

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

«На правах рукопису»  
УДК 679.8

До захисту допущено:

В.о. зав. кафедри

 Євгеній НЕЛІН

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології  
мікросистемної радіоелектронної техніки»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Пристрій для обробки матеріалів низькочастотною  
електромагнітною хвилею»

Виконав (-ла):  
студент (-ка) 2 курсу, групи РІ-91мп

Чабай Дмитро Вячеславович

Керівник:  
ст. викладач Попсуй Володимир Ілліч

Рецензент:  
ст. викладач Турєєва Ольга Василівна

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент (-ка)

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

в.о. завідувача кафедри

*Е. Ілліч* Євгеній НЕЛІН

«2» вересня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студента**  
**Чабая Дмитра Вячеславовича**

1. Тема дисертації «Пристрій для обробки матеріалів низькочастотною електромагнітною хвилею»  
науковий керівник дисертації Попсуй Володимир Ілліч, ст. викладач  
затверджені наказом по університету від «5» листопада 2020 р. №3223-с
  2. Термін подання студентом дисертації 16 грудня 2020 року
  3. Об'єкт дослідження пристрій для обробки матеріалів електромагнітною хвилею
  4. Вихідні дані обробка матеріалів в давні часи, сила звуку
  5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналітичний огляд методів обробки твердих матеріалів, провести моделювання пристрою, спроектувати підсилювач, провести вибір елементної бази, провести розрахунки на працездатність, розробити стартап-проект
  6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу комплект конструкторської документації з детальною розробкою підсилювача, презентація
  7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_
- 
9. Дата видачі завдання 02 вересня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Підбір джерел за темою МД	01.09.2020-05.09.2020	виконано
2	Розробка ТЗ	07.09.2020-15.09.2020	виконано
3	Дослідження моделей розробки ПЗ	20.09.2020-01.11.2020	виконано
4	Проведення аналізу та моделювання пристрою	02.11.2020-10.11.2020	виконано
5	Проведення вибору елементної бази підсилювача	10.11.2020-15.11.2020	виконано
6	Проведення конструювання плати та корпусу підсилювача	15.11.2020-20.11.2020	виконано
7	Розрахунки, що підтверджують працездатність	22.11.2020-2.12.2020	виконано
8	Оформлення та підготовка до захисту МД	02.12.2020-05.12.2020	виконано

Студент

Дмитро ЧАБАЙ

Науковий керівник

Володимир ПОПСУЙ

ЧАБАЙ Д.В. РІ-91 МП, 2020

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Пристрій для обробки матеріалів низькочастотною електромагнітною хвилею» містить 65 сторінок, 25 рисунків, 25 таблиць та додатки.

Метою магістерської дисертації є розробка та дослідження пристрою для обробки матеріалів низькочастотною електромагнітною хвилею.

Актуальність теми: розробка даного проекту є актуальною, оскільки такий метод обробки матеріалів електромагнітною хвилею використовується досить мало та не є таким популярним і задача даного проекту розробити пристрій який буде стабільно працювати та обробляти матеріали на частоті від 10 Гц до 400 Гц.

Наукова новизна: науковою новизною являються частоти на яких працює пристрій для обробки матеріалів, що не шкодять людині.

У результаті отримано пристрій для обробки матеріалів за допомогою електромагнітних хвиль.

**Ключові слова:** сила звуку, обробка матеріалів, низькочастотна електромагнітна хвиля, генератор низьких частот, блок живлення, підсилювач, друкована плата.



## ABSTRACT

Master's dissertation on the topic: "The device for processing materials by low-frequency electromagnetic wave" contains 65 pages, 25 figures, 25 tables and appendices.

The purpose of the master`s dissertation is to develop and study a device for processing materials by low-frequency electromagnetic wave.

Significance of the topic: the development of this project is relevant because this method of processing materials by electromagnetic waves is used very little and is not so popular. Also, the task of this project is to develop a device that will work stably and process materials at 10 Hz to 400 Hz.

Scientific novelty: the frequencies, at which the device works for processing materials, are the scientific novelty as they do not harm humans.

The result of the work is presented in a device for processing materials using electromagnetic waves.

**Key words:** sound power, material processing, low-frequency electromagnetic wave, low-frequency generator, power supply, amplifier, printed circuit board.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до магістерської дисертації**

на тему: Пристрій для обробки матеріалів низькочастотною електромагнітною хвилею

Київ — 2020 року

## ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	4
Вступ.....	5
1 Аналітичний огляд найдавніших методів обробки твердих та крихких матеріалів .....	6
1.1 Свердління каміння.....	7
1.2 Пиляння каменю.....	9
1.3 Сила звуку.....	11
1.3.1 Двигун Кілі .....	12
1.3.2 Генератор Лідскальніна. «Кораловий Замок».....	13
1.4 Висновки .....	15
2 Проведення аналізу та моделювання пристрою .....	16
2.1 Розроблення схеми пристрою.....	16
2.2 Опис основних модулів приладу.....	17
2.2.1 Опис блоку живлення .....	17
2.2.2 Опис ГНЧ.....	18
2.2.3 Опис підсилювача .....	19
2.3 Висновки .....	21
3 Проведення вибору елементної бази підсилювача.....	22
3.1 Вибір транзисторів.....	22
3.2 Вибір резисторів.....	24
3.3 Вибір діодів.....	26
3.4 Вибір конденсаторів .....	26
3.5 Висновки .....	27

	2
4 Проведення конструювання плати та корпусу підсилювача.....	29
4.1 Розробка схеми електричної принципової .....	29
4.2 Вибір матеріалу для друкованої плати .....	29
4.3 Вибір корпусу.....	30
4.4 Висновки.....	31
5 Розрахунки що підтверджують працездатність.....	32
5.1 Розрахунок діаметрів монтажних отворів та розмірів контактних площинок.....	32
5.2 Розрахунок ширини провідників друкованого монтажу .....	34
5.3 Розрахунок зазорів між елементами друкованого монтажу.....	36
5.4 Розрахунок площини плати .....	36
5.5 Трасування друкованої плати в середовищі Altium Designer.....	38
5.6 Розрахунок радіаторів транзистора.....	39
5.7 Розрахунок надійності електронного модуля .....	40
5.8 Висновки.....	45
6 Розробка Стартап-Проекту.....	46
6.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології) .....	46
6.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	47
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	48
6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	56
6.5 Розроблення маркетингової програми.....	59
6.6 Висновки .....	61
Загальні висновки.....	62
Перелік джерел посилання.....	63
Додаток А.....	66

Додаток Б ..... 73

Чабай Д.В. РІ-91МП, 2020

**ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

БЖ — блок живлення;

ГНЧ — генератор низьких частот;

ДП — друкована плата;

ТЗ — технічне завдання;

Цабай Д.В. РІ-91МП, 2020

## ВСТУП

В наші часи існує багато інструментів для обробки різноманітних матеріалів, але і досі є велика кількість методів обробки матеріалів, які до кінця не дослідженні і вражають в наш час, вік передових технологій.

