

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

Важитова Радмила Ранишевна

«Емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған
басқарудың автоматтандырылған жүйесін 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

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ
РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылымдарының кандидаты
_____ К.А. Ожикенов
« 25 » мамыр 2022 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «Емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесін жасау»

5В071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады

Важитова Радмила

Рецензент
Техника ғылымдарының
докторы

Ғылыми жетекшісі
техника ғылымдарының,
кандидаты

(Ғылыми атағы, дәрежесі)
Джомартов А.А

Ожикенов Қ.А

колы аты-жөні
« 25 » мамыр 2022 ж.

« 25 » мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау



БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылымдарының кандидаты
Қ.А. Ожикенов
« 25 » мамыр 2022 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жобаны орындауға

Білім алушыға Важитова Радмила Ранишевна

Тақырыбы: Емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесін жасау

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу болып табылады, Proteus және Arduino IDE бағдарламалары арқылы басқару жүйесінің функционалдық сұлбасымен шағын макетін құрып, зерттеу.

Дипломдық жобанда әзірленуге жататын мәселелер тізімі:

- а) Медицинада қолданылатын газдар, оның түрлерін зерттеу
- б) Емдеу мекемелерін медициналық газбен қамтамасыз ету жүйесінің теориялық аспектілерімен танысу
- в) Оттегі станциясы, оның жұмыс істеу принципі мен құрылымдық бөліктерін жеке-жеке талдау, Proteus бағдарламасында функционалдық сұлбасын құрастыру
- г) Автоматтандырылған басқарау блогының шағын макетін әзірлеу

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

16 слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 15 әдебиеттер тізімі

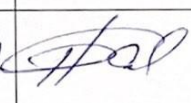
Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

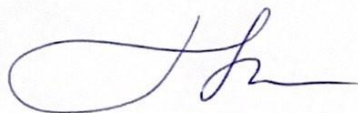
Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	03.02-27.02.2022ж	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	01.03-25.03.2022ж	Орындалды
Зерттеу бөлімі	29.03-27.04.2022ж	Орындалды
Қорытынды бөлім	28.04-03.05.2022ж	Орындалды

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	Баянбай Н.А. техника ғылымдары магистрі, сениор-лектор	25.05.22	

Ғылыми жетекшісі



Ожикенов Қ.А.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Важитова Р.Р.

Күні

«25» мамыр 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобаның мақсаты емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесін жасау.

Дипломдық жоба үш бөлімнен тұрады: Бірінші бөлімде медицина саласында қолданылатын газдар және олардың түрлері; Covid-19 пандемиясына байланысты сұранысқа ие газдардың бірі оттегі болғандықтан оның өндірілу жолдарын, оттегі станциясын қарастырдым.

Екінше бөлімде емдеу мекемелерін медициналық газбен жабдықтау; емдеу мекемелерін газбен қамтамасыз ету компоненттері; медициналық газдар сигнализациясының мониторинг яғни басқару жүйесін зерттедім .

Үшінші құрылымдық бөлімде Proteus және Arduino IDE бағдарламалық жүйелері арқылы оттегі станциясының функционалдық сұлбасын және медициналық газдарды (O_2 , N_2O , CO_2 , сығылған ауа және вакуум) берудің автоматтандырылған басқару жүйесінің шағын макетін құрастырып көрсеттім.

АННОТАЦИЯ

Цель дипломного проекта – создание автоматизированной системы централизованного управления подачей медицинских газов в медицинские учреждения.

Дипломная работа состоит из трех разделов: в первом разделе приведены используемые в медицине газы и их виды; поскольку одним из самых популярных газов в связи с пандемией Covid-19 является кислород, я рассмотрела способы его производства и кислородную станцию.

Второй раздел обеспечивает подачу медицинских газов в лечебные учреждения; компоненты газоснабжения медицинских учреждений; мониторинг медицинской газовой сигнализации, т.е. система управления.

В третьем структурном разделе разработана функциональная схема кислородной станции и миниатюрная модель автоматизированной системы управления подачей медицинских газов (O_2 , N_2O , CO_2 , сжатого воздуха и вакуума) с использованием программных комплексов Proteus и Arduino IDE.

ANNOTATION

The purpose of the thesis is to create an automated system for centralized control of the supply of medical gases to medical institutions.

The thesis consists of three sections: the first section lists the gases used in medicine and their types; Since one of the most popular gases in connection with the Covid-19 pandemic is oxygen, I looked at ways to produce it and an oxygen station.

The second section provides the supply of medical gases to medical institutions; gas supply components for medical institutions; medical gas alarm monitoring, i.e. control system.

In the third structural section, a functional diagram of an oxygen station and a miniature model of an automated control system for the supply of medical gases (O₂, N₂O, CO₂, compressed air and vacuum) were developed using the Proteus and Arduino IDE software systems. .

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Медициналық газдар және оттегі станциясы	10
1.1 Медицинада қолданылатын газдар,оның түрлері	10
1.2 Оттегіні өндіру жолдары	13
1.3 Оттегі станциясы,жұмыс істеу принципі және негізгі құрылымдық бөліктері	14
2 Емдеу мекемелерін газбен қамтамасыз ету жүйесі	20
2.1 Емдеу мекемелерін газбен жабдықтау	20
2.2 Емдеу мекемелерін газбен қамтамасыз ету компоненттері	21
2.3 Медициналық газдар сигнализациясының мониторинг жүйесі	24
3 Медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқару жүйесінің автоматикасы	27
3.1 Автоматтандырылған басқару блогының функционалдық сұлбасы	27
3.2 Автоматтандырылған басқару блогының компьютерлік моделі мен шағын макетін әзірлеу	28
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
А Қосымша	

КІРІСПЕ

Тарихта қаларлық ахуалдардың бірі ол 2019 жылы басталған COVID 19 пандемиясы. COVID 19 пандемиясына байланысты медицинада және адам өмірінде оттегіге сұраныс бірнеше есеге артты және оны жаппай өндірудің шұғыл қажеттілігі туындады деп айтсақ қателеспейміз. Оттегі тыныс алуға және өмір сүруді сақтауға мүмкіндік береді. Ғылым мен техниканың даму барысы медицина саласына да өзінің зор үлесін тигізіп жатыр. Соның бірі атмосфералық ауадан оттегіні алу мүмкіндігі және медицинада адам өмірі мен денсаулығына жауапты оттегіні алу жолдары мен автоматизациясы. Бізге қойылған басты талаптардың бірі атмосфералық ауадан оттегіні өндіру және емдеу мекемелеріне жеткізу жолдарын қарастыру. Ендігі кезекте осы мәселені шешудің негізгі екі жолы бар. Біріншіден, қоладаныстағы оттегі станциясының компоненттерін, автоматты басқару блоктарын қайта қарастырып, зерттеу, модернизациялау немесе жаңарту. Екіншіден, қазіргі талаптарға сай жаңа станция ойлап табу. Соңғы жолдың уақыт пен қаражатты көп талап ететіндіктен бірінші жолды таңдадым.

Оттегінің емдік газ ретіндегі зор маңызын және оның кеңінен қолданылуын ескере отырып, мен «ARLAN OXY» өндірісінің заманауи медициналық оттегімен қамтамасыз ету көзіне назар аудардым.

Жоғарыда аталған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер құрылды:

- медицинада қолданылатын газдар, оның түрлерін зерттеу;
- оттегі станциясы, оның жұмыс істеу принципі мен құрылымдық бөліктерін жеке-жеке талдау;
- емдеу мекемелерін медициналық газбен қамтамасыз ету жүйесінің теориялық аспектілерімен танысу;
- емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесінің функционалды сұлбасын құрау және компьютерлік моделін жасап көрсету;
- емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесін Arduino ортасында құрастырып, жұмыс істеу принципін түсіндіру.

Емдеу мекемелерінде негізгі газдардың бірі оттегі болғандықтан мен дипломдық жұмысымды оттегі станциясы және оның автоматтандырылған басқару блогын қоса қарастыруды дұрыс деп санадым.

1 Медициналық газдар және емдеу мекемелерін газбен қамтамасыз ету жүйесінің теориялық аспектілері

1.1 Медицинада қолданылатын газдар, оның түрлері

Медициналық газдар-бұл таза газдар немесе олардың қоспалары. Емдік газдар мен тыныс алуды ынталандыруға арналған газ қоспалары медициналық газдардың ең сұранысқа ие және маңызды тобы болып табылады. Медициналық газдар емдеу процестерімен тығыз байланысты, өйткені олар қазіргі медицинаның көптеген салаларында қолданылады – хирургия, криохирургия, табиғи жағдайда, анестезиология, пульмонология, эндоскопия, диагностика, медициналық жабдықты калибрлеу және басқалар. Газдарды қолдану аясы өте кең және оларды екі негізгі топқа бөлуге болады: яғни газ тәрізді және сұйық.

