рН төмендеуі құлмақтың ащы бөліктерінің ерігіштігін төмендетеді және қаттылықты арттырмай күшті құлмақтарды қолдануға мүмкіндік береді.

2. бау-бақша - топырақтың рН мәні өте маңызды, өйткені өсімдіктер өте тар рН диапазонында жақсы өседі. Оңтайлы рН деңгейі өсімдік түріне байланысты өзгереді. Гидропоникада рН бақылау топыраққа қарағанда одан да маңызды, өйткені рН тым жоғары немесе тым төмен болуы кейбір химиялық заттардың тұнбаға түсуіне әкелуі мүмкін. Пайдалы топырақ бактериялары сәл қышқыл топырақта жақсы өседі. Топырақтың рН мөлшері тым жоғары болса, өсімдіктердің қоректік заттары ерімейтін қосылыстар түзеді. Егер рН тым төмен болса, кейбір металдардың улы мөлшері қол жетімді болады.

3. Коррозиядан қорғау - темірдің коррозиясы рН 4,3-тен төмен, бірақ 4,3-тен жоғары жартылай қорғаныс қабаты пайда болады. Қышқыл топырақ осы

деңгейден төмен болуы мүмкін. РН 10,5-тен жоғары болған кезде төзімді қабат пайда болады. Оксид қабаттарының қалыңдығын ЭМӨ өлшеу арқылы бағалауға болады. Егер ЭМӨ оксидтің ЭКҚ (Электр қозғаушы күш)-ке жақын болса, онда жабын толық және кеуекті емес, бірақ егер ЭКҚ негізгі металдың ЭКҚ -ге жақын болса, онда қабаты аз қорғаныс құндылығына ие болады.

2.4 рН әдісінің принципі

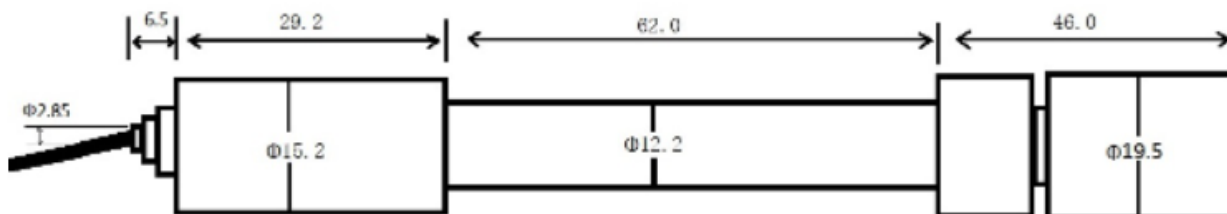
Су әлсіз электролит бола отырып, H^+ және OH^- иондарына аз мөлшерде ыдырайды. Сулы ерітінділерде бұл иондардың концентрациясының өндірісі судың иондық өнімі деп аталады, ол тұрақты және $25^\circ C$ де 10^{-14} ке тең.

Су сынамасының РН шамасын анықтау әдісі екі жартылай элементтен - электродтардан тұратын гальваникалық элементтің электр қозғаушы күшінің шамасы бойынша табылған сутегі иондарының концентрациясын анықтауға негізделген (ЭКҚ бұл электродтардың потенциалдық айырымына тең)

2.5. РН электроды және оның характеристикалары

рН электроды - РН электродтары-бұл сутегі потенциалын (РН), ерітіндідегі сутегі иондарының белсенділігінің теріс логарифмін өлшеуге арналған аналитикалық сенсорлар. Заттың рН мәні сутегі ионының $[H^+]$ және гидроксил ионының $[OH^-]$ концентрациясының қатынасына тікелей байланысты.

Характеристикасы:



Сурет 2.2 - SEN0161 РН электроды

РН SEN0161 моделінің өлшемдері:

- Модульдің қуаты: 5,00 В
- печатная платысының өлшемі: 43 мм × 32 мм
- рН-тың өлшеу диапазоны: 0-14
- дәлдігі: $\pm 0,1$ рН
- жауап уақыты: ≤ 1 мин
- BNC разъемымен
- Күшейтуді Реттеу Потенциометрі
- LED қуат индикаторы

Сақтық шаралары:

– РН электродын қолданар алдында және одан кейін оны тазарту үшін (таза) суды пайдалану керек.