Стародавні люди залишили мало свідчень про технології, якими користувалися. І сьогодні ціла наука – експериментальна археологія – намагається відтворити їх. Це важливе завдання, оскільки недолік знань в цій області є благодатним ґрунтом для появи різноманітних псевдонаукових теорій. Особливо часто вони виникають навколо будівництва єгипетських пірамід. Це зрозуміло, оскільки навіть сьогодні, використовуючи алмазні фрези, крани і вертольоти, створити щось подібне не так легко.

Тому в даному проекті проведено аналіз найдавніших технологій обробки твердих та крихких матеріалів, також було розроблено пристрій для обробки твердих матеріалів низькочастотною хвилею.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАЙДАВНІШИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ТВЕРДИХ ТА КРИХКИХ МАТЕРІАЛІВ

Вплив акустичних хвиль низької частоти на матеріальні об'єкти відомий здавна. Шаляпін міг заспівати так, що розлітались в друзки бокали. Резонансні явища на низьких частотах призводять до руйнації будівель, мостів та інших об'єктів.

Вуд за допомогою генератора інфранизьких частот викликав у глядачів опери панічний страх. Люди вибігали з театру.

І цей перелік можна продовжувати. Існує неспростовний зв'язок між акустичними хвилями і їх впливом на речовину.

З іншого боку в металообробці вже десятки років використовують ультразвукові коливання. Ударний імпульс від концентратора (трансформатора) ультразвукових коливань передається на кристаліти абразиву, а ті бомбардують поверхню деталі і вибивають мікрочастинки матеріалу. Продуктивність такої обробки прямо пропорційна частоті ультразвукових коливань. Провівши аналогію можна сподіватись, що низькочастотні акустичні коливання можуть призвести до подібного впливу на поверхню деталі.

З практики застосування вібробункерів відомо, що при створенні крутильних низькочастотних коливань подрібнені частки матеріалу піднімаються вгору по спіральній канавці. Це дозволяє сподіватись, що при правильному виборі частот впливу можна пересувати на висоту і більші предмети.

Каміння, як правило, має неоднорідну складну структуру. Відповідно при ударному акустичному збудженні може виникати безліч акустичних коливань в середині каміння від поздовжніх та поперекових хвиль. Тібетські монахи рухали кам'яні брили співаючи хором звук «Ом». Скоріш за все спів на порядки зменшував коефіцієнт тертя.

В Америці каменярь Лідскальнін без сторонньої допомоги побудував «Кораловий замок» пересуваючи і піднімаючи брили, які людині підняти не



під силу (рис.1.5). Ще один винахідник Кілі побудував безліч механічних генераторів низькочастотних коливань (рис. 1.4)

Сучасне обладнання дозволяє генерувати майже будь які коливання. До такого обладнання відносяться генератори низької частоти і підсилювачі. В інтернеті є відео обробки каміння з допомогою таких пристроїв [1].

### 1.1 Свердління каміння

Єгиптяни початку III тисячоліття вміли свердлити камінь. Вони знімали порівняно велику площу камінних блоків вапняку свердлінням. Археологи, що вивчали ступінчасті піраміди третьої династії, звернули увагу на те, що біля підніжжя цих гробниць лежало чимало блоків, на яких було зроблено багато заглиблень, розташованих одне біля іншого.

Свердло при роботі ставилося так, що кожне наступне свердління знімало частину перегоронок від попереднього свердління. Тут же були підібрані сотні невеликих крем'яних свердел, вид яких різноманітний, але переважала все ж форма півмісяця. Відстань між двома «рогами» свердла по прямій коливається від 20 до 90 мм. Ці свердла були виготовлені з жовна шляхом двосторонньої їх оббивки. По всій поверхні одного каменю (жовна) наносили дуже точні удари камінням (ударником) до тих пір, поки після сколювання не виходило знаряддя потрібної форми. Очевидно, їх робили тут же на будівельному майданчику, оскільки серед виявлених крем'яних знарядь були і такі, виготовлення яких ще не було закінчено.

Для приведення в дію свердел-півмісяців у єгиптян було спеціальне пристосування. Воно складалося з довгого дерев'яного стрижня, верхня частина якого мала вигнуту рукоятку. Під рукояткою до стрижня прикріплені два важких камені, що грали роль вантажу, необхідного під час свердління. Нижній кінець стержня закінчувався розвилкою у якій закріплювалось свердло.

Кремінне свердло було по суті інструментальною головкою цих свердильних верстатів. При кожному повороті стержня (а процес свердління

включав і цей рух) розвилка, з ним поєднана, повертала кремінне свердло, що мало дуже гострі грані. Воно різало вапняк на зразок сталевих свердел. Твердість кремнію вдвічі перевищує твердість вапняку, тому ніякого абразиву під час свердління вапняку кремінними свердлами не було потрібно. Призначення крем'яних свердел-півмісяців стане ще більш ясным, якщо ми врахуємо, що серед блоків з безліччю поглиблень були виявлені і такі, на яких діаметр ямок точно збігається з розміром кремнієвих свердел, піднятих з розкопу.

Свердлінням робили в камінні поглиблення і наскрізні отвори самого різного діаметру (рисунок 1.1), які були потрібні при будівництві.



Рисунок 1.1 — Поглиблення та отвори

Свердло при цьому ставили кожен раз так, що в результаті роботи всі ямки виявлялися розміщеними по одній прямій. Після висвердлювання ряду ямок залишки перегородок легко знімалися мідними різцями або ударами каменю молота. Розрівнюючи і шліфуючи потім ці ямки, можна було отримати жолоби на зразок тих, які утворювали систему дренажу в пірамідних спорудах. Поєднуючи висвердлювання поглиблень з подальшим розрівнюванням, можна було зробити з'єднання каменів, що застосовувалося при кладці, а також прикраси-рельєфи, фігурне каміння тощо. Прилад подібних отворів і канавок наведений на рис. 1.1.

Свердлили трубчастими і кремінними гостроконечниками. Матеріалом для перших могли служити малого діаметра пустотілі стовбури дерев, очерет і також трубчасті кістки тварин. Крем'яні та мідні гострі наконечники, що застосовувалися в IV тисячолітті, різали вапняк своїми гранями подібно до кремінних свердел-півмісяців.

