

ШИФР
«Аероіон»

ІОНІЗАТОР ПОВІТРЯ НА БАЗІ П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОРА

АНОТАЦІЯ

Наукова робота має 32 сторінки, 12 рисунків, 5 таблиць, 16 джерел.

Тема наукової роботи: «Іонізатор повітря на базі п'єзотрансформатора».

Актуальність роботи. Вплив техногенних процесів на навколишнє середовище призводить до погіршення екологічної обстановки. Аналіз існуючих засобів компенсації нестачі негативних іонів в атмосфері приміщень показав недостатню ефективність існуючих приладів штучної іонізації повітря.

Мета роботи полягає в розробці більш досконалої конструкції іонізатора повітря та дослідженні ефективності його роботи.

Завдання роботи:

- розглянути суть проблеми та знайти оптимальний спосіб іонізації повітря;
- проаналізувати існуючі іонізатори повітря та знайти можливість вдосконалення;
- розробити структурну та принципову схему іонізатору повітря та побудувати його;
- виготовити дослідний зразок та дослідити характер розподілу іонів, використовуючи його і відповідний вимірювальний пристрій.

Методика дослідження:

При виконанні роботи використані наступні методи:

- аналіз засобів процесу штучної іонізації повітря і приладів для цього;
- виготовлення дослідного зразка приладу та дослідження його ефективності;
- обробка результатів експерименту шляхом представлення графічних залежностей та їх апроксимації.

В процесі роботи проведені аналітичний огляд, розроблені структурна та принципова схеми іонізатора, визначена резонансна частота п'єзотрансформатора, який використовувався, виготовлено дослідний зразок та проведені дослідження ефективності його роботи.

ІОНІЗАТОР, АЕРОІОН, П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОР, АПРОКСИМАЦІЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД СПОСОБІВ ШТУЧНОЇ ІОНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯ.....	6
2 РОЗРОБКА, ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ІОНІЗАТОРА.....	13
2.1 Розробка та обґрунтування структурної схеми іонізатора повітря.....	13
2.2 Розробка та обґрунтування електричної принципової схеми іонізатора повітря.....	15
3 ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗОНАНСНОЇ ЧАСТОТИ П'ЄЗОТРАНС- ФОРМАТОРА.....	18
3.1 Загальні відомості.....	18
3.2 Опис об'єкту та схема дослідження.....	19
3.3 Дослідження амплітудно-частотної характеристики п'єзотранс- сформатора.....	20
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ РОЗПОДІЛУ ІОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕНОГО ІОНІЗАТОРА ПОВІТРЯ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ	23
ВИСНОВКИ.....	30
Список використаних джерел.....	31

ВСТУП

Самопочуття і здоров'я людини залежить від якості повітря. Ще в 20-і роки було висунуто припущення О.Л. Чижевським [1], що якість повітря в значній мірі пов'язано з рівнем його іонізації, яка відіграє суттєву роль при оцінці повітряного середовища як в приміщеннях, так і в природних умовах.

На сьогодні значно зросла кількість робочих місць, обладнаних електронно-обчислювальними машинами, відеодисплейними терміналами, офісною технікою. При використанні даного обладнання оператори і обслуговуючий персонал піддаються впливу цілого ряду небезпечних та шкідливих виробничих факторів, одним з яких є підвищена чи знижена іонізація повітря в робочому просторі приміщення. Відомо [2], що нормативна величина концентрації негативних іонів у повітряному середовищі виробничих і громадських приміщень повинна знаходитися в межах від 600 до 50 000 іонів/см³.

Перебування працівників в умовах аероіонного дискомфорту тягне за собою підвищену стомлюваність, зниження уваги, швидкості зорових і слухових реакцій, тощо. В підсумку, це може призвести до погіршення самопочуття та виникнення нещасних випадків.

Атмосферне повітря, яким ми дихаємо, завжди несе на частинах своїх молекул електричні заряди. Процес виникнення заряду на молекулі називається іонізацією, а іонізація повітря полягає в насиченні його зарядженими молекулами - легкими іонами або аероіонами.

Якщо іонізована молекула осіла на частці рідини, то такий іон називається важким. Іони повітря бувають двох зарядів - позитивним і негативним. Повітря, в якому недостатньо легких іонів, називається деіонізованим, воно негативно впливає на здоров'я людини. Важкі іони шкідливі для здоров'я людини, а легкі, особливо негативні, мають благотворний вплив і цілющу дію.

У природних умовах іонізація кисню відбувається за рахунок ультрафіолетового випромінювання сонця. В основі іонізації лежать ті ж

процеси, що і при впливах іонізуючих випромінювань. У повітрі завжди є різні включення у вигляді дрібних пилинок - аерозолів, водяної пари та інших сторонніх домішок. Зустрічаючи на шляху руху ці зважені в повітрі частки, легкі іони з'єднуються з ними, повідомляючи їм свій заряд. В результаті таких з'єднань частинок утворюються єдині заряджені частинки, які отримали назву важких іонів.

Недолік легких негативних іонів гнітюче позначається на окисно-відновних процесах в організмі людини, тварин і рослин, на підтримці процесу гомеостазу, на стані імунної системи.

На даний момент найбільш часто вживаним способом для створення та підтримки оптимального аероіонного складу повітряного середовища в приміщеннях є штучна іонізація повітря. Аероіонізатор, збагачуючи повітря приміщень аероіонами, наближає його по своїх якостях до повітря морських і гірських курортів, хвойних борів і соляних печер, компенсує аероіонну недостатність, що створює на організм людини благотворний вплив.

Також іонізатор виробляючи іони, знищує бактерії, що знаходяться в повітрі. Повітря, збагачене негативними іонами, знімає безсоння, головний біль, зменшує чутливість організму до зміни погоди, покращує концентрацію уваги.

Але серед відомих способів іонізації повітря, ряд приладів характеризується надто високою ефективністю і внаслідок цього, біля них створюється зона, в якій концентрація іонів перевищує санітарну норму 50000 іонів/см³. До того ж, високі електричні поля призводять до утворення побічних продуктів - озону, окислів азоту та ін.

Таким чином, одним з основних завдань при створенні приладів іонізації повітря, є забезпечення високої ефективності роботи пристрою і мінімізація або повна відсутність, при цьому, побічних шкідливих продуктів.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД СПОСОБІВ ШТУЧНОЇ ІОНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯ

Проблема забруднення повітря в сучасному світі є однією з найактуальніших, зважаючи на те, наскільки почастишали в останні роки в багатьох країнах надзвичайні ситуації природного і техногенного характеру, збільшилася кількість різних промислових підприємств автотранспорту і т.д. У цих умовах неминуче виникає необхідність не тільки очищення повітря, але і його іонізації найбільш безпечними для організму людини способами.

Численні роботи всесвітньо відомого радянського вченого О.Л. Чижевського [1,3,4], показали, що життєдіяльність організмів в атмосфері, позбавленої малих негативних іонів неможлива, а несприятливий перебіг фізіологічних процесів починається з моменту різкого зміни співвідношення концентрації позитивних і негативних іонів. Недолік малих негативних іонів гальмує протягом найважливішого для життя на Землі процесу – фотосинтезу. Чижевський експериментально довів, що якщо з повітря виключити легкі негативні аероіони, то лабораторні тварини гинуть через кілька тижнів навіть при наявності достатньої кількості їжі та води.

Іонізація повітря приміщень набула особливої важливості після того, як було встановлено, що сама людина є джерелом величезної кількості важких іонів (до 500 тис. в 1 куб. см видихнутого повітря). Отже, в кожному приміщенні в присутності людей число іонів кисню прагне до нуля. А так як людина проводить 90% життя в приміщенні, то вона протягом 90% життя відчуває систематичне аероіонне голодування. Ця обставина може привести до отруєння людини продуктами неповного окислення, до дистрофії і атрофії його органів і тканин, сприяє передчасному старінню та до різних захворювань.

Іонізація повітря відбувається під впливом радіоактивного випромінювання ґрунту і води, ультрафіолетового і корпускулярного випромінювання сонця, космічних променів, електричних розрядів в атмосфері (блискавок). Аероіони несуть негативний або позитивний заряд. А.Л.

Чижевський і його послідовники переконливо довели, що негативні аероіони представлені переважно киснем, а позитивні - утворюються з вуглекислого газу, якщо він позбавляється одного з валентних електронів.