– Қысқа тұйықталу кезінде электродтың зағлушқасы таза және құрғақ болуы керек.

– Консервация: электродты консервациялауға арналған анықтамалық ерітінді 3N KCL болып табылады.

– Өлшеу дәлдігіне әсер етпеу үшін ерітінділер арасындағы ластануды болдырмау керек.

– Пайдалану кезінде Электрод керамикалық құм өзегі және сұйықтықтың шығуына арналған резеңке сақина белгілі бір жылдамдықты ұстап тұру үшін тұзды көпір ерітіндісін қалыптастыру үшін алынып тасталуы керек.

ЕСКЕРТПЕ: SEN0161 және SEN0169 зондтары арасындағы айырмашылықтары.

Оларды пайдалану / техникалық сипаттамалары бірдей.

Айырмашылықтар ұзақ жұмыс кезінде анықталады: SEN0169 қолдайды, ал SEN0161 жоқ, яғнисіз SEN0161-ді үздіксіз сынау үшін суға батыра алмайсыз.

Өмір сүру ұзақтығы: 25 ° c, таза суда, екеуімен де үздіксіз сынақтар өткізіңіз, SEN0169 екі жыл жұмыс істей алады, ал SEN0161 тек 6 ай жұмыс істей алады. Анықтама үшін, егер оларды бұлыңғыр, күшті қышқыл және сілтілі ерітіндіге салса, қызмет ету мерзімі бір жылға (SEN0169), 1 айға (немесе одан да қысқа, SEN0161) қысқарады.

Температура, рН, судың бұлдырлығы зондтың қызмет ету мерзіміне қатты әсер етеді. Суға төзімділігі үшін: SEN0169 зондын толықтай суға батыруға болады, ал SEN0161 зондының алдыңғы бөлігін, электродтың шыны ыдысын, артқы жағын, ақ корпустаң кабельге дейін, су астында қалмауы керек, яғни бұл бөліктерді суға батыруға болмайды. Күшті қышқылдар мен сілтілер үшін: SEN0169 күшті қышқылдар мен сілтілерді сынау үшін қолайлы. Егер тестілеу ауқымыңыз әдетте РН 6 ~ 8 шегінде болса, онда SEN0161 бұған қабілетті.

Электродтар бір немесе қос қосылысы бар құрылымға ие. Бір қосылысты электродтар салыстыру электродтарының жүйесін үлгімен байланыстыруға қызмет етеді. Бұл электродтар арзанырақ, алайда жоғары қысым, жоғары температура немесе қатты қышқыл немесе сілтілі ерітінділер сияқты қолайсыз жағдайларда қосылыс арқылы электролиттің оң ағымы көбінесе керісінше өзгереді, бұл үлгіні салыстыру үшін бөлікке жібереді. Егер бұл орын алса, салыстыру электродының ластануы мүмкін, бұл электродтың істен шығуына әкеледі. Қос қосылысты электродтар салыстыру электродын оқшаулайды, сондықтан сынама алынған жағдайда да салыстыру электродының ластануы азаяды. Сонымен қатар, қос өтпелі электродтың сыртқы толтырғыш ерітіндісінде күміс жоқ, бұл қосылыстың күмісті тұндыру арқылы бітелу қаупін азайтады.

Бұл электр қосылыс-бұл үлгі мен ішкі сілтеме ұяшығы (внутренняя эталонная ячейка) арасындағы электр жолы.

Керамика: кеуекті (пористый) керамикалық материал - ең көп қолданылатын қосылыстардың бірі. Шыны корпусы бар электродтар үшін керамикалық байланыстырушы материал әйнекпен оңай біріктіріледі, сонымен қатар ұқсас

кеңейту коэффициентіне ие. Электродтарда бір, екі немесе үш есе керамикалық ауысу болуы мүмкін.

PTFE: Polytetrafluoroethylene: Политетрафторэтилен гидрофобты қасиеттері бар, олар ең химиялық төзімді қосылыстардың бірін қамтамасыз етіңіз. Әдетте, бұл технологиялық процестер үшін рН электродтарында қолданылады.

PTFE втулкасы: Политетрафторэтиленнен (PTFE) жасалған втулка. PTFE гидрофобты қасиеттері бітелудің алдын алу жүйесін қамтамасыз етеді.