Трубчасте ж свердло з матеріалів рослинного походження (дерево, очерет), поступаючись по твердості каменю, не могло різати його, тому під нього підсипали пісок. Піщинки проникаючи в м'який матеріал свердла, при обертанні останнього (за умови тиску на свердло) здійснювали роботу, знімаючи поверхню каменю. Про використання трубчастих свердел з неметалічних матеріалів для висвердлювання заглиблень в будівельних деталях в III тисячолітті нічого не відомо. Справді, ці свердла, що приводяться в рух лучком, могли бути тільки невеликого діаметра (інакше лучок був не в силах обертати їх), і вони робили ямки малого діаметра. Щоб отримати велику виїмку, треба було зробити дуже багато виїмок малого розміру, групуючи їх по можливості близько одне до одного. Тому логічно вважати, що використання трубчастих свердел з неметалічних матеріалів для обробки будівельного матеріалу - каменю було явно малоефективним.

В разі роботи кремінними свердлами все навантаження при обробці поверхні вапняку лягало на кам'яні знаряддя, а не на різці, виготовлені з дуже цінної в той час міді. Перегородки, що залишилися після свердління кам'яними свердлами, легко знімалися ударом загостреного кам'яного молота. Різці з дорогого металу (м'якої міді) досить швидко зношувалися при роботі навіть з таким податливим матеріалом, як вапняк. Виготовлення крем'яних знарядь, навпаки, не вимагало багато часу, а кремій був всюди в Єгипті [2].

## 1.2 Пиляння каменю

При створенні гранітних і базальтових блоків фасаду (а вони іноді мали досить складну форму) каменярі вдавалися також до пиляння. Вони пиля-

ли не просто пилкою, вона представляла собою смужку міді товщиною 3–4 мм зображену на рисунку 1.2 та довжиною не менше одного метра, про це можна судити по ширині пропила, також вона не мала зубів. Різучий край цих пил, як припускають фахівці, був злегка закруглений. У каменярів, був цілий набір мідних пил необхідних для розпилу різного розміру каменів. Можна також припускати, що ці інструменти були забезпечені дерев'яними ручками, як і мідні пили призначені для повздовжнього розпилювання дерева.



Рисунок 1.2 — Дріт міді ріже камінь

Стародавні каменярі робили вертикальні пропили (відомі пропили глибиною 5–15 см), то були орієнтири для працівників, які оброблювали поверхню блоку. Вони оббивали, а потім шліфували цю сторону блоку до тих пір поки вона не зрівнювалась з дном жолоба пропилу.

Пили і свердла з міді та іншого м'якого металу, могли здійснювати роботу лише з допомогою абразиву, кварцового піску. При обертанні свердла і русі пилки з міді тверді піщинки тиском на інструмент проникали в нього, перетворювалися таким чином в тимчасові крихітні зуби, які і знімали поверхню твердого каменю. При цьому в результаті тертя об кварцовий пісок і ча-

стково об твердий камінь мідний інструмент зношувався. Про це свідчить мідна зелень, виявлена в багатьох пропилах.

Останньою операцією по обробці лицьових сторін облицювальних каменів, як і зовнішньої поверхні камінних саркофагів, пам'ятників, судин, була шліфовка, а у випадках коли матеріалом служив твердий камінь, було полірування [2].

### 1.3 Сила звуку

Також в давні часи люди різали та розм'якшували каміння, використовуючи звук свого голосу на рисунку 1.3 зображено приклади обробки каміння звуком, окрім цього за допомогою звуку вони переміщували каміння.

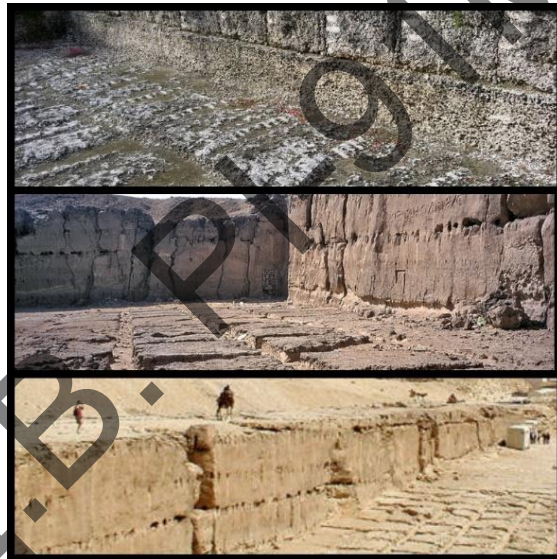


Рисунок 1.3 — Великі глиби які оброблялись звуком

Вібрації голосів 100 людей розповсюджувались по камінній платформі, каміння в результаті резонувало і потрібно було тільки дати невеликий удар по камінню, щоб здвинути його з місця. За допомогою звуку люди могли вільно переміщувати каміння.

Для того щоб направляти глибу уздовж шляху в коралову чи кам'яну платформу вбивались труби або металеві стовбці через певну відстань, стукаючи по ним та співаючи пісні вони переміщували каміння направляючи куди потрібно [2].

### 1.3.1 Двигун Кілі

Джордж Уоррел Кілі — американський винахідник, який вважав що придумав нове джерело енергії. Багато інформаційних джерел вважають його винахід (механізм) як спробу зробити вічний двигун. Цей механізм приводиться в рух від звукових вібрацій для отримання яких використовувалися камертони.

Велике колесо з міцного металу більше 32 кг вагою (рисунок 1.3), встановлене так, що може вільно обертатися в ту чи іншу сторону навколо своєї осі. Маточина колеса виконана у вигляді порожнього циліндра, всередині якого паралельно осі розташовані резонансні трубки. Колесо має 8 спиць. На вільному кінці кожної з них укріплені диски так, що його площина перпендикулярна спиці. Ободу у колеса - немає, але є зовнішній, не пов'язаний з колесом обід 15 см шириною і 80 см в діаметрі, всередині якого не торкаючись його колесо обертається.

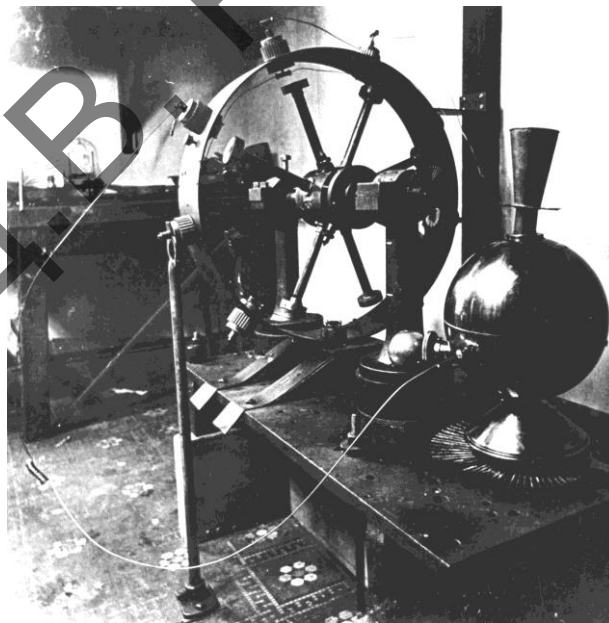


Рисунок 1.4 — Двигун Кілі

Цей обід має на своїй внутрішній стороні дев'ять аналогічних дисків, а на зовнішній – стільки ж резонуючих циліндрів, з'єднаних з дисками. Необхідне заповнення внутрішнього об'єму в кожному циліндрі забезпечується

за допомогою вбудованих в нього трубок, що містять певне й спеціально підібране число батистових голок.