Негативні аероіони утворюються в результаті захоплення вільних електронів будь-якою нейтральною молекулою газів повітря. Найлегше утворюються негативні аероіони кисню, бо периферична оболонка кисню має 6 електронів і прагне придбати стійкість шляхом приєднання двох екзогенних електронів, а це визначає перетворення нейтральної молекули даного газу в негативний аероіон молекулярних розмірів. Експериментально встановлено, що зовнішнє повітря, проникаючи через вікна або вентиляційні повітроводи, втрачає майже половину аероіонів [5]. Остання ж половина прилипає до стінок, оточуючих предметів і таким чином знищується.

Вчені встановили ряд чудових фактів. Застосування аероіонів негативної полярності дозволяє знижувати стомлюваність, втому, відновлювати сили. Все це сприяє поліпшенню працездатності, підсилює імунітет і різко скорочує захворюваність. Сприятливий вплив мають аероіони як на зростаючий, так і на старіючий організм. Аероіони разом з повітрям проникають в кров, яка розносить їх по всьому організму. Для лікування деяких захворювань (бронхіальна астма, гіпертонія, хвороби крові, легких, нервової системи та ін.) Аероіони є досить дієвим засобом. Іонізоване повітря є також потужним профілактичним і стимулюючим фактором. Зробити повітря "живим" - це значить створити в повітрі іони кисню в такій концентрації і при такому балансі, які існують в повітрі гірських або приморських курортів. Експериментально встановлено [5], що спрямований потік аероіонів осаджує пил і мікроорганізми повітря, тим самим очищаючи его. Результати численних вітчизняних і зарубіжних досліджень повітряного середовища закритих приміщень, в яких сконцентрована велика кількість народу, демонструють, що, незважаючи на наявність повітроочисних фільтрів, рівні основних забруднювачів повітря всередині приміщень перевищують такі в зовнішньому повітрі в 70 - 100 разів. Людина, тривалий час перебуває в таких умовах, піддається хронічного впливу

безлічі токсичних агентів. Сучасні системи вентиляції та кондиціонування здатні істотно підвищити якість повітря, очистивши його від основних фракцій аерозолів і, частково, від газоподібних поллютантів, а також підтримувати оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях. Однак, такі системи не можуть увійти в повсякденну практику через їх енергоємність і досить високу вартість.

Аероіонізаційними пристроями називають пристрої для штучної іонізації повітря в практичних цілях. Їх поділяють на аероіонізаційні устаткування і портативні побутові аероіонізатори.

Основною вимогою, що пред'являються до аероіонізаторів, є його здатність створювати в повітрі іони кисню негативної полярності. Якщо аероіонізатор не володіє цією обов'язковою якістю, він біологічно не корисний і може бути шкідливим.

Апарати, за допомогою яких здійснюється штучна іонізація повітря, називаються аероіонізаторами або генераторами аероіонів. Іонізатори працюють або на високій напрузі (кілька тисяч вольт) з коронним розрядом на електродах, або від джерела іонізуючого випромінювання на ультрафіолетовому випромінюванні, або на радіоактивних ізотопах. Потік іонів досягає часто 1 мкА, що відповідає кільком мільярдам іонів в секунду.

Основними частинами аероіонізаційних установок є іонізуючі електроди та джерела високовольтного живлення аероіонізаторів, пристрої автоматики і техніки безпеки. Іонізуючі електроди бувають двох типів: голчасті (вістрієві) і дротові.

Було створено велику кількість аероіонізаторів різних типів, до них відносяться:

- термоелектронні аероіонізатори;
- радіоізотопні аероіонізатори;
- радіоактивні аероіонізатори;
- фотоелектричні аероіонізатори;
- гідродинамічні аероіонізатори (гідроаероіонізатори);

– коронні аероіонізатори.

Принцип роботи останніх заснований на викиданні в повітря електронів, що зліплюючись з іонами повітря, заряджають їх негативно. Негативно заряджені аероіони, проникаючи в кров, заряджають її і, тим самим, продовжують термін життя клітини організму на 30-50%.

Розглянемо основні способи штучної іонізації повітря.

Термоелектрона аероіонізація. При нагріванні металу до 1000 - 1200°C за рахунок ефекту термоелектронної емісії він викидає в повітря електрони, які з'єднуються з молекулами кисню і утворюють аероіони. Пристрої для штучної аероіонізації повітря на основі термоелектронної емісії електронів нагрітими тілами називають термоемісійними іонізаторами. В даних пристроях для емісії електронів застосовується, зокрема, ніхромовий дріт, що нагрівається електричним струмом. Для створення потоку іонів ніхромова спіраль обдувається струменем повітря. Концентрація аероіонів в повітрі не перевищує 100 тисяч іонів/см³ при значних витратах електричної енергії.

Недоліком термоелектронних аероіонізаторів є низький коефіцієнт їх корисної дії через велике споживання електричної енергії при низькій продуктивності аероіонів. Це визначає великі економічні витрати, високу пожежонебезпечність, а також зміну мікроклімату приміщень за рахунок підвищення температури і концентрації металевого пилу в повітрі, зміни його вологості і згоряння кисню.

Іонізатори на випромінюванні. У природних умовах іонізація повітря виникає за рахунок радіоактивних джерел, що знаходяться в ґрунті і воді. Для штучної іонізації повітря застосовують різні альфа-радіоактивні речовини, які мають високі іонізуючі і низькі проникаючі здатності. Подібні властивості мають такі чисті радіоізотопи як полоній-210 і плутоній-239. Пристрої радіоізотопної аероіонізації мають камеру з джерелом альфа-випромінювання. На виході камери для регулювання інтенсивності аероіонізації і ступеня уніполярності встановлюються електроди, на які дається регульована постійна напруга. Концентрація аероіонів, яка підтримується такими приладами, не більше 100

тисяч іонів/см³. При цьому продуктивність аероіонів через низьку проникаючу здатність альфа-частинок істотно залежить від товщини пилового забруднення поверхні випромінювача.

Основним недоліком радіоізотопних аероіонізаторів є підвищена радіаційна небезпека для здоров'я людей, тому дані аероіонізатори не знайшли і не повинні знайти широкого застосування [6];

Ультрафіолетові аероіонізатори. При проходженні через повітря ультрафіолетових променів відбувається фотоіонізація його молекул. Для створення в повітрі аероіонів на основі цього способу застосовуються потужні джерела ультрафіолетового світла - кварцові лампи. Концентрації позитивних і негативних аероіонів при цьому приблизно рівні і можуть досягати 500 тисяч іонів/см³. Однак ультрафіолетові аероіонізатори створюють у повітрі дуже високі концентрації озону і оксидів азоту, які мають онкогенну дію. Тому даний метод для лікувальних і профілактичних цілей застосовувати не можна.

Гідроіонізатори. В природних умовах джерелами аероіонів є водоспади і морські прибої. В результаті інтенсивного розпилення води утворюється аерозоль, в якому дрібні краплі води заряджаються негативно, а великі - позитивно. Великі краплі під впливом сили тяжкості падають на поверхню води чи землі, а дрібні краплі при випаровуванні віддають свій заряд повітрю, насичуючи його негативними іонами; Пристрої для штучної аероіонізації повітря шляхом розпилення у ньому води називають гідроіонізаторами. Іонізація повітря, яка заснована на даному ефекті, здійснюється шляхом розпилення рідини, що подається в повітря під певним тиском через спеціальні форсунки. Концентрація аероіонів в повітрі залежить від параметрів створюваного повітряно-водяним струменем: його потужності, швидкості і ступенем диспергування, а також від відстані між місцем формування аерозолу та місцем споживання.

Гідроіонізатори не знайшли широкого застосування, по-перше, через необхідність використання складної і дорогої компресорної техніки, по-друге, із-

за малого обсягу зони простору, яка іонізується, повітряного та низького вмісту аероіонів в цій зоні і, по-третє, через сильне зволоження повітря.

Іонізатор на коронному розряді. Цей метод розробив і апробував в 1918 р. А. Л. Чижевський [1]. В даний час він є одним з найбільш поширених способів отримання легких негативних аероіонів кисню. В основі методу лежить створення електричних розрядів у повітрі за допомогою електродів, які виконуються, наприклад, з металевих голок, що мають дуже малий радіус кривизни вістря і знаходяться під постійною негативною напругою.