Медицинада келесі газдар қолданылады:

- медициналық газ тәрізді оттегі(O_2);
- медициналық сұйық оттегі;
- сұйық азот;
- азот газ тәрізді;
- азот оксиді(N_2O);
- көмірқышқыл газы(CO_2);
- циклопропан;
- ксенон;
- азоттың шала тотығы.
- синтетикалық ауа;
- сығылған ауа;
- аргон газы ;
- ерітілген ацетилен а;
- газ тәрізді гелий А;
- газ тәрізді гелий Б;
- сұйық гелий;
- тағамдық көміртегі қостотығы (көмір қышқылы) ;
- газ тәрізді ксенон ;
- медициналық газ тәрізді криптон.

Медицинада көбінесе осындай газдар қолданылады:

Оттегі - тыныс алу, жүрек-тамыр, жүйке жүйесі ауруларының алдын алу, созылмалы ауруларды жеңілдету, операциядан кейін қалпына келтіруді жеделдету және ауыр дәрі-дәрмекпен емдеу үшін қолданылады. Бүгінгі таңда оттегі концентраторлары жиі қолданылады-олар сенімділік, жұмыс қауіпсіздігі, жүйелердің ұтқырлығы және үнемділігі арқасында өздерін дәлелдеді. Медицинада қолданылатын оттегі жоғары тазалыққа ие (кем дегенде 99,5%), өйткені оның құрамында іс жүзінде ешқандай қоспа жоқ.

Көмірқышқыл газы(CO_2) – түссіз, иіссіз, жанбайтын және тұншықтырғыш газ. Медициналық көмірқышқыл газын медицинаның әртүрлі салаларында қолдануға болады.

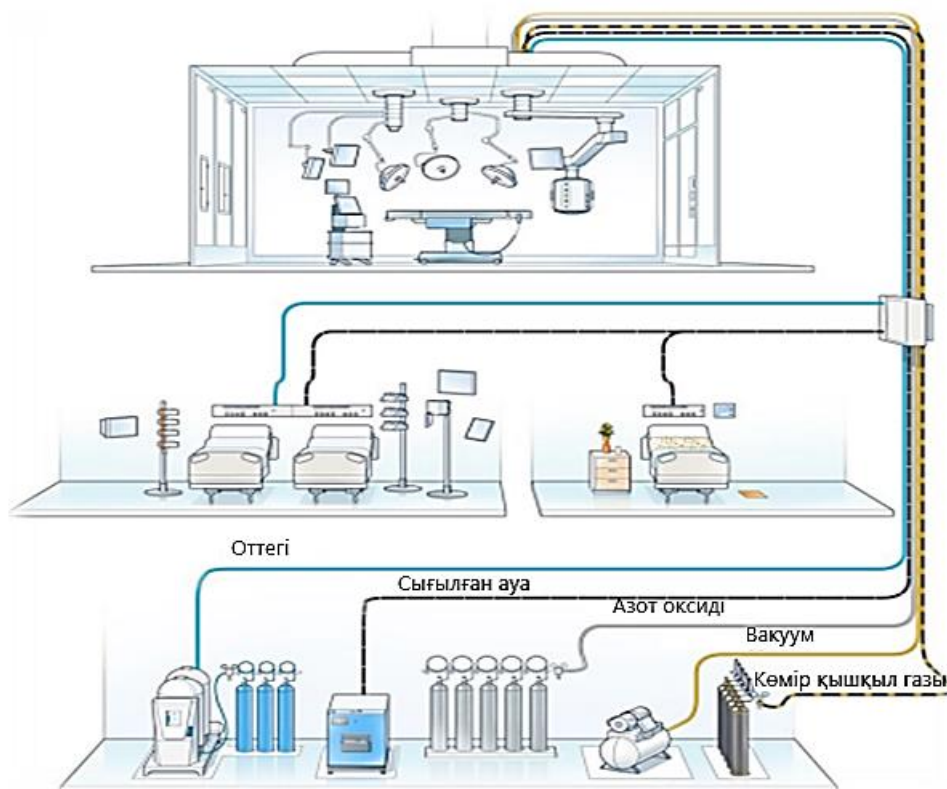
Ішкі қолдану: Көмірқышқыл газы дене қуыстарын ұлғайту және тұрақтандыру үшін лапароскопия, эндоскопия және артроскопия сияқты аз инвазивті хирургия үшін газ күйінде инсуфляциялық газ ретінде пайдаланылады. Бұл хирургиялық өрісті жақсырақ көруге мүмкіндік береді.

Сыртқы қолдану: криотерапия және крионеролиз кезінде теріге -76°C сұйытылған газбен ауырсынуды басады. Сонымен қатар, өнім көміртекті ванналар үшін төмен гипертония, жүрек-тамыр аурулары және т.б. үшін құрал ретінде қолданылуы мүмкін, сондай-ақ анальгетикалық әсерді тудырады және қан айналымын арттырады.

Азот оксиді(N_2O) -ингаляциялық анестезияға арналған агент ретінде денсаулық сақтау саласында белсенді қолданылады. Бұл денсаулық сақтау саласында қолданылатын (көбінесе «күлдіретін газ» деп аталады) ауырсынуды басатын өте танымал және кең таралған түрі. Композицияны ингаляциялау науқастың интоксикация әсеріне, релаксацияға және ұйқышылдыққа әкеледі. Бұл анестезияның салыстырмалы түрде қысқа ұзақтығын қамтамасыз ету қажет болған кезде хирургия мен стоматологияда сұранысқа ие. Кейбір жағдайларда ол басқа ауырсынуды басатын дәрілермен бірге қолданылады. Сұйық азот адам ағзаларын трансплантациялау, сақтау үшін қажет.

Ауруханаларда медициналық ауа негізінен желдету, ингаляциялық терапия және анестезия үшін қолданылады. Демікпе(астма) және өкпенің созылмалы обструктивті ауруы сияқты тыныс алу органдарының ауруларын емдеуде препаратты жеткізудің тиімділігі оның деммен жұту кезінде өкпеге тікелей бағытына байланысты. Әдеттегі ингаляторларды пайдалана алмайтын пациенттерге ингаляциялық препараттарды енгізу үшін небулайзерлер пайдаланылады. Небулайзер машиналары - бұл сұйық дәрі-дәрмектерді, астма дәрісін ұсақ тұманға айналдырады. Содан кейін тұман түтікпен өтіп, ауызға немесе маска арқылы ішке кіреді.

Медициналық вакуум – бұл іс жүзінде газ болып саналмайды, ол аспирация, әртүрлі аппараттарды зарарсыздандыру(стерилизация) және анестетикалық газды шығару жүйесі үшін қолданылатын теріс қысым. Хирургиялық бөлімдерде, стоматологиялық кабинеттерде және қарқынды терапия бөлімшелерінде жұмыс істеу кезінде жиі қолданылады.



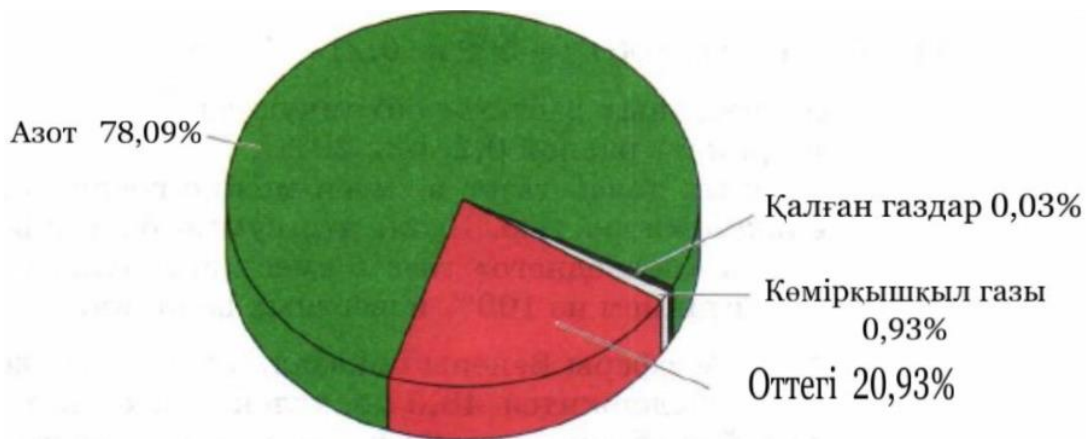
Сурет 1.1 – Медициналық газдар

Кесте 1.1 - Ауруханаларда медициналық газдарды қолдану

Медициналық газдар	Мақсаты	Қолданылу аясы
O ₂	Оттегімен қамтамасыз ету	Аурухананың барлық бөлімшелері
N ₂	Медициналық жабдықта пневматикалық қысымды қамтамасыз ету	Операциялық блоктар
N ₂ O	Хирургиядағы анестезия	Операциялық блоктар
CO ₂	Лапароскопиялық операция кезінде денені ауамен толтыру	Операциялық блоктар
ауа	- тыныс алу үшін ауа беру; - медициналық техниканы іске қосу	Операциялық блоктар, реанимация бөлімшелері, қарқынды терапия палаталары, жедел жәрдем пункттері
вакуум	Вакуумдау	Аурухананың барлық бөлімшелері

1.2 Оттегіні өндіру жолдары

Атмосфералық ауа негізінен үш газдың механикалық қоспасы болып табылады, олардың келесі көлемдік құрамы: азот - 78,09%, оттегі - 20,93%, аргон - 0,93%. Сонымен қатар, оның құрамында шамамен 0,03% көмірқышқыл газы және сирек кездесетін газдар, сутегі, азот оксиді және т. б.