До всієї цієї конструкції прикріплений дріт з золота і платини близько трьох метрів завдовжки, що тягнеться до мідної сфері через маленьке віконечко в сусідню кімнату, де сидить людина, вона торкається камертонів передавача, звучать музичні інструменти, і велике колесо починає швидко обертатися. Її можна замінити будь-якою ниткою, просто цей сплав чистіше і точніше передає вібрацію фононів, навіть без натягу. Дріт веде до сфери, яка як резонатор Гельмгольца резонує від гри на інструментах або камертонів (пластинок), будучи самим камертоном. Другий кінець дроту приєднаний до ободу через циліндр, які є накопичувачем резонансу і передає в диски енергію вібрації. Вібрація через повітря передає енергію фононів дискам які знаходяться на трубках спиць, диски резонують і втрачають гравітаційну прихильність до поля Землі, це тепер незалежна гравітаційна система, що дозволяє їй самій вибирати шлях прямуювання. А так як вони міцно прив'язані до маточини то вся енергія передається їй, де так само є трубки швидше за все для тривалого утримання енергії вібрації. Налаштовувалася система за допомогою батистових голок всередині циліндрів на ободі [2].

Ця розробка вважалась як вічний двигун, який працював за допомогою звуків що перетворювались в вібрацію.

### **1.3.2 Генератор Лідскальніна. «Кораловий Замок»**

Едвард Лідскальнін — емігрант який перебрався до США, скульптор який сам побудував у Флориді споруду відому як «Кораловий Замок». Дана персона цікава тим що, він самотужки побудував споруду яка складається з великих глиб, вагою приблизно 30 тон. До цього часу не відомо як одна людина змогла побудувати такі величезні споруди, тому було висунуто декілька версій, одна з яких пристрій за допомогою якого він переміщував каміння.

На рисунку 1.4 зображено «Кораловий замок». Масивний маховик з магнітами розкручується магнітним полем трансформатора який закріплений



на брусі. У маховика велика вага, тому обертається він зі швидкістю 5–5.3 обертів на хвилину. Основною деталлю генератора являється язик-молоток від дзвону, він вішався на трубу, притягуючись сильними магнітами.

Маховик крутився зі швидкістю що відповідає частоті удару молотка в трубу в 2–3 рази в секунду, або 120–180 ударів в хвилину.

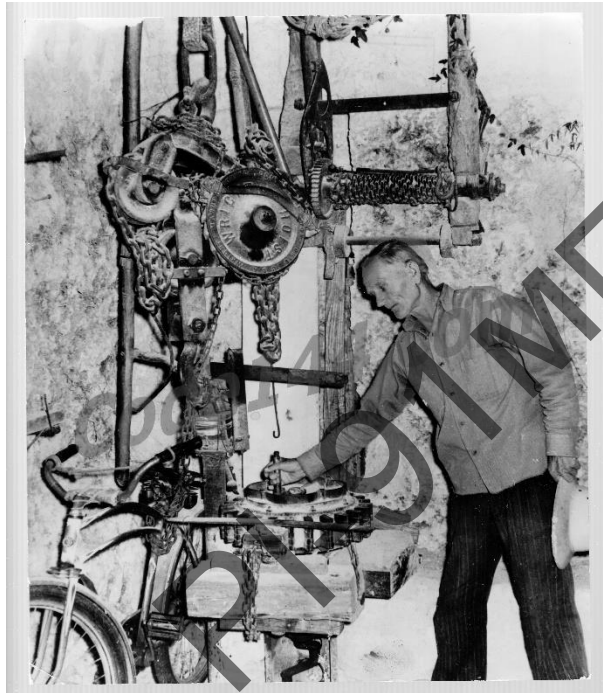


Рисунок 1.5 — «Кораловий Замок» та Лідскальнін

Молоток притягується полюсом магніту, потім відпускається, і знову притягується, в результаті він стукає об трубу. Звук від удару поширюється по акустичній лінзі. Окрім звука удару потрібна вібрація дуже малої амплітуди 0,1–1мм для зміщення випромінювання, для цього використано вібратор у вигляді полоси металу. Точне налаштування проводилось зміною натягу цепу велосипеда. Підтягуючи чи відтягуючи регулювалась натяжка цепі, послаблюючи тиск кривка [2].

Є декілька версій для чого Едвард Лідскальнін розробив генератор або «Кораловий Замок», одною із них являється використання електромагнітного резонансу, за допомогою якого Едвард міг отримати електромагнітне поле.



#### 1.4 Висновки

В результаті огляду розглянуто різні методи обробки твердих та крихких матеріалів, з цього можна зробити висновки що давні технології являються зародками новітніх технологій. Але до сьогодні не всі технології минулого розгадані, наприклад як стародавні Єгиптяни переміщували величезне каміння? Існує багато теорій на рахунок цього питання, в інтернеті є багато інформації, але ніхто не може точно сказати як воно було насправді, тому даний дипломний проект і є для того щоб реалізувати вібрацію як метод для обробки матеріалів, за допомогою сучасної техніки.

Підсумовуючи все сказане вище — для створення ефективного інструменту для досліджень необхідно спроектувати генератор низькочастотних коливань з підсилювачем і блоком живлення як від мережі, так і в польових умовах від батарей.

Теоретичні дослідження поведінки каміння під впливом низькочастотних коливань ускладнені випадковою неоднорідністю останніх. На даний час не існує математичного апарату який достовірно описує розповсюдження коливань у неоднорідному камінні. Залишається проводити експериментальні дослідження.

Епідеміологічна ситуація в країні не дозволила провести експерименти, тому вся увага в проєкті приділена розробці потужного підсилювача.

## 2 ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ

### 2.1 Розроблення схеми пристрою

В основі схеми, яка зображена на рисунку 2.1, згідно якої проводиться розробка пристрою лежать два основних блоки, перший з яких є генератором низької частоти, другий є підсилювач. Також схема включає в собі блок живлення та інструмент.