Розрізняють дуговий, іскровий і коронний електричний розряди.

При дуговому і іскровому розряді високої інтенсивності разом з аероіонами кисню в повітрі утворюються озон і окис азоту, які є найсильнішими отрутами. В даний час у продажу з'явилися псевдоіонізатори, що випускаються нашою та зарубіжною промисловістю. Авторами цих «іонізаторів-очищувачів повітря», які нібито працюють на принципі електронного вітру», створені як малопотужні озонатори, принцип дії яких заснований на коронному розряді високої інтенсивності.

При коронному розряді малої інтенсивності утворення в повітрі шкідливих сполук не відбувається, що і робить коронний електричний розряд такої інтенсивності безпечним.

Для формування коронного розряду малої інтенсивності в повітрі необхідно створення постійного електричного поля між двома істотно рознесеними електродами, один з яких повинен мати малий радіус кривизни. Якщо на електрод з малим радіусом кривизни подається постійний негативний потенціал, то у його вістря максимально зростають напруженість електричного поля і поверхнева щільність заряду, що при достатньому напруженні викликає емісію електронів з електрода в повітряний простір. Даний процес носить назву «ефлювія» - «стікання» електронів з електрода. Вирвані з електрода вільні електрони і позитивні іони повітря створюють лавину носіїв. Це призводить до іонізації молекул повітря, утворення навколо коронуючого електрода шару, який слабо світиться, з фотонів і протікання електричного струму в розрядному

проміжку за рахунок швидкого переміщення вільних електронів в зовнішню область корони. Вільні електрони приєднуються до нейтральних молекул кисню, утворюючи негативні аероіони, які під впливом електричного поля рухаються до позитивного некоронуєчого електроду. Збільшення напруги на електродах підвищує кількість вільних електронів в повітрі і негативних аероіонів кисню, які створюються. Саме на цьому фізичному явищі ґрунтується електрофлювіальний метод А. Л. Чижевського.

Електрофлювіальні аероіонізатори А. Л. Чижевського знайшли широке поширення в медицині, побуті та виробництві. Вони відповідають усім необхідним вимогам техніки безпеки, прості в конструктивному і технологічному виконанні, універсальні у застосуванні, споживають малу кількість електричної енергії і володіють значними можливостями регулювання концентрації негативних аероіонів кисню в межах від кількох тисяч до десятків мільйонів іонів в см³.

2 РОЗРОБКА, ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ІОНІЗАТОРА

2.1 Розробка та обґрунтування структурної схеми іонізатора повітря

Найбільш вдалимими і безпечними, особливо для умов побуту, є іонізатори повітря, які працюють по принципу коронного розряду. На гостру голку подається висока напруга (порядку декількох кіловольт), і починається коронний розряд, який до речі, можливо спостерігати у природі в літню пору під час грози. Інколи гострі шпилі веж, верхівки високих дерев світяться вночі. То в статичному електричному полі Землі йде процес іонізації повітря за рахунок коронного розряду.

Відомі іонізатори повітря на коронному розряді включають у себе: блок живлення, генератор, джерело високої напруги, випрямляч і розрядник, підключений до негативного полюса. В таких іонізаторах в якості джерела високої напруги використовується трансформатор електромагнітного типу [7-9]. Недоліком таких пристроїв є те, що застосування електромагнітного трансформатора знижує надійність пристрою, збільшує вагу, габарити і приводить до підвищеного енергоспоживання.

На основі проведеного аналізу в даній роботі пропонується конструкція іонізатора повітря, в якій замість електромагнітного трансформатора використовується п'єзотрансформатор. На рисунку 1 показана структурна схема такого іонізатора, яка включає в себе такі основні блоки: блок живлення, генератор, джерело високої напруги, випрямляч і розрядник.

Блок живлення необхідний для перетворення змінної напруги мережі в зменшену постійну стабілізовану напругу, необхідну для живлення генераторів.

Для реалізації двох типів режиму роботи іонізатора використовується два генератора: генератор низької частоти та генератор високої частоти, охоплені ланцюгом зворотного зв'язку.

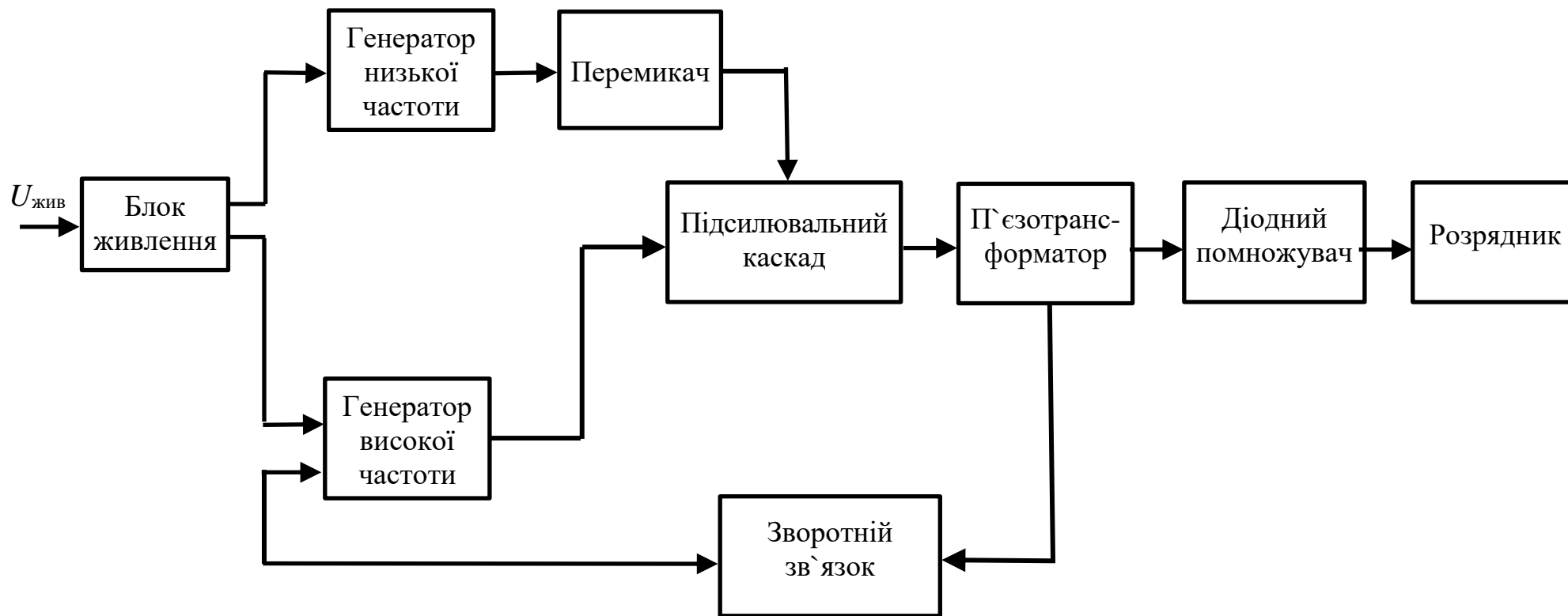


Рисунок 1 – Структурна схема іонізатора

З метою підсилення струму та напруги на вході п'єзотрансформатора використовується каскад із двох транзисторів, включених за схемою із загальним емітером.

В якості джерела високої напруги використовуємо п'єзотрансформатор, що має такі переваги, а саме: відсутність обмоток, незаймистість, стійкість до радіації, високу надійність, простоту конструкції, малі габарити та масу, невелике енергоспоживання. П'єзотрансформатор необхідний для підвищення змінної напруги. З вихідного кола цього п'єзотрансформатора напруга подається на діодний помножувач, де вона не тільки випрямляється, а ще й помножується. З виходу помножувача напруга подається на розрядні електроди.

Іонізатор повітря працює в двох режимах: режимі зниженої інтенсивності іонізації та режимі підвищеної інтенсивності іонізації.

2.2 Розробка та обґрунтування електричної принципової схеми іонізатора повітря

На рисунку 2 представлена електрична схема іонізатора повітря на базі п'єзотрансформатора.

Узагальнено пристрій працює в такий спосіб.