Сурет 1.2 – Атмосфералық ауа құрамы

Өнеркәсіпте оттегі өндірісі атмосфералық ауаны бөлу арқылы жүзеге асырылады. Ол үшін келесі әдістер қолданылады: мембраналық, криогенді, адсорбциялық. Көптеген қолданбалар үшін оттегі үлкен көлемде өндірілуі керек. Ол медицинада және целлюлоза-қағаз өнеркәсібінде жиі кездеседі.

Қазіргі таңда оттегіні өндірудің ең тиімді тараған әдісі ол адсорбциялық әдіс немесе қысымның ауытқу адсорбциясы (Pressure Swing Adsorption). Адсорбция арқылы оттегі алу келесі кезеңдерді қамтиды: ауаны сығымдау, фильтрация, адсорбция, десорбция, жинақтау. Негізгі элемент цеолит. Цеолиттер-кремний, алюминий және оттегі иондарының өзара байланысты сақиналарынан тұратын күрделі кристалды құрылымы бар алюмосиликатты минералдар. Қолданылатын цеолиттің химиялық құрамы оттегін бөлу үшін $\text{Na}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}]27\text{H}_2\text{O}$ қолданылады. Бұл азотты селективті түрде адсорбциялау қабілетінің көп бөлігін қамтамасыз ететін цеолит формасы болып табылады. PSA негізінен азотты сіңіретін, бірақ оттегінің кедергісіз өтуіне мүмкіндік беретін сүзгі ортасы бар қабат арқылы ауаны сорудан тұрады. Сүзгі материалының ерекшелігі-азот 150 кПа-дан жоғары қысым кезінде адсорбцияланады және атмосфералық қысым кезінде десорбцияланады. Содан кейін десорбцияланған азот тазартылған оттегінің бір бөлігімен жуылады. Дәл осы циклдік қысымның жоғарылауы және төмендеуі PSA процесіне өз атын берді. Бұл процесс өте экологиялық таза және әдіс өнеркәсіптік пайдаланылған ағындардан басқа газдарды (мысалы, CO_2) жою үшін әлеуетті түрде жарамды. Бұл технологиямен алынған оттегінің көлемдік шоғырлануы шамамен 93%. Бұл көрсеткіш оттегі мен аргон үшін цеолиттердің бірдей

адсорбциялық сыйымдылығына байланысты. Сондықтан ауаны оттегімен 93% - ға дейін байытқан кезде бір мезетте оның басқа газдармен байытылуы шамамен 5%-ке тең.

1.3 Оттегі станциясы, жұмыс істеу принципі және негізгі құрылымдық бөліктері

Оттегі станциясы (1.3 - сурет). - бұл үлкен өнеркәсіптік кешен, соның арқасында атмосфералық ауадан тікелей молекулалық сүзу арқылы 95% - ға дейін концентрациясы бар оттегін алуға және оларды баллондармен толтыруға болады. Оттегі станциясының құрамына мыналар кіреді: ауа компрессоры, сығылған ауаны құрғатқыш, оттегі генераторы, оттегі ресивері, жоғары қысымның компрессоры, оттекке арналған антибактериалды фильтрлер жүйесі, оттегі манифолд және қосымша газға арналған баллондар.



Сурет 1.3 - «Medremzavod» компаниясының Arlan Оху оттегі станциясы

Оттегі станциясы медициналық тәжірибеде келесі мақсаттарда кеңінен қолданылады:

- ӨЖЖ (өкпені жасанды желдету) аппараттарын қосу;
- Реанимациялық және операциялық мақсаттар үшін медициналық оттегін алу;
- Анестезияға арналған аппараттарды қосу;
- Интоксикация кезінде және оттегін беруді талап ететін басқа да міндеттерді шешуде қолдану.

Оттегі станциялары 24/7 жұмыс істей алады және медициналық мекеменің қажеттіліктеріне байланысты минутына 10 литр оттегін шығара алады. Жабдықты орнату әдетте аурухана ғимаратының сыртында жүзеге асырылады.

Жұмыс істеу принципін ТОО «Medremzavod» компаниясының Arlan Оху оттегі станциясының жұмыс істеу принципінен алынған. Жұмыс істеу принципі: Ауа компрессоры атмосфералық ауаны сорып алып 0.75МПа га дейін қысады одан қысыммен кептіргішке береді .Ауа кептірілгенен соң , механикалық қоспалардан, конденсаттан, май буынан тазартылу үшін және шық нүктесін төмендеткеннен кейін фильтрлер блогынан өтеді ,келесі кезеңде оны ауа рессиверіне жібереді. Ауа рессивері қысымның пульсациясын тегістейді. Дайын болған сығылған ауа,адсорбциялық ауа бөлгіш қондырғыға беріледі.Ауаны бөлу блогында құрамында түйіршікті адсорбент бар екі адсорбент бар - ауадан азот пен су буын селективті сіңіретін зат. Станцияның жұмысы кезінде адсорбенттер кезек-кезек сіңіру және қалпына келтіру сатысында жұмыс істейді. Сіңіру сатысында азот адсорбенті оттегі қабылдағышына кіретін оттегі газын алу үшін ұсталады. Регенерация кезеңінде сіңірілген азот адсорбенттен бөлініп, атмосфераға шығарылады. Осыдан кейін бұл процесс бірнеше рет қайталаынады.Оттегі генераторынан шыққан ауа оттегі рессиверіне 0,45 – 0,5 МПа қысыммен келіп түседі.Осыдан кейін бустерден(жоғары қысымды компрессор) өтіп оттегі рессиверіне түседі. Оттегі ресивердің шығысында орналасқан антибактериалды фильтрлер жүйесі бактерия мен иістерден тазартады – ол оттектің жоғары сапасын қамтамасыз етеді. Арнайы компрессорды және оттегі манифолдты қолданған жағдайда оттек 1,0 МПа көп емес қысыммен оттегі ресиверден арнайы компрессорға келіп түседі, мұнда оттектің қысымы 15 МПа га дейін жоғарлайды. Содан кейін оттек 15 МПа қысыммен оттегі манифолдына баллондарды толтыру үшін беріледі.

Оттегі станциясының негізгі компоненттері:

А) Ауа компрессоры(1.4 - сурет)



Сурет 1.4 – ауа компрессорының жалпы көрінісі

Компрессорлар - әртүрлі сығылатын сұйықтықтардағы немесе газдардағы (көбінесе ауа) қысымды арттыру үшін қолданылатын механикалық құрылғылар. Олардың ең көп таралғаны бұрандалы(винтовые) және поршеньді

компрессорлар болып табылады. Бұрандалы компрессор мен поршеньді компрессордың негізгі айырмашылығы мынада: поршеньді компрессор тоқтаулармен жұмыс істейді, ал бұрандалы компрессор сығылған ауаны үздіксіз қамтамасыз ете отырып, тәулігіне 24 сағат жұмыс істей алады.

Б) Сығылған ауаны құрғатқыш(1.5 – сурет)

Сығылған ауаны құрғатқыш-компрессордан сығылып келген ауаның ылғалдылығын жоюға арналған құрылғы. Сығылған ауаны құрғатудың медициналық станцияларда және өндірісте негізінен екі әдіс қолданылады: рефрижираторлы, адсорбционды.



Сурет 1.5 – Ауа құрғатқыш

Рефрижираторлы мақсатта қолданылатын жабдықтардың ең көп таралған түрлерінің бірі-тоңазытылған кептіргіш. Шық температурасы $+3^{\circ}\text{C}$ болатын сығылған ауаны салқындатқыштар өнеркәсіптік кәсіпорындарда кеңінен қолданылады. Мұндай кептіру әдісінің өзі "салқындату арқылы кептіру" деп аталды.

Arlan Оху оттегі станциясы қондырғысы адсорбентті суық регенерациялау арқылы сығылған ауаны адсорбционды құрғатқышты қолданады және бағдарламаланған логикалық контроллермен басқарылады. Суық регенерация кезінде ағынның бір бөлігі құрғатылған сығылған ауаның негізгі ағынынан бөлінеді; ол тазартқыш және қалпына келтіретін ауа ретінде қолданылады. Кептіргішке ауа жібермес бұрын оның қысымы төмендейді. Сондықтан ауа құрғақ болуы керек. Ол адсорбенттің төменгі қабаты қалпына келтірілетіндей етіп беріледі, ауа онда жинақталған ылғалды сіңіреді және оны өзімен бірге сыртқа шығарады. Регенерациядан кейін ауа сығылған ауа ағынына қайта енбеуі керек, регенерациядан кейін ол қалдық ауа болып табылады. Адсорбенттің ылғалмен жеткілікті қанықтылығы мен қалпына келтіретін газ ағынының ішінара қысымы арасындағы тепе-теңдік салыстырмалы түрде тез орнатылатындықтан, суық қалпына келтіру үшін 3-тен 10 минутқа дейін автоматты түрде ауысатын циклдар қажет.