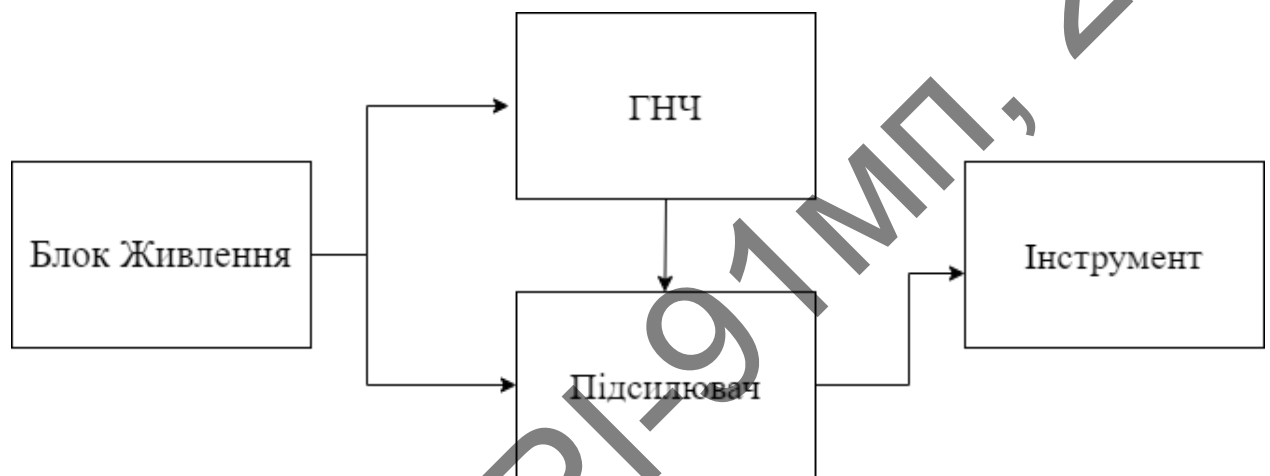


Рисунок 2.1 — Блок-схема пристрою

Основна задача генератора низьких частот (ГНЧ) забезпечувати стабільну генерацію сигналів у діапазоні 25–200 Гц. Підсилювач повинен в цьому ж діапазоні забезпечувати потужність 20–50 Вт, при живленні 15–30 В. Блок живлення з урахуванням ККД повинен мати потужність 30–70 Вт, напруга живлення відповідно до ГНЧ та підсилювача. В якості інструмента використовується електромагнітний вібратор, до якого кріпиться мідний дріт. За допомогою цього дроту виконується різання матеріалу.

## 2.2 Опис основних модулів приладу

### 2.2.1 Опис блоку живлення

Основні елементи пристрою, а саме ГНЧ та підсилювач живляться від блоку живлення (БЖ), схема якого зображена на рис. 2.2. Було обрано саме цей блок живлення, оскільки він підходить по характеристикам та своєю вартістю.

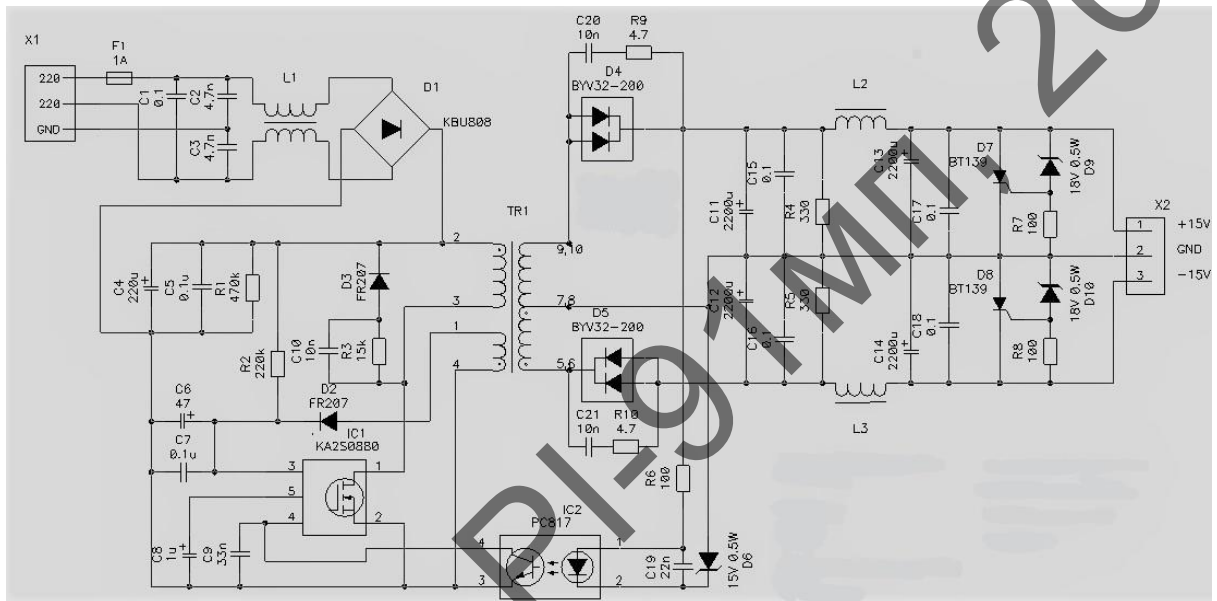


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова блоку живлення

Характеристики:

- напруга живлення: 200–240В;
- вхідна напруга без навантаження:  $\pm 16,5$ В;
- вхідна напруга при повному навантаженні  $\pm 15$ – $15,5$ В;
- вихідна потужність 70Вт;
- ККД 90–93%.

БЖ побудований на мікросхемі KA2S0880, яка включає в себе всі необхідні компоненти для побудови первинної частини блоку живлення. Слід зазначити, що корпорація Fairchild, розробивши цю мікросхему, мікросхема дуже стійка в роботі і має всі необхідні захисти. Зібраний на базі цієї мікросхеми БЖ має захист від перевантаження і короткого замикання, захист нава-

нтаження при аварійному виході напружень за межі допустимих, можливість введення сплячого режиму [3].