Напруга $U_{\text{жив}}$ від джерела живлення надходить на блок живлення, з якого знижена і випрямлена напруга подається на генератори. Коли перемикач у нижньому положенні, працює тільки генератор високої частоти, а генератор низької частоти - відключений. Генератор високої частоти без навантаження генерує коливання весь період часу та створює змінну напругу з частотою близько 150кГц. При включенні навантаження, частота змінної напруги зменшується за рахунок зворотного зв'язку з самого п'єзотрансформатора, стає близькою до резонансної для п'єзотрансформатора. Змінна напруга надходить на вхідну секцію підвищувального п'єзоелектричного трансформатора де підвищується в сотні разів.

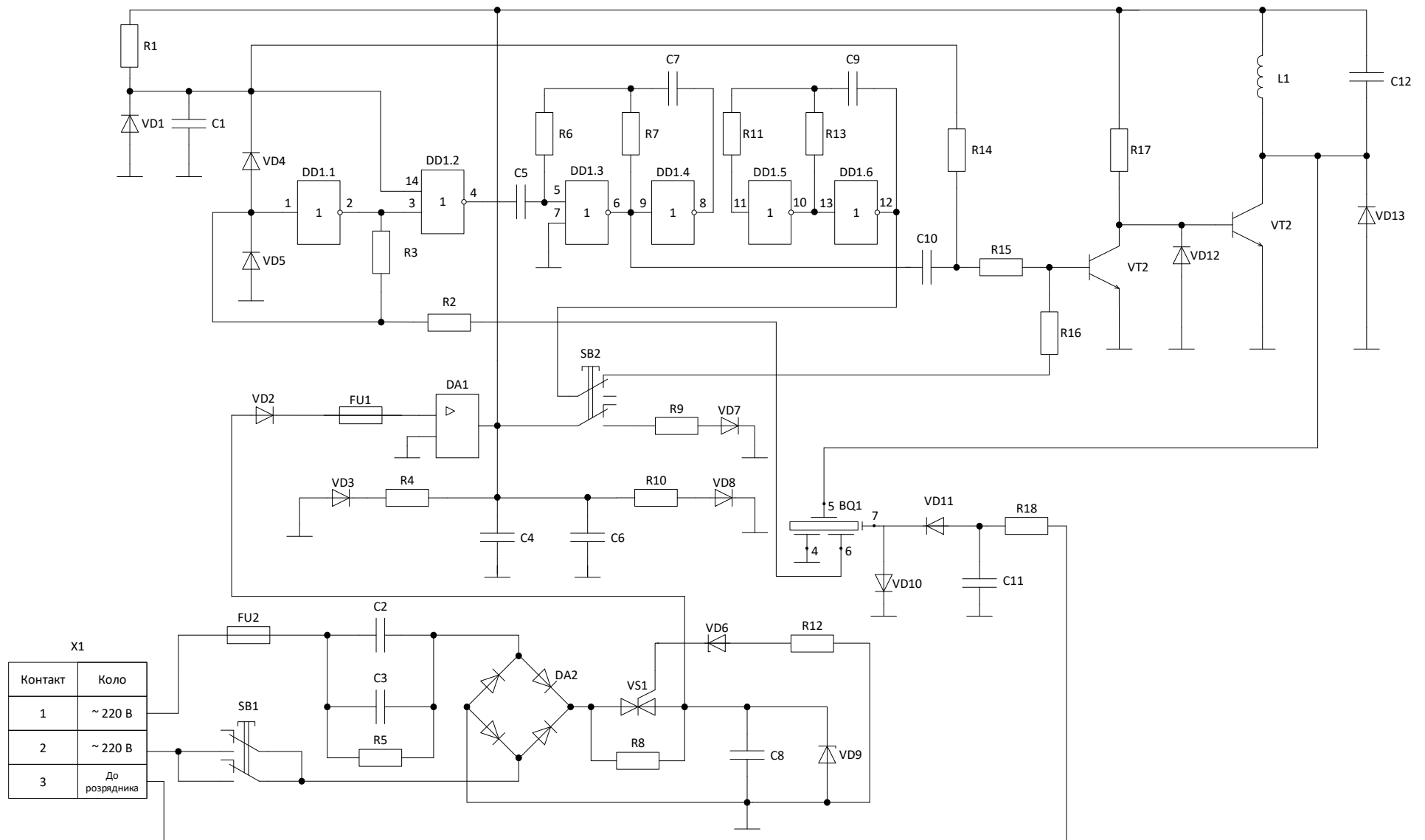


Рисунок 2 – Електрична схема іонізатора повітря на базі п'єзотрансформатора

З вихідної секції п'езотрансформатора висока змінна напруга надходить на діодний помножувач, де випрямляється та помножується і подається на розрядні електроди. Далі під дією імпульсів високої напруги виникає коронний розряд, що і є джерелом негативних іонів у повітрі. Таким чином іонізатор працює в режимі підвищеної іонізації.

Коли перемикач SB2 у верхньому положенні, генератор високої частоти продовжує створювати змінну напругу з частотою резонанса п'езотрансформатора, а генератор низької частоти створює прямокутні імпульси з частотою близько 10 Гц. В результаті спільної роботи генераторів на вхідну секцію п'езотрансформатора надходять «пачки» змінної напруги високої частоти. Тривалість «пачки» змінної напруги високої частоти дорівнює тривалості імпульсу генератора низької частоти, а час між «пачками» дорівнює тривалості паузи генератора низької частоти. В п'езотрансформаторі напруга підвищується в сотні разів, яка надходить на діодний помножувач, де випрямляється і помножується. Потім «пачки» випрямленої високої напруги подаються на розрядні електроди, де періодично виникає коронний розряд, який є джерелом негативних іонів у повітрі, що виникають з тією ж періодичністю. Таким чином іонізатор працює в режимі зниженої іонізації.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗОНАНСНОЇ ЧАСТОТИ П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОРА

3.1 Загальні відомості

В якості високовольтного джерела з вихідною напругою в декілька тисяч вольт використовується п'єзоелектричний трансформатор. П'єзоелектричні трансформатори мають ряд суттєвих переваг порівняно з електромагнітними трансформаторами: великі коефіцієнти трансформації та корисної дії, глибоку гальванічну розв'язку, високу надійність та зносостійкість, відсутність проблем нагрівання та незаймистість, вони не створюють жодних електромагнітних перешкод та зовсім нечутливі до будь – яких електромагнітних полів [10]. Але на сучасному етапі розвитку електронних пристроїв та систем п'єзокерамічні трансформатори привертають увагу насамперед тим, що мають невеликі масу та розміри, що дозволяє створювати малогабаритні пристрої на їх основі.

В іонізаторі повітря, що розробляється, використовується одношаровий п'єзокерамічний трансформатор однієї з першої та найвідомішої конструкції - конструкції Розена [11]. Вона представляє собою п'єзотрансформатор поперечно – подовжнього типу (рисунок 3).

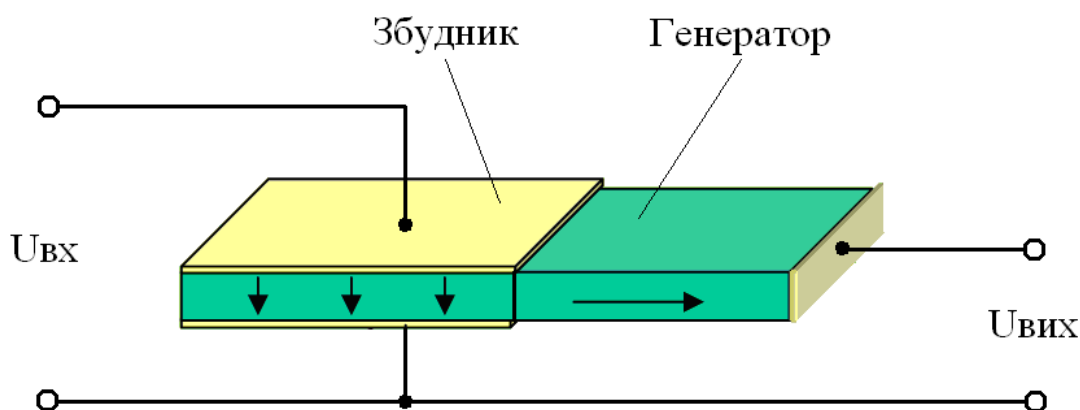


Рисунок 3 – Схематичний вигляд конструкції п'єзоелектричного трансформатора конструкції Розена

Принцип роботи п'єзоелектричного трансформатора полягає у використанні явища зворотного п'єзоелектричного ефекту в секції збудника та прямого п'єзоелектричного ефекту в секції генератора [12].