Сурет 2.3 - Типтік рН шыны электрод

рН электродының функциясы:

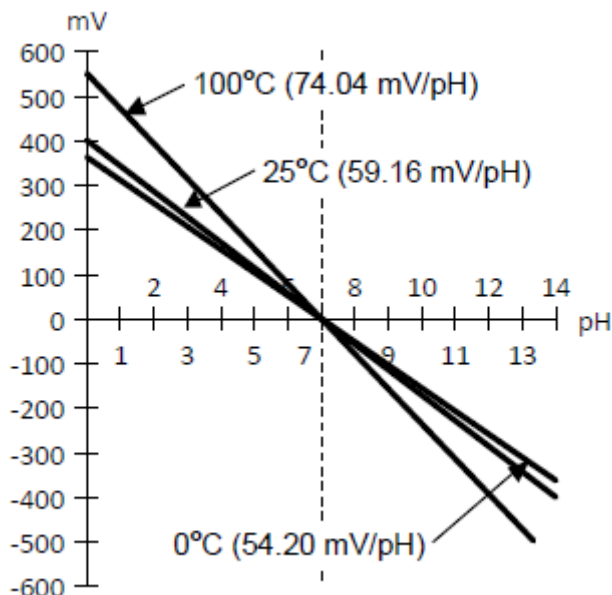
$$pH(X) = pH(S) + \frac{(E_S - E_X)F}{RT \ln(10)} \quad (1)$$

Бұнда:

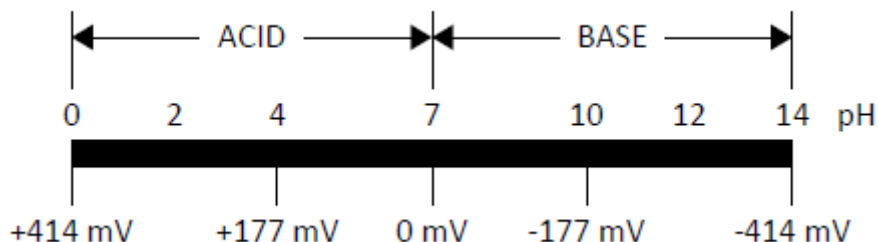
- $pH(X)$ = белгісіз ерітіндінің рН (X)
- $pH(S)$ = стандартты ерітіндінің рН = 7
- E_S = стандартты немесе стандартты электродтағы электрлік потенциал
- E_X = рН өлшеу электродындағы электрлік потенциал
- F - Фарадей тұрақтысы = $9.6485309 \cdot 10^4$ с моль⁻¹,
- R-эмбебап газ тұрақтысы = 8.314510 Дж К⁻¹ моль⁻¹

- Т-Кельвиндегі температура

2 және 3-суреттердегі тасымалдау функциясы ерітіндінің рН жоғарылаған сайын рН-өлшейтін электрод өндіретін кернеудің төмендейтінін көрсетеді.



Сурет 2.4 - рН-электродты тасымалдау функциясы



Сурет 2.5 - рН шкаласы

рН электродының сезімталдығы температураға байланысты өзгеретінін ескеру маңызды. рН-электродты тасымалдау функциясына қарасақ, сезімталдық 2-теңдеуге сәйкес температураға байланысты сызықты түрде артады:

$$\frac{RT \ln(10)}{F} \text{ немесе } 0.000198T \text{ V/pH} \quad (2)$$

Бұл температураға тәуелді сенсор шығысының толық масштабты диапазонына әкеледі. Мысалы, 25°C температурада электродтың сезімталдығы 59,16 мВ/рН құрайды және электродтың шығысы -7рН x -59,16 мВ/рН = +414,12 мВ (рН 0 күшті қышқыл) +7 рН x -59,16 мВ дейін өзгереді. /рН = -414,12 мВ (рН

14 күшті негіз). Алайда, егер өлшенген ерітінді температурасы 100°C дейін көтерілсе, шығыс $-7\text{pH} \times -74,04 \text{ мВ/рН} = +518,29 \text{ мВ}$ -тан $+7\text{pH} \times -74,04 \text{ мВ/рН} = -518,29 \text{ мВ}$ -қа дейін өзгереді. Осы мінез-құлыққа байланысты өлшенетін ерітіндінің температурасын білу және өлшеуді сәйкесінше өтеу өте маңызды.