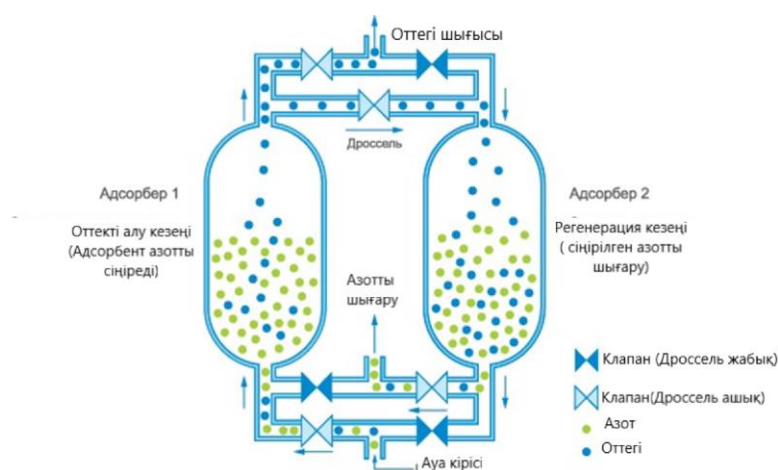
В) Оттегі генераторы(1.6 - сурет)



Сурет 1.6 - Оттегі генераторының жалпы көрінісі

Оттегі генераторы немесе концентраторы - бұл O_2 -ны атмосфералық ауаның басқа компоненттерінен молекулалық деңгейде сүзу арқылы бөлетін құрылғы. Оттегі генераторлары 4-5 барға дейін жоғары қысыммен үздіксіз оттегі беру қажет болған жағдайда ірі медициналық мекемелерде қолданылады. Оттегі генераторының жұмыс істеу принципі. Бұл құрылғы ауыспалы қысым кезінде абсорбция (сіңіру) принципі бойынша жұмыс істейді: қарапайым сөзбен айтқанда, ол ауадан оттегін, азотты және басқа газдарды өздігінен бөледі. Құрылғы қуатқа қосылғаннан кейін оттегі ауадан бөліне бастайды да және бір уақытта үздіксіз оттегімен қамтамасыз ете алады.

Оттегі генераторының жұмыс істеу принципі арнайы силикаттың (цеолиттің) атмосферадағы газдарды әртүрлі дәрежеде сіңіру қабілетіне негізделген. Цеолит - шамамен 0,1 мм өлшемді шарларға түйіршіктелген ұнтақ. Шын мәнінде, цеолит сүзгі сияқты жұмыс істейді. Атмосфералық ауаны өткізген кезде ол O_2 -ден басқа барлық газдарды ұстайды, оның шығуындағы концентрациясы 92-95% жетеді. Бірнеше секундтан кейін цеолиттің кеуектері азотпен толтырылады және сорбентті тазарту үшін басқа қоспалар кері бағытта ағып кетеді. Аппараттың үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін цеолит кезектесіп жұмыс істейтін екі цилиндрлік түтіктерге (бағандарға) орналастырылады. Алдымен ауа бірінші баған арқылы сорылады, содан кейін ағын екіншісіне ауысады, ал бірінші бағаннан шыққан газдар бөлмеге қайта шығарылады. Бұл кезеңдердің барлығы автоматты түрде жүзеге асады.



Сурет 1.7 - Адсорбциялық оттегі генераторының жұмыс сызбасы

Г) Оттегі ресивері (1.8 - сурет)



Сурет 1.8 - Оттегі ресиверінің жалпы көрінісі

Газ тәрізді азотты немесе оттегін өндіру станциясының құрамында әрдайым дерлік ресиверлер, яғни газдарды сақтауға арналған резервуарлар бар. Оттегі ресивері цилиндрлік ыдыс болып табылады. Ол сығымдалған газды тұрақты, уақытша сақтауға және оны 16 МПа-ға дейінгі қысыммен мөлшерлеп таратуға арналған. Бұл жабдықтың көмегімен газ ағынының пульсациясын теңестіруге және қысымды тұрақтандыруға болады.

Біріншіден, ресивер ауа компрессорының қалыпты жұмыс істеуі және ең алдымен, сығылған ауаны сақтаудың резервтік көлемін жасау үшін қажет.

Екіншіден азот немесе оттегі генераторының буферлік ресивері деп аталады. Адсорбциялық азот немесе оттегі генераторында өндірілген газ алдымен осындай буферлік ресиверге түседі, содан кейін генераторға оралады. Мұндай ресивердің негізгі функциясы-қысымның жиналу кезеңінде

генератордың адсорберлеріне газды қайтару немесе теңестіруі болып табылады. Осылайша сығылған ауа үнемделеді.

Оттегі ресиверінің техникалық сипаттамалары осындай ақпаратты қамтиды:

- номиналды көлемі (1 м.кубтан 200 м.кубқа дейін);
- жұмыс қысымы (16 МПа артық емес);
- өндіріс үшін пайдаланылатын материал (12Х18Н10Т, 09Г2С немесе 10х17н13м2т маркалы болат);
- жұмыс температурасының шекаралары (-60°С-тан +300°С-қа дейін);
- қоршаған орта температурасы (-60°С дейін).

Д) Сүзгілер(1.9 - сурет)



Сурет 1.9 – Антибактериальды сүзгі

Оттегі станциясында жоғарғы тазалықты оттегі алу үшін майлы ,көмірлі, шаңды, антибактериальды ,негізгі фильтрлер қолданылады.

Медицинада тек стирилділігі жоғары оттегі қолданылуы тиіс.Сондықтан антибактериальды(1.9 - сурет) сүзгі тазалаудын соңғы буыны болып саналады. Бұл фильтр алынған оттегінің құрамындағы бактерияларды, көгерген саңырауқұлақтарды және басқада қалдықтарды ұстап қалады.

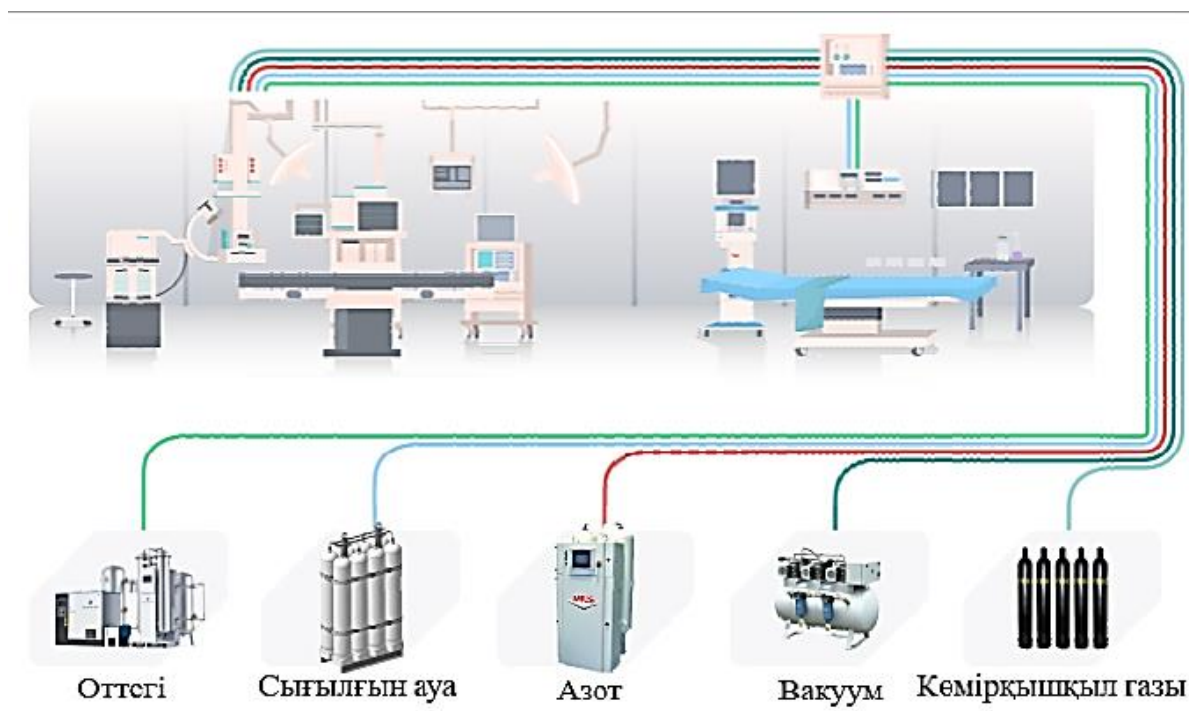
Кесте 1.3 - Антибактериальды фильтрлердің спецификациясы

Атауы	Өнімділігі, м ³ /мин	Қысым, МПа	Шығыстағы бөлшектердің өлшемі, μm	Майдың құрамы, ppm
Негізгі фильтр	1	0,1	1	0,5
Иіс фильтрі	1	0,1	0,01	0,003
Бактериальды фильтр	1	0,1	1	0,003

2 Емдеу мекемелерін газбен қамтамасыз ету жүйесі

2.1 Емдеу мекемелерін газбен жабдықтау

Заманауи медициналық мекемелерді жобалау кезінде орталықтандырылған медициналық газбен жабдықтау жүйелері үлкен маңызға ие. Ауруханалардың қалыпты жұмыс істеуі көп жағдайда медициналық процестің қажетті медициналық газдармен сапалы және үздіксіз қамтамасыз етілуіне байланысты. Жүйелер Қазақстан Республикасында қолданыстағы құрылыс нормалары мен ережелері, өндірістік нормалар сияқты нормативтік-техникалық, өрт қауіпсіздігі ережелері мен құжаттарға сәйкес құрылған. Орталықтандырылған газбен жабдықтау жүйелері негізінен үлкен көлемдегі газды тасымалдау, газды орнында арнайы контейнерлерде сақтау және ірі газ қоймаларынан шыққан газды түпкілікті тұтынушыларға тарату принциптеріне негізделген.