Особливістю п'єзоелектричного трансформатора є резонансний характер перетворення енергії у порівняно вузькій смузі частот, коли амплітуда внутрішньої механічної напруги досягає максимального значення. Найбільший коефіцієнт трансформації досягається на частоті резонансу. Ще однією особливістю п'єзокерамічного трансформатора є висока добротність.

3.2 Опис об'єкту та схема дослідження

Експериментальному дослідженню підлягали одношаровий п'єзоелектричний трансформатор напруги поперечно-подовжнього типу ТП-Р1 800603. Геометричні розміри п'єзотрансформатора наведені на рисунку 4 [13].

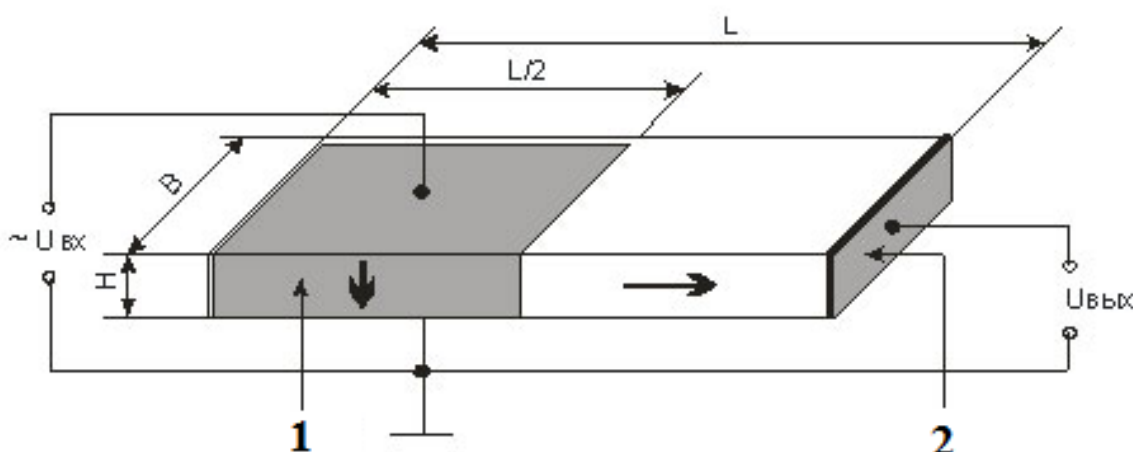


Рисунок 4 - Позначення геометричних розмірів п'єзотрансформатора

На рисунку 5 приведено фото п'єзотрансформатора.



Рисунок 5 - Фото п'єзотрансформатора ТП-Р1 800603

В таблиці 1 наведені електрофізичні параметри п'єзотрансформатора.

Електрофізичні параметри п'єзотрансформатора ТП-Р1 800603

Частота основного резонансу, кГц	Тангенс кута діелектричних втрат вхідній секції, не більше	Вхідна напруга, В	Вхідний струм, мА при навантаженні 100 МОм, не більше	Вихідна напруга, кВ при навантаженні 100 МОм, не менше	Коефіцієнт корисної дії при навантаженні 30 МОм, не менше	Максимальна вхідна напруга, В, не більше
19,0-22,0	0,010	20	30	3,5	0,5	60
79,2-96,8	0,008	3	-	2,0	0,5	-

Для дослідження характеристик п'єзотрансформатора використовувалася схема, яка приведена на рисунку 6.

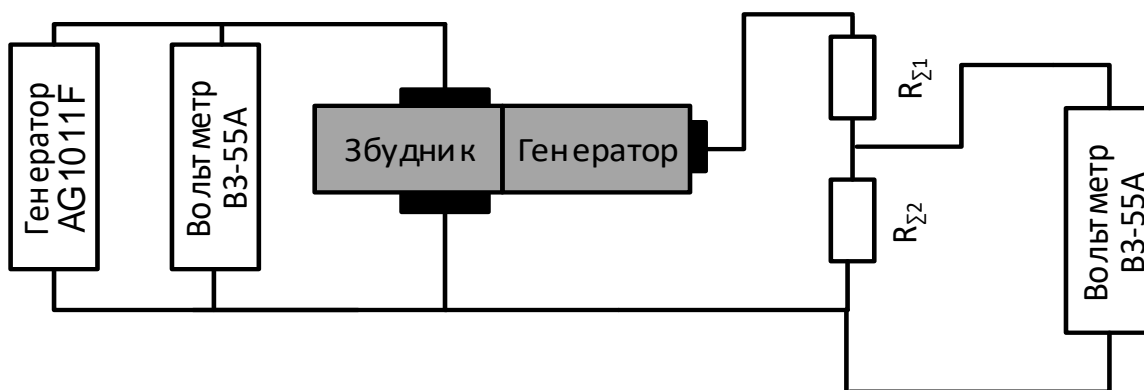


Рисунок 6 – Схема для дослідження характеристик п'єзотрансформатора

3.3 Дослідження амплітудно-частотної характеристики п'єзотрансформатора

В таблиці 2 наведені результати вимірювання вихідної напруги п'єзотрансформатора типа ТП-Р1 800603 в залежності від частоти вхідної напруги, яка дорівнювала одному вольту, у діапазоні частот від 17000 до 21400

Гц за схемою на рисунку 6. Як видно з таблиці 2, на частоті 20090 Гц досягнуто найбільше значення вихідної напруги, що означає відповідність цієї частоти реальній резонансній частоті п'єзотрансформатора, який досліджується. Якщо її порівняти з даними, які наведені в таблиці 1, то ця частота знаходиться у заявленому виробником діапазоні.

Таблиця 2

**Залежність вихідної напруги п'єзотрансформатора ТП-Р1 800603
від частоти для першої гармоніки**

f , кГц	U_{R11} , В	$U_{вих}$, В	f , кГц	U_{R11} , В	$U_{вих}$, В	f , кГц	U_{R11} , В	$U_{вих}$, В
17,00	0,07	80	19,60	0,26	299	20,40	0,40	460
18,00	0,08	92	19,70	0,34	391	20,50	0,31	356
18,90	0,10	115	19,80	0,48	552	20,60	0,26	299
19,00	0,11	121	19,90	0,82	943	20,70	0,21	241
19,10	0,12	138	20,00	1,06	1218	20,80	0,18	207
19,20	0,14	161	20,09	2,10	2414	20,90	0,16	184
19,30	0,16	184	20,10	2,00	2299	21,00	0,14	161
19,40	0,18	207	20,20	0,95	1092	21,20	0,12	138
19,50	0,21	241	20,30	0,56	644	21,40	0,10	115

За результатами проведених досліджень побудовані графік залежності вихідної напруги від частоти для п'єзотрансформатора ТП-Р1 800603 (рисунок 7), який наглядно ілюструє форму резонансної кривої.