25°C температурада идеалды электрод рН жетіге тең ерітіндіге салғанда 0 мВ өндіреді. Әрине, нақты электродтар идеалды емес және 0 мВ-тан өзгертін нақты көрсеткішке ие болады. Бұл вариация электродтың өшіру қатесі деп аталады. Жоғарыда айтылғандай, идеалды электродтың 25°C температурадағы сезімталдығы рН бірлігіне 59,16 мВ құрайды. Осы идеал мәннен кез келген ауытқу электродтың аралығының қатесі ретінде көрсетіледі. Жүйенің жоғары дәлдігі қажет болса, бұл қателерді калибрлеу арқылы есепке алу қажет.

Кесте 2 - рН электродтарының түрлері:

түрлері	сипаттамасы
Стандартты өлшем	Үлгілердің әртүрлі өлшемдерінде қолдануға арналған электродтың диаметрі 12 мм.
Жартылай микро	көлемі 200 мл дейінгі үлгілер үшін электродтың диаметрі 6-дан 8 мм-ге дейін
Микро	тек 0,5 мкл өлшемді үлгілер үшін электродтың диаметрі 1-ден 5 мм-ге дейін

Кесте 3 - РН-электрод корпусының материалдары:

түрлері	сипаттамасы
шыны корпус	Іс жүзінде кез келген үлгімен, соның ішінде еріткіштермен үйлесімді.
эпоксидті	Сынуды олдырмау үшін өте берік және берік.

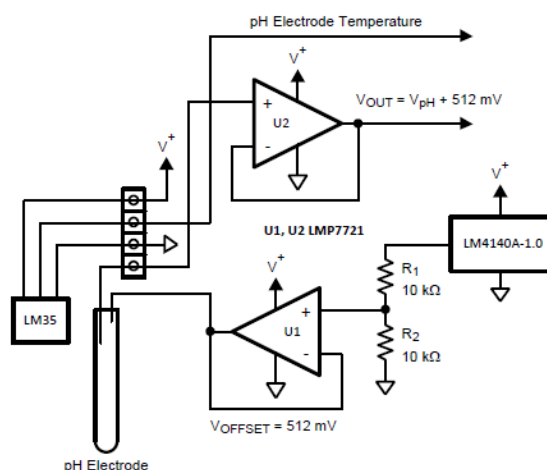
РН электродын толтыру түрлері қарай:

1. Көп мәртелік пайдалану

– Қызмет көрсету қарапайымдылығы, бірақ толтырушы ерітіндісі қажет етеді.

- Сұйықтықты мерзімді толтыру және төгу қажет
 - Ұзақ қызмет мерзімі
 - рН дәлдігі 0,01-ден 0,02-ге дейін
 - Ең жақсы жауап алу уақыты.
2. Полимермен толтырылған (герметикалық)
- Төмен дәрежедегі эксплуатация шығындары, ерітіндісімен толтыру қажет емес
 - герметикалық
 - Пайдалану оңай, көптеген қосымшалар үшін өте қолайлы
 - Дәлдігі 0,02 рН
3. Гельмен толтырылған (герметикалық)
- Төмен дәрежедегі эксплуатация шығындары, ерітіндісімен толтыру қажет емес
 - Герметикалық
 - Пайдалану оңай, көптеген қосымшалар үшін өте қолайлы
 - рН дәлдігі 0,05-тен 0,1-ге дейін

2.6. рН-электрод схемасы



Сурет 2.6 - рН-электрод схемасы

2.6-суреттегі схема барлық үш мәселені шешеді. Күшейткіш U1 өшірулі рН электродты және 512 мВ-қа орнатылған. Бұған дәл 1,024 В шығаратын ТІ LM4140A-1,0 дәлдіктегі шағын қуатты төмен түсіру кернеуі анықтамасын пайдалану арқылы қол жеткізіледі. Бұл кернеу 10 кОм резистор бөлгішімен 512 мВ тең екіге бөлінеді. Бірлік күшейту конфигурациясында орнатылған U1 күшейткішінің шығысы төмен кедергі кезінде бірдей кернеумен 512 мВ рН электродының эталондық электродына ығыстырады. рН өлшейтін электрод осы 512 мВ ығысу кернеуінің үстіне түсетін кернеуді шығарады. Іс жүзінде тізбек бір қоректену жүйесінде пайдалану үшін биполярлы рН-электрод сигналын бірполярлы сигналға ауыстырады.