### 2.2.2 Опис ГНЧ

На рис. 2.3 показано схему ГНЧ на мікросхемі NE555, дана була обрана тому що проста у виконанні, являється мало затратною та має потрібний діапазон частот:

- 3 – 153 Гц;
- 400 – 21000 Гц;
- 1,9 – 95 кГц;

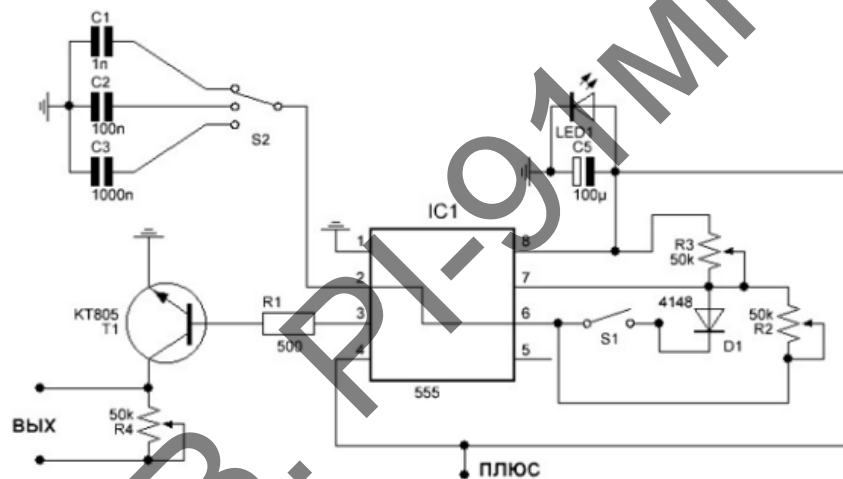


Рисунок 2.3 — Схема електрична принципова ГНЧ

NE555 — аналогова інтегральна мікросхема, зображена на рис. 2.4, універсальний таймер — пристрій для формування (генерації) одиночних і повторюваних імпульсів зі стабільними тимчасовими характеристиками.



Рисунок 2.4 — Мікросхема NE555

Застосовується для побудови різних генераторів, модуляторів, реле часу, порогових пристроїв і інших вузлів електронної апаратури. Як приклади за-

стосування мікросхеми-таймера можна вказати функції відновлення цифрового сигналу, спотвореного в лініях зв'язку, двопозиційні регулятори в системах автоматичного регулювання, імпульсні перетворювачі електроенергії, пристрої широтно-імпульсного регулювання, таймери тощо.

Короткий опис схеми, перемикач S2 використовується для перемикання робочої частоти. Транзистор КТ805 використовується для посилення сигналу. Резистор R4 служить для регулювання струму вихідного сигналу. Сама мікросхема служить генератором. Частоту робочих імпульсів змінюємо резисторами R3 і R2. Також присутній шунт і індикатор роботи, для нього використовується світлодіод з вбудованим обмежувачем струму (можна використовувати звичайний світлодіод обмеживши струм резистором в 1 кОм) [4].

### 2.2.3 Опис підсилювача

На рис. 2.4 показано схему підсилювача. Даний підсилювач підходить по всім основним параметрам:

- потужність 20 Вт;
- робочий діапазон частот від 10 Гц до 2 кГц;
- напруга живлення 15 В;

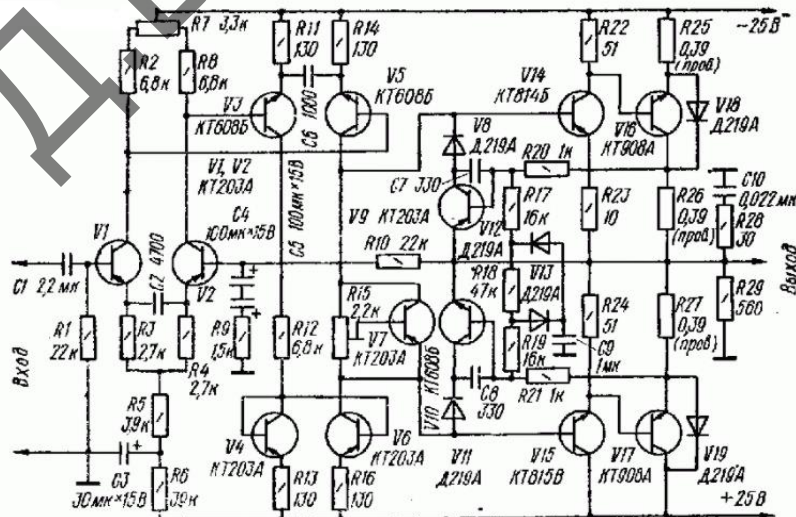


Рисунок 2.4 — Схема електрична принципова підсилювача

Підсилювач містить вхідний диференційний каскад на транзисторах VT1, VT2, дублюючий каскад на транзисторах VT3, VT5 з «струмовим дзер-

калом» на транзисторах VT4, VT6, вихідний каскад на транзисторах VT14–VT17 і пристрій захисту від короткого замикання в навантаженні на транзисторах VT9, VT10.

Резистори R3, R4 в емітерних ланцюгах транзисторів першого каскаду створюють місцевий негативний зворотній зв'язок по току, що підвищує лінійність і вхідний опір каскаду, а також поліпшує його симетричність. Резистори R11, R14 створюють місцевий негативний зворотній зв'язок в другому каскаді. Корекція АЧХ здійснюється конденсаторами C2 і C6.

Вихідний каскад виконаний за традиційною схемою з фазоінвертором на транзисторах різної структури VT14, VT15. Струм спокою транзисторів VT16, VT17 встановлюється підстроєним резистором R15 і стабілізується при зміні температури транзистором VT7, що має з одним з них теплову зв'язок. Діоди V18, V19 захищають транзистори вихідного каскаду від перенапруги при індуктивному характері навантаження.

Підсилювач охоплений негативним зворотнім зв'язком, напруга якого знімається з навантаження і через ланцюг R10, C4, C5, R9 надходить на вхід першого каскаду (в ланцюг бази транзистора V2). Ланцюг R28, C10 підвищує стійкість підсилювача проти самозбудження.

Пристрій захисту вихідного каскаду від короткого замикання в навантаженні виконаний по мостовій схемі. Для негативної півхвилі підсиленого сигналу міст утворений опором навантаження і резисторами R26, R20 і R17. У діагональ моста включений емітерний перехід транзистора V9.

При різкому зниженні опору навантаження баланс моста порушується, транзистор V9 відкривається і своїм малим опором ділянки емітер – колектор шунтує (через діод V8) вхід каскаду на транзисторі V14. В результаті струм вихідного каскаду миттєво обмежується. Для позитивної півхвилі сигналу міст утворений опором навантаження і резисторами R27, R21 і R19 в діагональ моста включений емітерний перехід транзистора V10 [5].

### **2.3 Висновки**

В розділі описано основні модулі з яких складається пристрій, показано як працює кожен модуль та з чого він складається. Основним розроблювальним модулем буде плата підсилювача. Для того щоб розробити плату підсилювача потрібно зробити підбір елементної бази та конструювання плати.

Чабай Д.В. РІ-91МП, 2020

### 3 ПРОВЕДЕННЯ ВИБОРУ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ПІДСИЛЮВАЧА

В цьому розділі проведено вибір елементної бази для підсилювача, вона визначає вартість приладу та впливає на вид технології виготовлення приладу. Також замість деяких елементів було обрано аналоги, оскільки не всі елементи доступні.