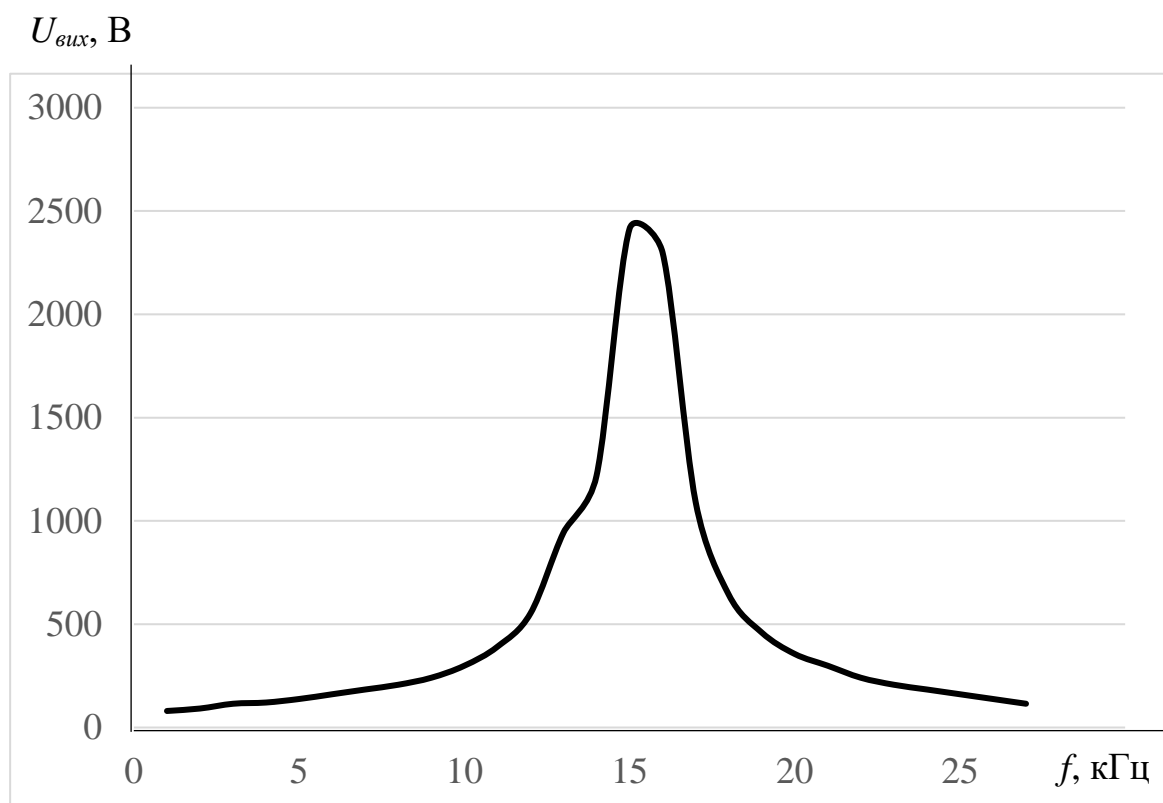


Рисунок 7 – Амплітудно-частотна характеристика п'єзотрансформатора

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ РОЗПОДІЛУ ІОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕНОГО ІОНІЗАТОРА ПОВІТРЯ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ

За запропонованою схемою зроблено іонізатор повітря на базі п'єзотрансформатора, фото якого зображено на рисунку 8.

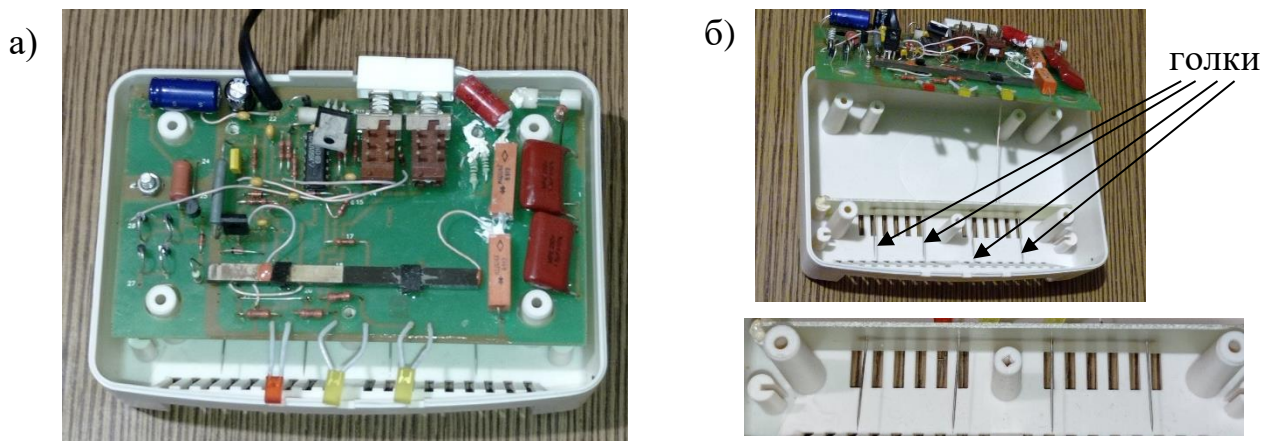


Рисунок 8 – Фото іонізатора повітря на базі п'єзотрансформатора:

а) – іонізатор зі знятою кришкою; б) – блок з голками для стікання іонів

Дослідження ефективності роботи розробленого іонізатора проводилося за допомогою лічильника аероіонів МАС-01 в приміщенні розміром $5 \times 10 \times 3$ метри. Зовнішній вид лічильника аероіонів і схема розташування іонізатора і лічильника в процесі дослідження наведено на рисунку 9.

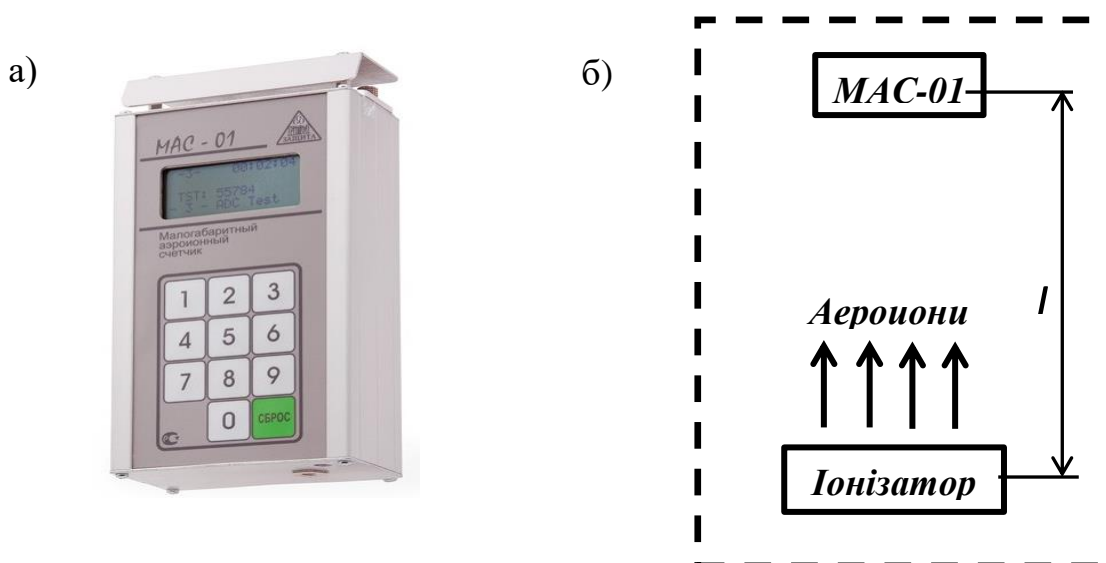


Рисунок 9 – Фото лічильника аероіонів МАС-01 (а) та схема розташування іонізатора і лічильника в процесі дослідження (б)

Результати вимірів концентрації негативних (по три вимірювання для кожної відстані) представлені в таблиці 3 і 4. Вимірювався також коефіцієнт полярності, який являє собою відношення різниці концентрацій позитивних і негативних іонів до їх суми [14], тобто

$$P_{\text{изм}} = \frac{n^+ - n^-}{n^- + n^+}$$

В таблиці 3 і 4 показані залежності концентрації іонів від відстані для тривалості включень рівних 100% і 50%, де тривалість включення (ПВ) визначається за формулою [15]

$$ПВ\% = \frac{t_p}{t_p + t_n} \cdot 100\%$$

де t_p – тривалість процесу іонізації;

t_n – тривалість паузи за час циклу роботи.