Екінші күшейткіш U2 бірлік күшейту конфигурациясында орнатылған және рН электродының шығысын буферлейді. Тағы да, рН-электрод пен өлшеу құралы арасындағы жоғары кіріс кедергісі бар буфер схемаға көптеген өлшеу құралдарымен, соның ішінде төменгі кіріс кедергісі бар құрылғылармен өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді. Көптеген қолданбаларда рН электродының шығыс кернеуі қосымша күшейтусіз пайдалану үшін жеткілікті жоғары. Егер күшейту қажет болса, бұл тізбекті U2-ге күшейту резисторларын қосу арқылы оңай өзгертуге болады.

Температураға байланысты сезімталдықтың ауытқуына түзетулер енгізу үшін ерітіндінің температурасын өлшеу үшін ТІ LM35 дәлдіктегі температура сенсоры қосылады. Бұл дәл температура түзетілген рН өлшеуге әкеледі. Схема тасымалдау функциясын береді:

$$V_{OUT} = V_{pH} + 512mV \quad (3)$$

Мысалы, егер бөлме температурасында (25°C) әдеттегі рН 11,5 болатын тұрмыстық аммиак (NH₃) өлшенсе, рН электродының кернеуі -266 мВ құрайды, бұл 246 мВ шығу кернеуіне әкеледі.

рН электродының арнайы дизайн қиындықтары жүйенің жалпы өнімділігін төмендетпейтін күшейткішті таңдау қажеттілігін тудырады. Күшейткіштің қандай параметрлері рН-электродты қолданудағы кернеу қателігіне көбірек ықпал ететінін түсінуден бастаған дұрыс. Қарастырылатын ең маңызды параметр - күшейткіштің кіріс ығысу тогы. Бұл рН электродының өте жоғары кедергісіне енгізілгенде, тіпті кішкене кіріс ығысу тогы да үлкен кернеу қатесін тудыруы мүмкін.

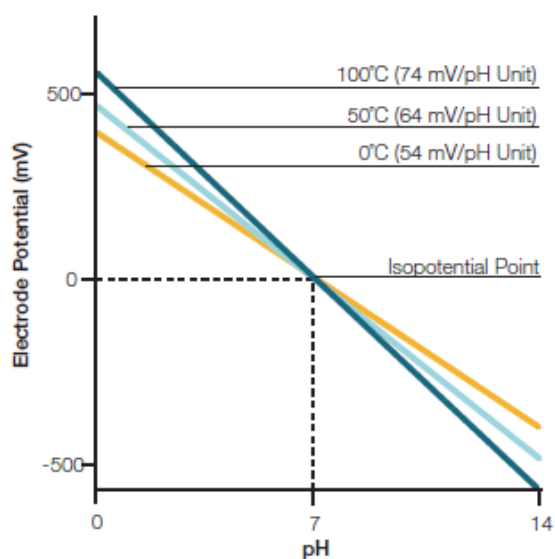
Ті PowerWise өнімдерінің бөлігі ретінде LMP7721 операциялық күшейткіші 1,3 мА ток тұтынған кезде таңқаларлық кең өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді. Бұл кең күшейту жолағы, 120 дБ ашық тізбектің жоғары пайда болуымен қатар, сигналдың дәл қалыптасуын қамтамасыз етеді. Осы техникалық сипаттамалардың арқасында LMP7721 жұмыс күшейткіші рН электродтары бар тізбектерде жақсы жұмыс істеуге мүмкіндік беретін өнімділікке ие.

рН электрод-бұл температураға тәуелді биполярлық сенсор, ол көзге өте үлкен қарсылыққа ие. Бұл дизайн проблемалары бір қуат көзі бар рН электрод тізбегіндегі деңгей мен температураның орнын толтыру арқылы шешіледі. Осы тізбекте пайдалану үшін күшейткішті таңдағанда, төмен ығысу тогы бар күшейткішті қолдану өте маңызды екенін түсіну керек. Ті-ден алынған Power Wise Imp7721 3 fA дәлме-дәл Шығыс күшейткіші сияқты ультра төмен ығысу тогы бар күшейткішті таңдау жақсы таңдау болып табылады.