Сурет 2.1- Орталықтандырылған газбен жабдықтау

2.2 Емдеу мекемелерін газбен қамтамасыз ету компоненттері

Медициналық газбен жабдықтаудың орталықтандырылған жүйесі – бұл медициналық газбен жабдықтау көздерінен тұратын техникалық және медициналық мақсаттағы бұйымдар жүйесі; технологиялық құбыр желілері;сигнализациялық және авариялық жүйелер. Әрбір медициналық газ бөлек жүйеден жеткізілуі керек.

Медициналық газбен қамтамасыз ету көздері келесі компоненттерден тұрады:

- Медициналық станциялар;
- Газ разрядты рампа;
- Құбыр желілері;
- Клапандар;
- Ескерту және дабыл жүйелері;
- Шығыс және кіріс нүктелері;
- Қосалқы жабдықтар.

Медициналық станциялар(2.2 - сурет) толық бактериядан тазартылған және атмосфералық ластаушы заттардан сүзілген жоғары сапалы сығылған ауаны қамтамасыз етеді. Компрессорлық станциялар қысылған ауа желісіне қосылған медициналық жабдықтардың тәулік бойы үздіксіз жұмысын қамтамасыз етеді. Олар әдетте бір немесе бірнеше компрессордан,ресиверден, кептіргіштен, сүзгілерден және қысымды өлшегіш датчиктерден тұрады.



Сурет 2.2 - Медициналық станция

Газ разрядты рампа – оттегі(2.3 - сурет), азот оксиді және көмірқышқыл газының баллондарынан медициналық газдарды автономды жеткізуге арналған басқару блогы. Цилиндрлердің саны жеткізу нүктелерінің санына және медициналық газдардың қажеттілігіне байланысты анықталады.

Цилиндрлерден шыққан газ мыс немесе металл шланг арқылы рампаға түседі, содан кейін газ құбыры жүйесі арқылы редукциялық щит (манифольд) арқылы өтіп тұтынушыларға жетеді. Рампалар классификациясы: толтыру, айналып өту, шығару. Медициналық рампалар манометрлермен және газ арматурасымен жабдықталған. Олар шатырдың астына немесе ғимараттың сыртындағы қабырғаларға қарсы арнайы шкафта немесе жертөледе орналастырылған.



Сурет 2.3 - Оттегі рампасы

Құбыр желілері(2.4 - сурет). Медициналық газдар - құбырлар жүйесі немесе медициналық консольдер арқылы таратылады. Құбырлар жоғары сапалы мыс немесе тот баспайтын болаттан жасалуы керек. Медициналық консольдерді қабырғаға бекітуге немесе іліп қоюға болады (суретте көрсетілген).



Сурет 2.4 - Құбыр желілері

Клапандардың 2 түрі бар: аймақтық клапандар және қызмет көрсету(сервистік) клапандар. Аймақтық клапандар модификация және жөндеу үшін бөлме жүйесінің үлкен бөліктерін оқшаулау үшін қолданылады. Сонымен қатар, аймақтық клапандар дәліздің қабырғаларына орналастырылады және

олар қадағалайтын үй-жайларды көрсететін белгі болуы керек. Екінші жағынан, қызмет(сервистік) клапандар жүйенің белгілі бір бөлігін өзгерту немесе жөндеу үшін қолданылады. Тиісінше, олар медициналық қызметкерлерге қол жетімді.



Сурет 2.5 O₂, N₂O, CO₂, вакуум, ауаға арналған клапандар 5 бар

Ескерту және дабыл жүйелері(2.6 - сурет). Ескерту және дабыл жүйелерінің негізгі міндеті-газ желісіндегі барлық жағдай туралы жауапты қызметкерлерге ақпараттандыру. Ағымдағы дабыл магистральдық газ құбырларының және медициналық газ көздерінің жағдайын ,бос баллондарды ауыстыру, контейнерлерді толтыру және т.б. жүйелерді бақылайды. Дабыл жүйесі ақауларды, ағып кетуді, газ пультінің істен шығуын және т.б. анықтайды. Олардың қызметі бүкіл жүйенің және жеке қарқынды терапия аймақтарының күйін бақылау болып табылады. Стандарттарға сәйкес негізгі де, жергілікті дабылдар да жүйелі түрде тексеріліп, жұмыс істеуін бақылап отыруы керек.



Сурет 2.6 Ескерту және дабыл жүйелерінің жалпы көрінісі

Шығыстар мен кірістер(2.7 - сурет). Шығу дегеніміз - газды қысыммен қамтамасыз ету үшін медициналық газ құбырларымен, ал кірістер вакуумды қамтамасыз ету үшін қосылуға болатын нүктелер. 2 қосылу стилі бар; жылдам

қосылу және бұралу. Шығыс нүктелері газға сәйкес келуі керек, сонымен қатар газдың құрамына сәйкес түспен таңбалануы керек.



Сурет 2.7 – Медициналық газдың кіріс/шығыс жинағы

Шлангтар, газ есептегіштері, манометрлер және вакуум реттегіштері құбырлар жүйесінің бөлігі болмаса да, олар газды және вакуумды тұтынуға айтарлықтай үлес қоса алады. Бұл элементтер стандартты тексеру процедураларының бөлігі ретінде жүйелі түрде тексерілуі керек.



Сурет 2.8 – Емдеу мекемелерін газбен жабдықтау процесі

2.3 Медициналық газдар сигнализациясының мониторинг жүйесі

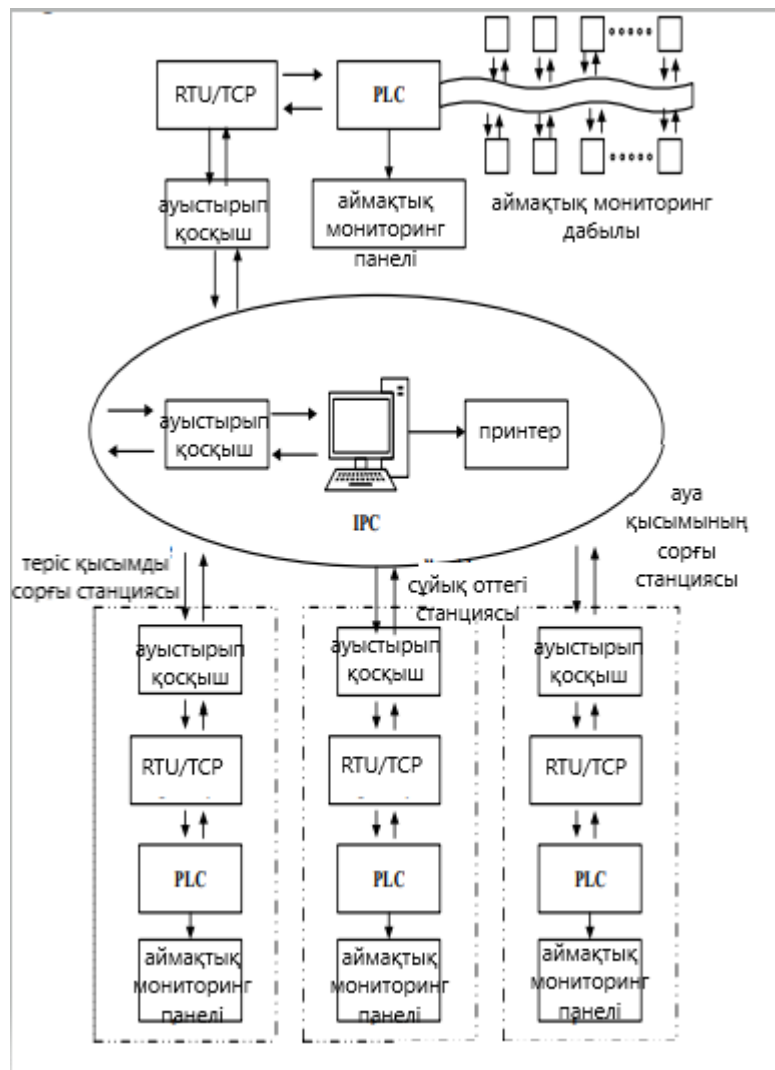
Емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруде мониторинг жүйесі үлкен қызмет атқаратын негізгі жүйе болып саналады. Медициналық газды