Для кожної відстані від іонізатора до лічильника проводилося по три вимірювання концентрацій негативних іонів і визначалося середнє її значення за формулою

$$n_{\text{ср}}^- = \frac{n_1^- + n_2^- + n_3^-}{3}$$

Коефіцієнт уніполярності [16] обчислювався за формулою

$$Y_{\text{расч}} = \frac{n^+}{n_{\text{ср}}^-}$$

Таблиця 3
Залежність концентрації негативних n^- і позитивних n^+ іонів від відстані
(при ПВ=100%)

Результати вимірювань						Результати розрахунку		
$L, \text{ м}$	n^-_1	n^-_2	n^-_3	n^+	$\Pi_{\text{вим}}$	$n^-_{\text{сер}}$	$\Pi_{\text{розр}}$	$U_{\text{роз}}$
0,5	232,0	221,0	221,0	4,34	-0,99	224,6	-0,96	0,019
1,0	79,3	76,5	76,8	1,48	-0,99	77,5	-0,96	0,019
1,5	36,7	34,8	35,9	0,66	-0,99	35,8	-0,96	0,018
2,0	14,9	15,2	14,4	0,34	-0,99	14,8	-0,96	0,023
2,5	8,5	8,8	8,3	0,12	-0,99	8,5	-0,97	0,014
3,0	7,0	6,4	4,1	0,11	-0,99	5,8	-0,96	0,019
3,5	3,6	2,1	3,0	<0,1	-0,99	2,9	-1,0	0,000

Таблиця 4
Залежність концентрації негативних n^- і позитивних n^+ іонів від відстані
(при ПВ=50%)

Результати вимірювань						Результати розрахунку		
$L, \text{ м}$	n^-_1	n^-_2	n^-_3	n^+	$\Pi_{\text{вим}}$	$n^-_{\text{сер}}$	$\Pi_{\text{розр}}$	$U_{\text{роз}}$
0,5	157,0	160,0	156,0	2,81	-0,99	157,6	-0,96	0,018
1,0	56,6	61,6	58,9	1,04	-0,99	59,1	-0,97	0,018
1,5	26,6	27,7	25,6	0,51	-0,99	26,6	-0,96	0,019
2,0	12,0	14,9	13,6	0,28	-0,99	13,5	-0,96	0,021
2,5	8,1	6,1	8,9	0,14	-0,99	7,7	-0,96	0,018
3,0	7,0	3,3	5,3	0,11	-0,99	5,2	-0,96	0,021
3,5	3,0	3,9	3,2	0,37	-0,99	3,4	-0,80	0,109

По даним таблиць 3 і 4 побудовані графічні залежності концентрацій негативних іонів від відстані від іонізатора до лічильника (рисунок 10).

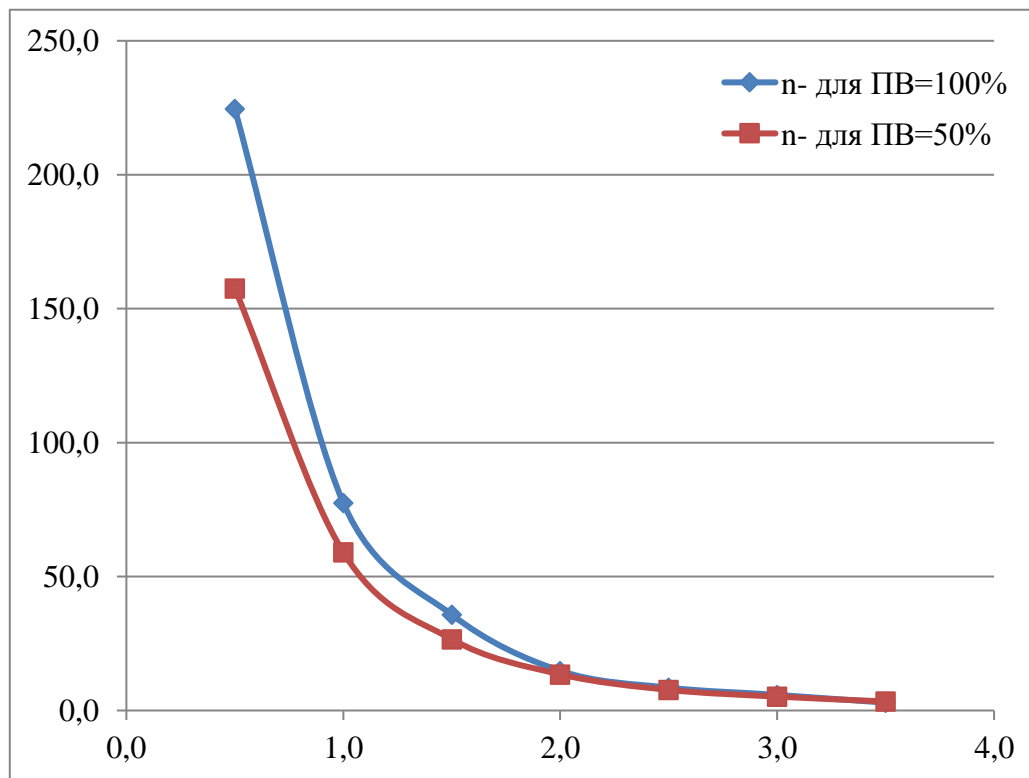


Рисунок 10 - Залежність концентрації негативних іонів від розташування іонізатора по відношенню до вимірника для ПВ = 100% і ПВ = 50%

Проведемо апроксимацію отриманих результатів у вигляді теоретичних залежностей. За основу приймемо залежність виду:

$$n = a \cdot L^b. \quad (1)$$

Прологарифмувавши цей вираз, отримаємо:

$$\lg n = \lg a + \lg x^b = \lg a + b \cdot \lg x$$

Здійснимо заміну:

$$\lg n = Y, \quad \lg a = A, \quad b = B, \quad \lg x = X.$$

С урахуванням вищенаведених замінів рівняння прийме вигляд:

$$Y = A + BX.$$

У наведеному рівнянні невідомими є A і B . Враховуючи те, що наведене рівняння є лінійним можна скласти наступну систему рівнянь:

$$Y_1 = A + BX_1;$$

$$Y_2 = A + AX_2.$$

Тобто:

$$\lg n_1 = A + B \cdot \lg x_1;$$

$$\lg n_2 = A + B \cdot \lg x_2.$$

В наведену систему рівнянь підставляємо значення концентрації негативних іонів при ПВ=100% для відстаней 1 м и 3,5 м, які беруться з таблиці 3, а саме 77,5 тис. іон в куб см і 2,9 тис. іон в куб см.

$$\lg 77,5 = A + B \cdot \lg 1;$$

$$\lg 2,9 = A + B \cdot \lg 3,5.$$

Вирішуючи наведене рівняння отримуємо

$$A = 1,88; \quad B = 2,62.$$

Відповідно

$$a = 75,85; \quad b = -2,62.$$

Таким чином, вираз (1) для залежності концентрації негативних іонів від відстані при ПВ=100% буде мати вигляд

$$n = 75,5 \cdot L^{-2,62}$$

Аналогічно проведена апроксимація залежності концентрації негативних іонів від відстаней при ПВ=50%. Результати апроксимації наведені у таблиці 5.

Таблиця 5
 Результати апроксимації залежностей концентрації негативних і позитивних іонів від відстаней при ПВ=100% і ПВ=50%

Полярність іонів	ПВ	Коефіцієнти рівняння	
		<i>a</i>	<i>b</i>
Негативні	100	75.85	-2.62
Негативні	50	58.88	-2.29

На рисунку 11 і 12 приведені графіки розподілу концентрації негативних і позитивних іонів від розташування іонізатора по відношенню до вимірювача при ПВ=100% і ПВ=50%, які отримані за результатами експерименту і шляхом апроксимації в теоретичну залежність.

Тис. іон в куб. см

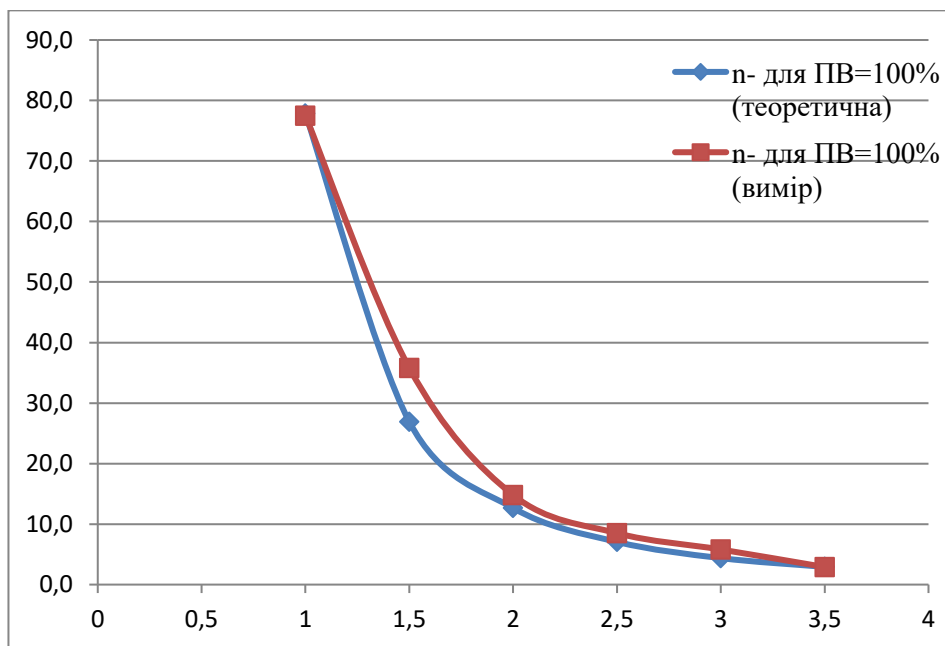


Рисунок 11 – Залежність концентрації негативних іонів від розташування іонізатора по відношенню до вимірювача для ПВ=100% за результатами вимірів та апроксимації.