2.7. рН-тың температураға тәуелділік теориясы

рН өлшеу кезіндегі қателіктердің ең көп таралған себебі-температура. Температураның ауытқуы рН-ға келесі себептер бойынша әсер етуі мүмкін:

1. Электродтың көлбеуі температураның өзгеруіне байланысты өзгереді.
2. рН мәні мен сілтінің мәні температураға байланысты өзгереді.
3. рН электродының және салыстыру электродының ішкі элементтері температуралары өзгергеннен кейін жылу тепе-теңдігіне жеткенде, өлшемдері ауытқуы мүмкін.
4. РН электродтары мен температура зондтарын айтарлықтай өзгертін сілтіге орналастырылған кезде өлшеулер өзгеруі мүмкін, өйткені рН электродтары мен температура зондтарының температуралық сипаттамалары бірдей болмауы мүмкін, ал сілтінің температурасы бірдей болмауы мүмкін, сондықтан рН электродтары мен температура зондтары әртүрлі жағдайларға жауап береді.



Сурет 2.7 - Электрод потенциалының рН мәніне тәуелділік графикасы.

Электродтың көлбеуінің өзгеруі Автоматты температураны өтеу сенсорымен (АТС- automatic temperature compensation) компенсациялану(өтелуі) мүмкін. немесе корпусына АТС сенсоры салынған Thermo Scientific™ Orion™ Triade™ электродтымен. рН метрлері рН өлшемдерінің температурасына негізделген электродтың көлбеуін есептейді. Есептегіш өлшенген температурада буфердің нақты рН мәніне сәйкес буфердің рН мәнін автоматты түрде реттейді.

Температура теориясына байланысты және химиялық тепе-теңдікке байланысты температура өзгерген кезде өлшемдері мен сілтілердің рН мәні өзгереді. рН электродын әр түрлі температурада белгілі рН мәні бар өлшемдері көмегімен калибрлеу керек.

Кесте 4 - температураның рН мәніне тәуелділік кестесі.

Ph мәні 25°C температурада	0°C	5°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
1.68	1.67	1.67	1.67	1.68	1.68	1.69	1.71	1.72	1.74	1.77	1.79
4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.02	4.03	4.06	4.09	4.12	4.16	4.21
6.86	6.98	6.95	6.92	6.87	6.85	6.84	6.83	6.84	6.85	6.86	6.88
7.00	7.11	7.08	7.06	7.01	6.98	6.97	6.96	6.97	7.00	7.03	7.03
9.18	9.46	9.40	9.33	9.23	9.14	9.07	9.01	8.96	8.92	8.89	8.85
10.01	10.32	10.25	10.18	10.06	9.97	9.89	9.83	9.79	9.78	9.78	9.80
12.46	13.47	13.24	13.03	12.64	12.29	11.99	11.73	11.50	11.30	11.13	10.98

pH электродының шығу қуаты-милливольттар, ал тәуелділік pH мәні келесідей көрсетілген:

Кесте 5- Кернеудің pH мәніне тәуелділігі.

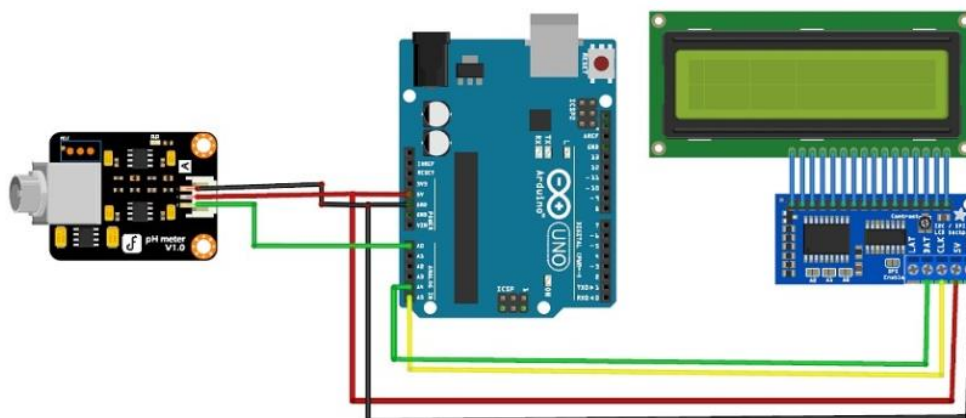
Кернеу (mV)	pH мәні	Кернеу (mV)	pH мәні
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