#### 3.1 Вибір транзисторів

Перш за все було обрано біполярні транзистори марки BZS12, які використовуються в диференційному каскаді (VT1,VT2) та транзистори VT4, VT6–VT8 [6].

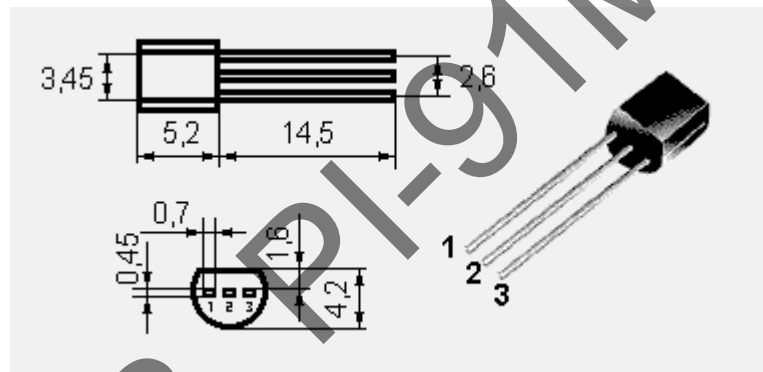


Рисунок 3.2 — Корпус транзистора BZS12

Характеристики BZS12:

- постійна розсіювальна потужність колектора 150 мВт;
- максимально допустимий постійний струм колектора 10 мА;
- максимальна напруга колектор-база при заданому зворотному струмі 60 В;
- максимальна напруга емітер-база при заданому зворотному струмі емітера 30 В.



На диференційний (дублюючий) каскад було взято біполярний транзистор 2N3053 (VT3, VT5), також транзистор VT9 [7].

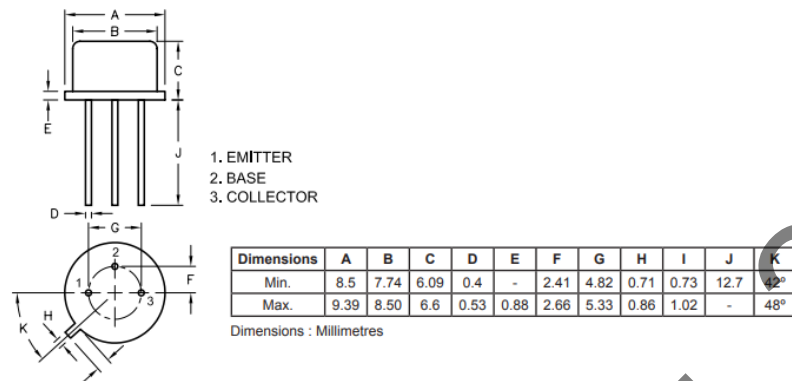


Рисунок 3.3 — Корпус транзистора 2N3053

Характеристики 2N3053:

- напруга колектор-емітер 40 В;
- розсіювальна потужність 500 мВт;
- напруга колектор-емітер 60 В;
- напруга емітер-база 5 В;
- струм колектора 0,7 А.

Один з транзисторів вихідного каскаду являється біполярний транзистор TIP30A (VT10) [8].

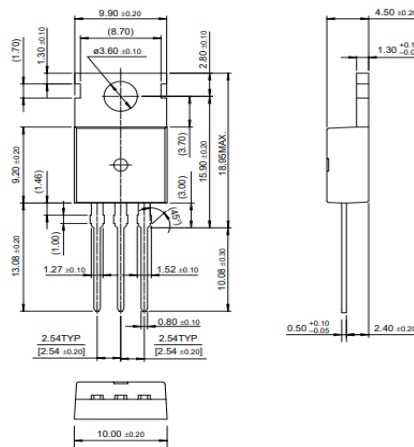


Рисунок 3.4 — Корпус транзистора TIP30A

Характеристики TIP30A:

- напруга колектор-емітер 60 В;
- напруга колектор-база 60 В;
- напруга емітер-база 5 В;
- струм колектора 1 А;
- розсіювальна потужність 30 Вт.

Транзистори VT11, VT12 та VT13 також являються основою вихідного каскаду, VT11, VT12 було взято SDT3208 [9], а VT13 TIP29A [10]. Корпус у цих транзисторів однаковий TO-220 див. рис. 3.3.

Характеристики SDT3208:

- максимальний струм колектора 10 А;
- максимальна напруга колектор-емітер 100 В;
- розсіювальна потужність 87 Вт;

Характеристики TIP29A:

- напруга колектор-емітер 60 В;
- напруга колектор-база 60 В;
- напруга емітер-база 5 В;
- струм колектора 1 А;
- розсіювальна потужність колектора 30 Вт;

Вибір даних транзисторів обумовлюється вимогами по допуску, ціною та доступністю самих компонентів, оскільки оригінальних елементів немає в продажу, тому використано аналоги.

### **3.2 Вибір резисторів**

Метало-оксидні постійні резистори MF-25 [11] є аналогами вітчизняної серії опорів С2-23. Призначені для роботи а ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струму. По наведеним нижче перевагам було обрано саме ці резистори.

Метало-оксидні плівкові резистори MF-25 мають перевагу, тому що:

- висока надійність і стабільність;
- широкий температурний діапазон;

- низький рівень шумів;
- вогнестійке покриття (для потужності вище 0,5 Вт);



Рисунок 3.5 — Резистор MF-25

Характеристики MF-25:

- потужність 0,25 Вт;
- максимальна робоча напруга 250 В;
- робоча температура -55–155 °С;

Резистори R4 та R15 змінні, обрані марки СА6V [12] (див. рис. 3.6), тому що підходять по всім характеристикам та являються більш доступні.



Рисунок 3.6 — Резистор СА6V

Характеристики СА6V:

- максимальна напруга 60 В;
- максимальна потужність розсіювання 0,06 Вт;
- робоча температура -20–70 °С;

### 3.3 Вибір діодів

Аналогом діодів Д219А являються діоди марки 1N192 [13], вони задовольняють всіма своїми характеристиками наші вимоги та ціною. Основні характеристики:

- пікова зворотна напруга 70 В;
- піковий струм 500 мА;
- діапазон робочої температури -65–85 °С;
- потужність 80 мВт;

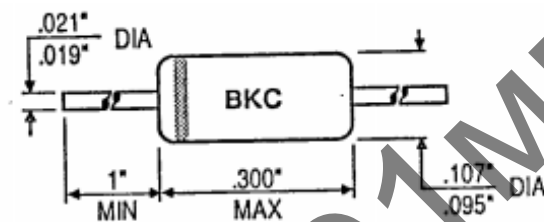


Рисунок 3.7 — Діод 1N192

### 3.4 Вибір конденсаторів

Конденсатори Nitano мають полярний тип конструкції. Електролітичні конденсатори Nitano найбільше підходять за характеристиками та ціною [14].