Тис. іон в куб. см

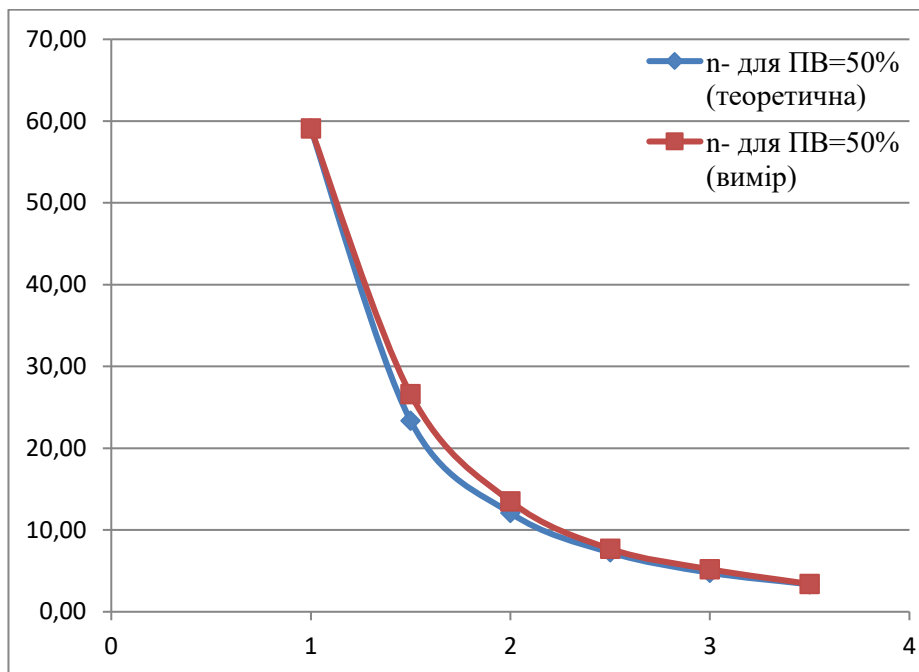


Рисунок 12 – Залежність концентрації негативних іонів від розташування іонізатора по відношенню до вимірювача для ПВ=50% за результатами вимірів та апроксимації.

Порівняння наведених залежностей показує досить добру збіжність результатів експерименту і результатів апроксимації при дослідженні негативних іонів та задовільну для позитивних. Показник ступеня знаходиться між двома і трьома, що засвідчує про вплив просторових обмежень. Вочевидь при відсутності просторових обмежень показник ступеня буде прагнути до трьох. Але у нашому випадку є обмеження по висоті, яке і призвело до зниження цього показника.

Можна вважати, що для підвищення ефективності роботи приладів штучної іонізації повітря потрібно створити умови для збільшення зони оптимальних значень концентрації іонів, а також зробити прилад який би продукував також і потрібну кількість позитивних іонів (з концентрацією у півтори рази меншою ніж концентрація негативних). Для цього можна пропонувати доповнити прилад вентилятором і комутатором, який би перемикав полярність напруги, що подається на іонізуючі електроди.

ВИСНОВКИ

1. Принцип роботи приладів штучної іонізації повітря оснований на різних принципах аероіонізації, а саме: гідроіонізаційної, термоелектронної, ультрафіолетової, радіоізотопної та електрофлювіальної. Найбільш поширеним на даний час є принцип електрофлювіальної аероіонізації.

2. В зв'язку з перевагами п'єзотрансформатора в порівнянні з електромагнітними в якості елемента, який підвищує напругу в конструкції іонізатора, що розроблявся, використовувався п'єзотрансформатор.

3. Розроблені структурна та принципова схеми має суттєві переваги в порівнянні з існуючими, а саме: підвищену надійність, меншу споживану потужність та кращу технологічність

4. Дослідження амплітудно-частотної характеристики п'єзотрансформатора дозволило визначити резонансну частоту п'єзотрансформатора, що використано при виборі елементів схеми.

5. Виготовлення дослідного зразка розробленого іонізатора і дослідження його працездатності показало його ефективність.

6. Апроксимація характеру розподілу іонів, які виробляються розробленим іонізатором показала, що іонізатор продукує негативні іони за законом близьким до виразу

$$n = 75,5 \cdot L^{-2,62}$$

де n – концентрація іонів, L – відстань до іонізатора,

Отримана залежність показує досить добру збіжність результатів експерименту і результатів апроксимації. Показник ступеня знаходиться між двома і трьома, що засвідчує про вплив просторових обмежень. Вочевидь при відсутності просторових обмежень показник ступеня буде прагнути до трьох. Але у нашому випадку є обмеження по висоті, яке і призвело до зниження цього показника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чижевский А.Л. Аэроионофикация в народном хозяйстве. – 2-е изд., сокр. - М.: Стройиздат, 1989. – 488 с.
2. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. (СанПиН 2.2.4.1294-03).
3. Чижевский А. Л. Руководство по применению ионизированного воздуха в промышленности, сельском хозяйстве и в медицине. — М.: Госпланиздат, 1959. - 56 с.
4. Чижевский, А.Л. Аэроионы и жизнь; Беседы с Циолковским : [Сборник] /А.Л. Чижевский; вступ. ст. Л.В. Голованов . – М. : Мысль, 1999 . – 716 с.
5. Черкасов Г.В., Яковлев С.А. Ионизация воздуха путь к долголетию // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2000. - N4. - С. 223-225.
6. Боголюбов В. М., Пономаренко Г. Н. Общая физиотерапия. – М.: Медицина, 2003. – 400 с. 3. Улащик В. С. Физиотерапия. Универсальная медицинская энциклопедия. – Мн: Книжный дом, 2008. – 640 с.
7. Иванов Б. Люстра Чижевского. - Радио, 1997 №1, С. 36 – 39.
8. Коровин В.Н. Малогабаритный аэроионизатор. - Радио, 2000 №3, С. 29 – 30.
9. Слинченков А. Ионизатор воздуха закрытого типа. – Радио, 2011 №8, С. 38 – 40.
10. Ерофеев А.А., Данов Г.А., Фролов В.Н. Пьезокерамические трансформаторы и их применение в радиоэлектронике. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
11. Rosen Charles Abraham. Analysis and Design of Ceramic Transformers and Filter Elements: Ph.D. Dissertation. – USA, New York, Syracuse University, Electrical Engineering Department. – Aug. 1956. – 286 p.

12. Пьезоэлектрические преобразователи /В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ю.Ю. Бондаренко, Т.Ю. Кисиль, М.П. Мусиенко, С.В. Ротгэ, И.Б. Чудаева; Под ред. В.М. Шарапова. – Черкассы: ЧГТУ, 2004. – 435 с.

13. ТП-Р1 800603 (Монолит) / ChipFind Datasheet archive. URL: <http://www.allcomponents.ru/monolit/tpr1800603.htm> (дата звернення: 10.12.2020)

14. МАС-01 Счетчик аэроионов малогабаритный / приборостроительная компания НТМ - Защита [Электронный ресурс] URL: <https://ntm.ru/products/70/7268>. (дата звернення: 10.12.2020).

15. Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Продолжительность_включения. (дата звернення: 10.12.2020).

16. ДНАОП 0.03-3.06-80. Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень №2152-80.