3 рН метр (практикалық бөлімі)

3.1 Функционалды қосылу схемасы

Кесте 6 - қажетті компоненттер

№	Компонент аталуы	саны
1	Arduino Uno	1
2	рН метр	1
3	LCD I2C дисплей	1
4	сым	8
5	қуат кабелі	1



сурет 2.8 - Қосылу схемасы

рН зондын бір ерітіндіге екінші ерітіндіге салмас бұрын немесе сенсорды қолданғаннан кейін рН электродын әрдайым таза сумен жуып отыру керек (ең жақсы дистиллирленген су). Неғұрлым кернеу қоректендіру + 5,00В жақын, соғұрлым көп нақты көрсеткіштеріді аламыз. Салыстырмалы түрде тұрақты рН көрсеткіштерін алу үшін рН зондын жұмыс орнына тұрақты ерітіндіге батыру керек. Ол ерітіндінің астында қанша уақыт болуы керектігін рН мәніне байланысты, неғұрлым бейтарап ерітіндіге жақын (рН = 7.00), соғұрлым көп уақыт кетеді.

1-әдіс. Бағдарламалық жасақтаманы калибрлеу
(Калибровка программного обеспечения)

Бағдарламалық құралды калибрлеу келесі бөлікке қарағанда оңай - Потенциометрмен аппараттық калибрлеу. Өйткені ол калибрлеу мәндерін Arduino-ның EEPROM-ға жазады, осылайша Arduino-ны ауыстырғыңыз келмесе, біржолата калибрлеуге болады. Ол екі нүктені пайдаланып сызық

сызуға мүмкіндік беретін математикалық әдісті пайдаланады, яғни. стандартты қышқыл ерітіндісін пайдаланып, рН = 4,00 және сілтілі рН = 10,00 немесе 9,18, кернеу мен рН мәні арасындағы сызықтық байланысты құру болып табылады.

3.2 Жоба бойынша жүргізілге тәжірибелер

Кернеуді рН-ға түрлендіру:

1 теңдеуі өлшенген жасуша кернеуі(мВ), рН және температура (Кельвинде)арасындағы қатынасты жинақтайды:

$$E(T) = E^{\circ}(T) - 0.1984 T \text{ рН} \quad (4)$$

$E(T)$ — белгі ұяшық кернеуінің температураға тәуелділігін көрсетеді, ол бес электрлік потенциалдың қосындысы. Төртеуі зерттелетін ерітіндінің рН мәніне тәуелсіз және бірінші кезеңде біріктірілген, $E^{\circ}(T)$. $E^{\circ}(T)$ мыналардың қосындысы:

1. шыны электродтың ішіндегі салыстыру электродының потенциалы
2. шыны мембранасының ішкі бетіндегі потенциал
3. сыртқы салыстыру электродының потенциалы
4. сұйықтықтың ауысу потенциалы.

Екінші мәні ол, $-0,1984 \text{ т / сағ}$, бұл рН әйнегінің сыртқы бетіндегі потенциалы (мВ). Бұл потенциал үлгінің температурасы мен рН-қа байланысты. Егер температура тұрақты болып қалса, кез-келген өзгеріс кернеулер тек үлгінің рН өзгеруінен тәуелді болады. Сондықтан ұяшық кернеуі үлгінің рН өлшемі болып табылады.

рН бойынша сызылған, $E(T)$ теңдеуі у осінде қиылысатын $E^{\circ}(T)$ түзу және көлбеу екенін ескеру керек. $-0,1984T$.

Қорытынды

Бұл дипломдық жобада суды анализдейтін құрылғылардың түрлерімен және характеристикаларымен таныстық, және соның ішіндегі судың қышқылдығын анықтайтын құрылғы рН метрдің жұмыс істеу принципі мен мүмкіншілік функцияларын зерттеу және рН электродының температураға тәуелділік теориясындағы электродтың көлбеуі температураның өзгеруіне байланысты, рН мәні мен сілтінің мәні температураға байланысты өзгеретінің, соның ішінде рН электродының және салыстыру электродының ішкі элементтері температуралары өзгергеннен кейін жылу тепе-теңдігіне жеткенде, өлшемдері ауытқуы мүмкіндігін дәлелдеуге көз жеткізілді.