басқару (мониторинг) жүйесі нақты уақыт режимінде аурухананың барлық аймақтарында (оның ішінде операциялық бөлмелер, реанимация бөлімдері, жалпы палаталар мен медициналық станциялар) негізгі газ мониторингінің параметрлерін (қысым, оттегінің тазалығы және газ ағыны сияқты) жинайды және ақпаратты жібереді. Өртүрлі учаскелердегі газ параметрлерін жан-жақты бақылауды қамтамасыз ету үшін деректерді жылдам жинау, бақылау және өңдеу үшін деректер шинасы арқылы мониторинг компьютеріне деректерді береді. Басқару жүйелері медициналық газдарды – оттегін, көмірқышқыл газын, вакуумды жеткізуге арналған жабдықтың маңызды бөлігі болып табылады. Мониторинг компоненттерінің арқасында жабдық тәулік бойы бақылауда болады, ал медициналық қызметкерлер ақаулар мен бұзылулар туралы сигналдар арқылы біледі.

Орталықтандырылған медициналық газ мониторингі жүйесі мыналарға арналған:

- Медициналық газ жүйесіндегі қысымды медициналық станция көздерінен тұтынушыларға жеткізу желілеріне дейін бақылау.
- Медициналық станция көздерінен медициналық газ ағындарын бақылау және өткен кезеңдердегі газ ағындарының санын талдау арқылы ықтимал ағып кетулерді анықтау.
- Медициналық газдардың тәуліктік, апталық, жылдағы шығынын есептеу.
- Орталық компьютерге және ұялы байланыс жүйесіне сигналдық маңызды ауытқуларды тіркеу.
- Жүйелердің құрамдас бөліктерінің жұмыс уақытының есебін жүргізеді, қызмет көрсету шарттары туралы хабарлайды, ақауларды тіркейді.

Жалпы мониторинг жүйесін жобалау схемасына тоқталсақ (2.9 – сурет) Байланыс интерфейсі модульдері бар PLC өрістік шиналардан деректерді жинайды және өңдейді, содан кейін әрбір деректерді жинау түйінінен алынған газ күйінің деректерін көрсету үшін біз аймақтық бақылау тақтасы (панелі) деп атаған адам-машина интерфейсін арқылы басқарады. RTU/TCP шлюзі Modbus RTU протоколдары мен Modbus TCP арасындағы өзара түрлендіру функциясын орындайды. Теріс қысымды сорғы станциясы, ауа қысымы сорғы станциясы және сұйық оттегі станциясы сияқты медициналық газбен жабдықтау станциялары бірдей құрылғылармен жабдықталған. Мониторинг орталығындағы IPC бүкіл аурухананың медициналық газ күйін бақылай алады, оның тарихи деректерді сұрау функциясы бар және қажет болған жағдайда газ күйінің деректерін басып шығаруға болады. Аймақтық бақылау тақтасы жоғарғы және төменгі дабыл шектерін қолмен де орната алады.

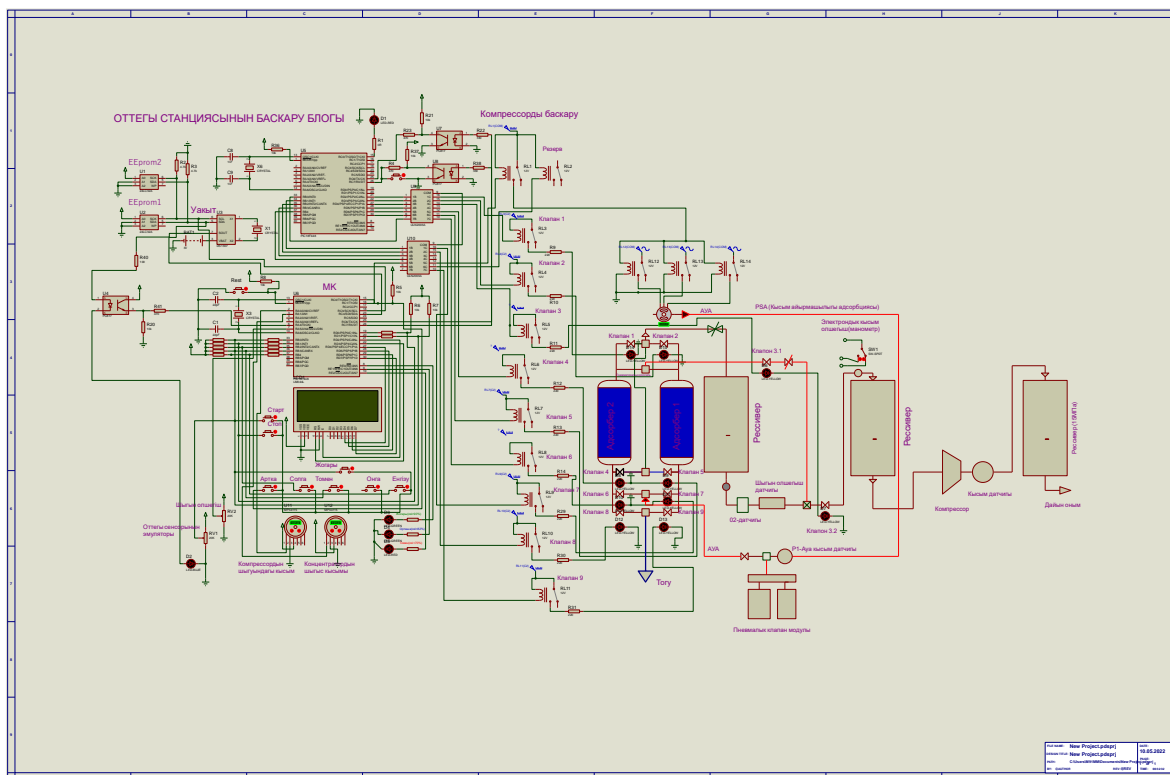


Сурет 2.9 – Жалпы жүйені жобалау схемасы

Қысымды басқару блогы газ қысымының ағымдағы мәндерін, сондай-ақ стандарттардың талаптарына сәйкес дыбыстық дабылды бақылау үшін қолданылатын сандық қысымды басқару блогымен жабдықталған.

3 Медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқару жүйесінің автоматикасы

3.1 Автоматтандырылған басқару блогының функционалдық сұлбасы



Сурет 3.1 – Оттегі станциясын басқару блогының функционалдық сұлбасы

Сұлба екі контроллерден: контроллер 1, контроллер 2, сұйықкристалды мәтінді дисплейден, сұйықкристалды дисплейді басқару батырмаларынан, датчиктерден (олардың қызметін айнымалы резисторлар атқарады), оттеқ концентрациясын көрсететін индикациядан, жарық диодтардан, клапандардан, қосып-өшіргіш реледен, деректер сақталып тұратын қара ящик деп аталатын Еергом нан және т.б. компоненттерден тұрады.