Қазіргі уақытта белгіленген қасиеттері бар өнімді шығару үшін – өндіріс кезінде рН-ны бақылау керек, сондықтан соңғы өнім қажетті сипаттамаларға сәйкес келеді. рН көрсеткіші өнімнің сыртқы түрін немесе дәмін түбегейлі өзгерте алады. Егер белгілі бір өндірістік процестің шығымдылығы белгілі бір рН-да жоғары болса, онда рН-да өнімнің өзіндік құны төмен болады.

Қорыта келгенде, дипломдық жобада судың қышқылын анықтайтын құрылғы қойылған талаптар бойыншы жобаланып зерттелді.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 pH measurement handbook – ThermoFisher
- 2 Ion-Sensitive Field Effect Transistor as a PH Sensor - Lihong (Heidi) Jiao Grand Valley State University,
- 3 FET pH Sensor Model - Piyush Dak and Muhammad Ashraful Alam Purdue University
- 4 Statistical Analysis of pH Measurements - Dr. Grady D. Carney and Ema Graceni
- 5 Open-Source Low-Cost Wireless Potentiometric Instrument for pH Determination Experiments - Hao Jin,. Yiheng Qin, Si Pan, Arif U. Alam
- 6 Up a new world of pH measurement - ABB MEASUREMENT & ANALYTICS
- 7 Development of an accurate pH measurement methodology for the pore fluids of low pH cementitious materials
- 8 Measurement Uncertainty Calculations for pH Value Obtained by an Ion-Selective Electrode - JózefWiora and AlicjaWiora
- 9 Бейтс Р. Определние рН, 1972
- 10 А.К. Макаров, В. М. Свердлин – приборы для измерения рН,. 1970
- 11 An IoT based Real-Time Monitoring of Water Quality System - Najiya Naj ME student Dept of Information Technology Goa College of Engineering, Goa, India.
- 12 Essentials of pH Measurement - Tim Meirose, Technical Sales Manager Thermo Scientific Electrochemistry Products
- 13 "Do-It-Yourself" reliable pH-stat device by using open-source software, inexpensive hardware and available laboratory equipment - Jovana Z. Milanovic¹, Predrag Milanovic, Rastislav Kragic, Mirjana Kostic
- 14 Effect of Temperature on pH Meter Based on Arduino Uno With Internal Calibration - Lilia Wati Dewi Pratami, Her Gumiwang Ariswati, Dyah Titisari Department of Electromedical Engineering Poltekkes Kemenkes, Surabaya
- 15 Water Quality Analyzer using IoT - Manoharan.S, Sathiyaraj.G, Thiruvekadarishnan.K, Vetriselvan.G.V, Praveenkishor
- 16 PH meter: PH, Arnold Orville Beckman, Acid, Base (Chemistry), Glass Electrode, Hydrogen Ion
- 17 Lambert M. Surhone, Miriam T. Timpledon, Susan F. Marseken - PH Meter
- 18 Optimal Calibration Procedure for Calibrating the pH meters: Chemical and Statistical Approach for the pH Calibration Procedure
- 19 рН-метр, совместимый с BlueSensor, на базе Arduino, URL: https://github.com/MatejKovacic/pH_meter
- 20 рН-метр – прибор, URL: <https://group.chem.iastate.edu/Holme/augmented-reality-in-educational-laboratories/ph-meter/>

ҚОСЫМША А

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
int phval = 0;
unsigned long int avgval;
int buffer_arr[10], temp;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Staring");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}
void loop()
{
  buffer_arr[i]=analogRead(A0);
  delay(30);
}
for(int i=0;i<9;i++)
{
  for(int j=i+1;j<10;j++)
  {
    if(buffer_arr[i]>buffer_arr[j])
    {
      temp=buffer_arr[i];
      buffer_arr[i]=buffer_arr[j];
      buffer_arr[j]=temp;
    }
  }
}
```

```
    }  
    }  
    }  
    avgval=0;  
    for(int i=2;i<8;i++)  
        avgval+=buffer_arr[i];  
    float volt=(float)avgval*5.0/1024/6;  
    float ph_act = 3.5*volt;  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("pH Val:");  
    lcd.setCursor(8, 0);  
    lcd.print(ph_act);  
    delay(1000);  
}
```