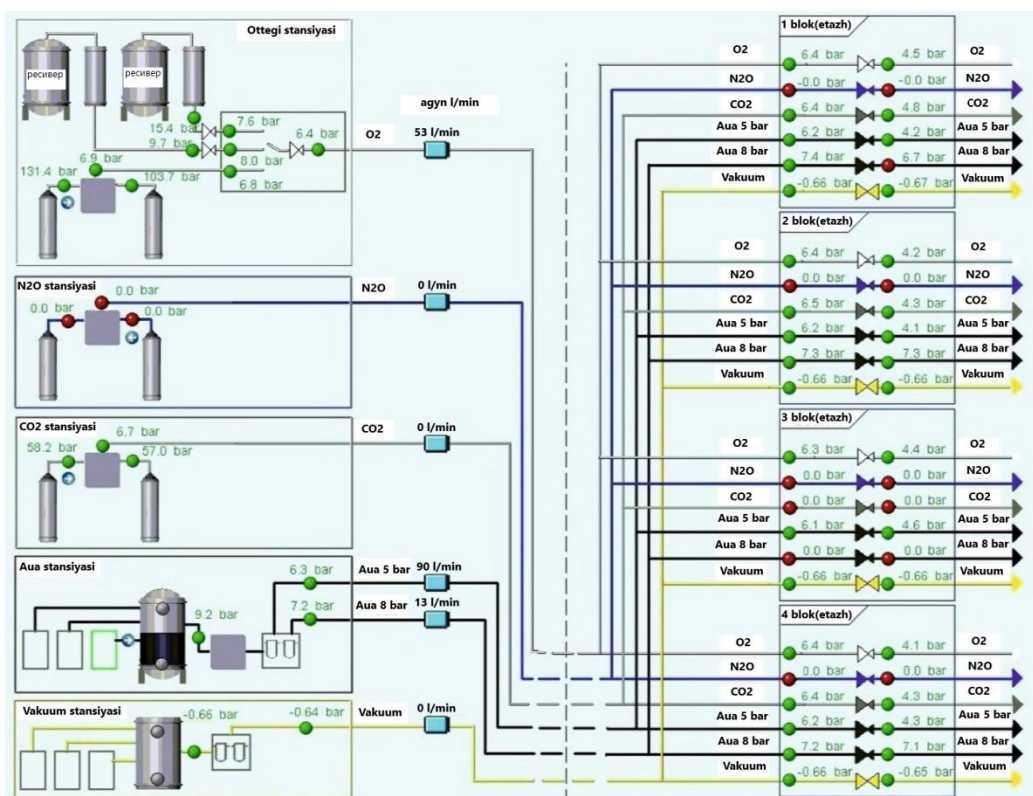
Жүйе қалай жұмыс істейді? Бірінші контроллерге датчиктерден сигнал беріледі (резисторлар датчик қызметін атқарады) , яғни ол берілген датчиктерден ақпарат жинайды және солардың көмегімен оттеқ концентраторын басқарады. Клапандар екінші контроллермен басқарылады, бірақ қосылу сигналы бірінші контроллерден беріледі. Яғни сигнал екінші контроллерге беріледі де ол клапандардың белгілі бағдарламамен, белгілі уақыт интервалымен ашылып жабылуын басқарып отырады. Бірінші контроллер компрессордың қосылуына реле арқылы сигнал береді. Бұл компрессор оттеқ концентраторына ауа береді. Содан кейін оттеқ ресиверге бірінші келіп түседі,

одан аралық ресиверге содан кейін оттект арнайы сығатын компрессорда сығылады да соңғы ресиверге дейін келеді, соңында құбырлар бойынша ауруханаға жеткізіледі.

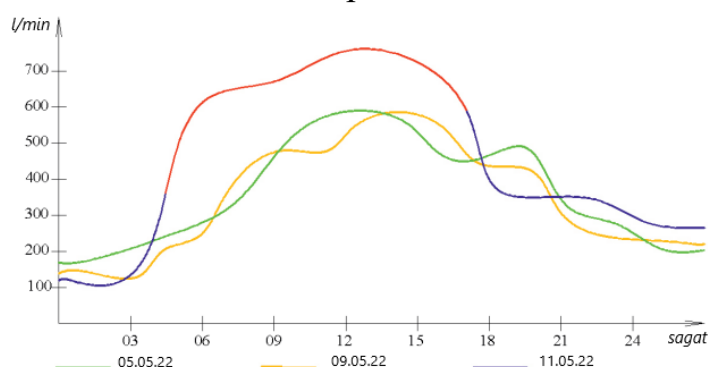
Берілген жүйеде қандай датчиктер қолданылады? Оттект концентрациясы датчигі, содан кейін шығын өлшегі, концентратор кірісінде немесе шығысында орналасқан қысым датчигі, сығатын компрессордың шығысында орналасқан қысым датчигі, электроконтактілі монотметр SW1. Клапандар электромагнитті реле көмегімен басқарылады. Компрессор бірінші контроллер көмегімен іске қосылады. Сигнал релеге беріледі содан кейін компрессордың қосылуына сигнал келеді. Ол ауаны оттект концентраторына жібереді. Жүйенің құрамында реалды уақыт сағаты, оқиғалар журналында қосымша ақпаратты сақтау мүмкіндігі(Eeprom) бар.

3.2 Автоматтандырылған басқару блогының компьютерлік моделі мен шағын макетін әзірлеу

Басқару және ажырату құрылғылары арқылы терминалдық құрылғыларға түсетін газдардың қысымын бақылау құбырлардағы ақауларды тез анықтауға және жоюға мүмкіндік береді.

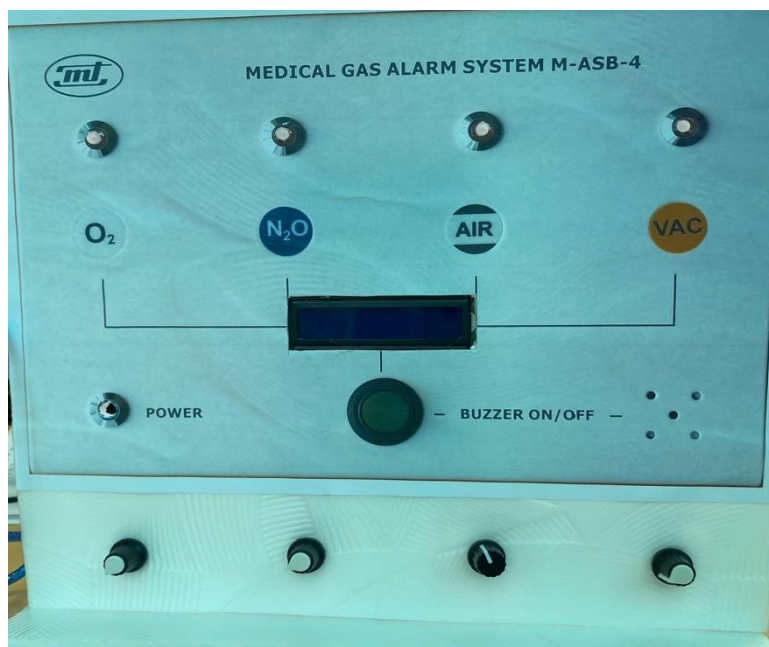


Сурет 3.2 – Станциялардан медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесінің компьютерлік моделі



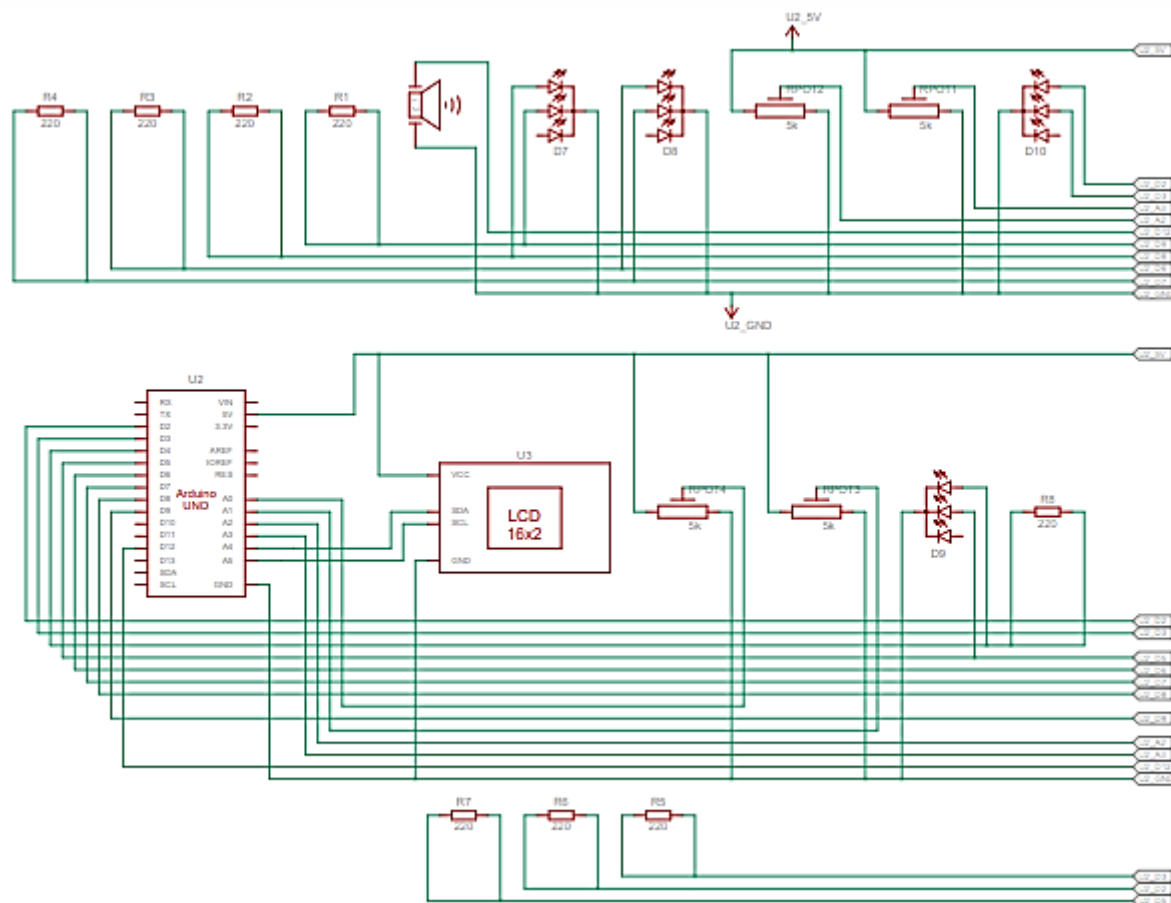
Сурет 3.3 – Күнделікті оттегі ағындарының салыстырмалы кестесі. (Блок-схеманың қызыл бөлігі жүйедегі ақаудың пайда болуы туралы хабарлайды)

Arduino ортасында құрастырылған емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесі (3.4 - сурет). Макетті құрастыру үшін бізге: Arduino Uno микроконтроллер, ЖК-дисплей 16×2(I2C), потенциометр (5кОм), RGB жарықдиодтар, резистор 220 Ом, зуммер және оларды орналастыруға арналған баспа плата қажет.



Сурет 3.4 – Медициналық газдарды басқару блогының шағын макеті

Tinkercad онлайн веб қосымшасы арқылы құрастырылған макеттің функционалдық сұлбасын сызып көрсеттім. (3.5 – сурет).



Сурет 3.5 – Tinkercad бағдарламасында құрастырылған қысымды басқару блогының функционалдық сұлбасы

Жұмыс істеу принципіне тоқталсақ: медициналық газдар соның ішінде O₂, N₂O, ауа және вакуумдың номиналды қысымдары LCD дисплейінде көрсетілген. Потенциометр көмегімен олардың қысымдарын ауыстыра отырып болып жатқан өзгерістерді бақылай аламыз. Егерде қысым номиналды мәнінен асып немесе төмендеп кеткенде автоматты түрде зуммер іске қосылады. Номиналды мән кезінде енгізген RGB диодтар жасыл түсті көрсетеді, ал қысым жоғарылап немесе төмендеген кезде лезде қызыл түске ауысады. Қысымды басқару блогынан алынған ақпараттардың барлығы орталықтандырылған компьютерге жіберіліп, мониторда көрсетіліп тұрады. Осылайша біз емханалардың да, пациенттердің де қауіпсіздігін сақтай аламыз.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесі қарастырылды.

Медициналық газбен жабдықтау жүйесін әзірлеу үшін алдын-ала жобалау жұмыстары жүргізілді. Жүйені жобалау кезінде медициналық газбен жабдықтау көздері, сонымен қатар құбыр желісі, арматура, дабыл жүйелері, сондай-ақ қосымша жабдықтар қарастырылды.

Медициналық газдардың ішінде ең көп қолданылатын газ оттегі болғандықтан дипломдық жұмысымда оттегі және оның өндірілу жолдарына көбірек назар аудардым.

Емдеу мекемелеріне оттегіні беруді орталықтандырылған басқарудың негізгі көзі болып табылатын оттегі станциясы оның жұмыс істеу принципі, оттегі станциясының компоненттері және оттегі станциясын басқаратын автоматтандырылған жүйесінің функционалдық сұлбасын Proteus бағдарламасында, ал медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған жүйесінің компьютерлік моделін Scada Trace Mode бағдарламасында құрастырдым. Емдеу мекемелеріне медициналық газдарды беруді орталықтандырылған басқарудың автоматтандырылған блогының макетін құрастырып, Arduino IDE бағдарламасы арқылы әрбір медициналық газдың қысымын қадағалайтын кодты жазып шықтым.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Вентинк К.Г. и Джексон Р.Д., Медиальные газовые и вакуумные системы, Сантехнические системы и проектирование, январь/февраль 2006 г. – 44-53 б .
- [2] Жила В. А. Автоматика и телемеханика систем газоснабжения; ИНФРА-М - М., 2013г. –240-245 б.
- [3] Ионин А. А. Газоснабжение. Учебник для студентов вузов по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция»; АСВ - М., 2013г. – 549 б .
- [4] Жила В. А. Газоснабжение; АСВ - М., 2014г. – 191 б .
- [5] Глизманенко Д.Л. Получение кислорода; 1972. – 752 б.
- [6] Способ разделения воздуха. Воронин Г.И. Архаров А.М., Дубинин М.М. и др. Авт.св.№ 525.459 (СССР), опубл. 25.08.76. – 228 б.
- [7] ИР Шерстюк А. Н., Компрессоры, М.—Л., 1959 Шерстюк А. Н., Компрессоры, М.—Л., 1959. – 66 б.
- [8] Кельцев Н. В., Основы адсорбционной техники, 2 изд., М., 1984.–521 б.
- [9] Паспорт на кислородную станцию ТОО «Медремзавод». – 15 б.
- [10] Давыдов Н.И. Станции технологического кислорода ; М: 1964. – 352 б
- .
- [11] Бродянский В.М., Меерзон Ф.И. Производство кислорода; Раздел: Топливо-энергетический комплекс → Криогенная техника и технология 1970. – 384 б .
- [12] Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М., 1976. – 781 б.
- [14] Разделение воздуха методом глубокого охлаждения, под ред. В.И. Епифановой, Л.С. Аксельрода, 2 изд., т. 1-2, М., 1973. – 28 б.
- [15] Кислород. Справочник, Под редакцией Л.Г. Глизманенко., М. Metallургия, 1973, т.2. – 464 б.

А Қосымша

```
#include <Wire.h> // I2C арқылы құрылғыларды басқаруға арналған
кітапхана
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // біз QAPASS 1602 үшін кітапхананы
қосамыз
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
const int redPin = 8;
const int greenPin = 9;
const int red1Pin = 6;
const int green1Pin = 7;
const int red2Pin = 4;
const int green2Pin = 5;
const int red3Pin = 2;
const int bluePin = 13;
const int blue1Pin = 13;
const int blue2Pin = 13;
const int blue3Pin = 13;
const int green3Pin = 3;
const int analogIn = A0;
const int analogIn1 = A1;
const int analogIn2 = A2;
const int analogIn3 = A3;
int piezoPin = 12;
float val = 0;
float val1 = 0;
float val2 = 0;
float val3 = 0;
void setup() {
  lcd.init(); // LCD дисплейін инициализациялау
  lcd.backlight(); // дисплейдің артқы жарығын қосу
  pinMode(redPin,OUTPUT);
  pinMode(greenPin,OUTPUT);
  pinMode(red1Pin,OUTPUT);
  pinMode(green1Pin,OUTPUT);
  pinMode(red2Pin,OUTPUT);
  pinMode(green2Pin,OUTPUT);
  pinMode(red3Pin,OUTPUT);
  pinMode(green3Pin,OUTPUT);
}
void loop() {
  //color3(0,0,255);
  val = analogRead(A0);
  val = val/100;
```

А Қосымша жалғасы

```
val1 = analogRead(A1);
val1 = val1/100;
val2 = analogRead(A2);
val2 = val2/100;
val3 = analogRead(A3);
val3 = val3/100;
if (val > 5.8) {
  color(0,255,255);
  tone(piezoPin,1000,500);
}
if ((val > 4.5)&&(val < 5.8)){
  color(0,0,255);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("O2=");
  lcd.print(val);
  //noTone();
}
if (val < 4.5){
  color(0,255,255);
  tone(piezoPin,1000,500);
}
if (val > 5.8) {
  color(0,255,255);
  tone(piezoPin,1000,500);
}
if ((val1 > 4.5)&&(val1 < 5.8)){
  color1(0,0,255);
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print("N2O=");
  lcd.print(val1);
  //noTone();
}
if (val1 < 4.5){
  color1(0,255,255);
  tone(piezoPin,1000,500);
}
if (val1 > 5.8) {
  color1(0,255,255);
  tone(piezoPin,1000,500);
}
if ((val2 > 4.3)&&(val2 < 7.2)){
  color2(0,0,255);
```

А Қосымша жалғасы

```
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("AIR=");
    lcd.print(val2);
    //noTone();
    }
if (val2 < 4.5){
    color2(0,255,255);
    tone(piezoPin,1000,500);
    }
if (val2 > 5.8) {
    color2(0,255,255);
    tone(piezoPin,1000,500);
    }
if ((val3 > 4.3)&&(val3 < 7.2)){
    color3(0,0,255);
    lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print("VAC=");
    lcd.print(-(val3/10));
    //noTone();
    }
if (val3 < 4.5){
    color3(0,255,255);
    tone(piezoPin,1000,500);
    }
if (val3 > 5.8) {
    color3(0,255,255);
    tone(piezoPin,1000,500);
    }
}
void color(unsigned char red,unsigned char green,unsigned char blue)
{
    analogWrite(redPin,red);
    analogWrite(greenPin,green);
    analogWrite(bluePin,blue);
}
void color1(unsigned char red,unsigned char green,unsigned char blue)
{
    analogWrite(red1Pin,red);
    analogWrite(green1Pin,green);
    analogWrite(bluePin,blue);
}
void color2(unsigned char red,unsigned char green,unsigned char blue)
```

А Қосымша жалғасы

```
{
  analogWrite(red2Pin,red);
  analogWrite(green2Pin,green);
  analogWrite(blue2Pin,blue);
}
void color3(unsigned char red,unsigned char green,unsigned char blue)
{
  analogWrite(red3Pin,red);
  analogWrite(green3Pin,green);
  analogWrite(blue3Pin,blue);
}
```