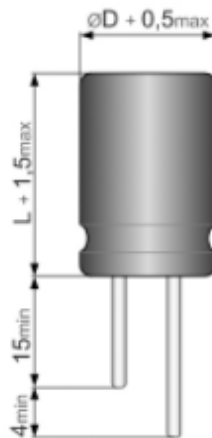


Рисунок 3.8 — Корпус конденсатора Nitano

Основні характеристики:

- номінальна напруга 50 В;
- робоча температура 105 °С;

Конденсатори С3–С5 були обрані від компанії ЕСАР [15]. Алюмінієві електролітичні конденсатори, завдяки електрохімічному принципу роботи, мають такі переваги:

- висока питома ємність, що дозволяє виготовляти конденсатори ємністю понад 1Ф;
- високий максимально допустимий струм пульсації;
- висока надійність.



Рисунок 3.9 — Конденсатор ЕСАР

Основні характеристики:

- робоча напруга 15 В;
- робоча температура -40–105 °С;

### 3.5 Висновки

В даному розділі проведено підбір елементної бази, основними вимогами були:

- ціна;
- доступність;
- характеристики компонентів.

Більшість елементів було замінено на аналоги, оскільки не всі елементи доступні та більше не випускаються. Після підбору елементної бази можна приступати до конструювання самої плати:

- розробки схеми електричної принципової;
- вибору матеріалу плати;
- розрахунку монтажних отворів;
- розрахунку ширини провідника;
- розрахунку площини плати;
- трасування плати;
- розрахунку надійності електронного модуля.

Цабай Д.В. РІ-91МП, 2020

## **4 ПРОВЕДЕННЯ КОНСТРУЮВАННЯ ПЛАТИ ТА КОРПУСУ ПІДСИЛЮВАЧА**

Розроблюваний проект та конструкторська документація здійснюється у системі автоматизованого проектування Altium Designer.

### **4.1 Розробка схеми електричної принципової**

Принципові електричні схеми призначені для повного відображення взаємозв'язків пристроїв з урахуванням принципів їх дії і послідовності роботи. На електричних схемах показують лише ті елементи, які пояснюють електричні процеси. Елементи на схемі розміщують так, як це зручно для їх зображення. Всі елементи мають позиційне позначення, воно складається з літер та цифр, літери вказують вид елемента, цифра показує порядковий номер елемента. Порядкові номери однакових елементів записують зверху вниз зліва направо. Рекомендовано зберігати і враховувати послідовність проходження струму. Умовні позначення лише визначають вид елемента і не відображають їх розміри. Створена схема входить в комплект конструкторської документації.

### **4.2 Вибір матеріалу для друкованої плати**

Для компактності пристрою було вирішено розробити двосторонню, односторонню плату з металізацією отворів. Так як обрано двосторонню друковану плату (ДП), то її доцільно виготовити комбінованим позитивним методом, даний метод є простим у використанні і потребує незначних затрат. Матеріал плати склотекстоліт фольгований FR-4 [16]. Клас точності плати — третій. Дана ДП не буде мати кріплення, вона щільно влягає в корпус.

Спосіб створення друкованої плати комбінованим позитивним методом має наступну послідовність дій. Фоторезистом захищають прогалини. Потім на всю поверхню плати наносять лакову оболонку і виконують хімічне міднення (вся плата покривається тонким шаром міді в декілька мікрон). Хімічним реактивом знімається лакова оболонка, а з нею і мідь (крім того шару,

що осів на стінках отворів, бо під ним немає лаку). Потім на провідники та контактні майданчики наносять захисний шар металу і усувають фоторезист з захищених місць (прогалин). Оголений шар фольги стравлюють. Таким чином, метод поєднує хімічний метод отримання провідникового рисунку і гальванічний метод металізації отворів. Метод є основним при виготовленні двосторонніх друкованих плат. Застосовують його для багатошарових ДП, для односторонніх ДП з підвищеними вимогами до надійності.

### 4.3 Вибір корпусу

Корпус обраний для ГНЧ та підсилювача, блок живлення купляється окремо. G758V — пластиковий корпус з вентиляцією світло-сірого кольору, виготовляється з високоміцного ABS пластику UL-94HB.

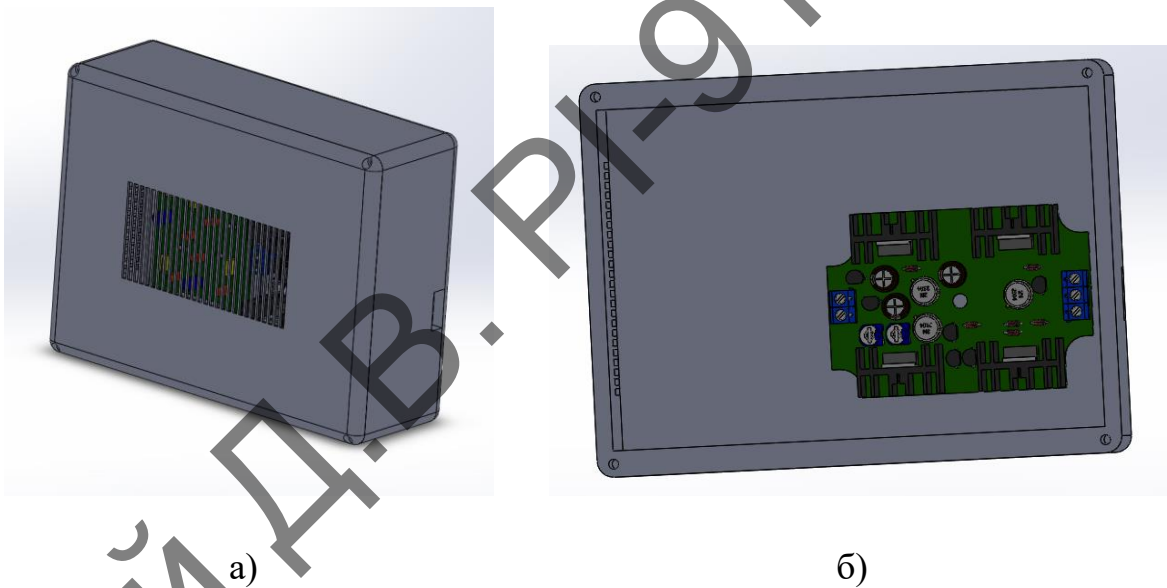


Рисунок 4.1 — Корпус G758V (а) та підсилювач (б)

Забезпечується захист від проникнення пилу і вологи за стандартом IP54. Габаритні розміри становлять: по довжині 160 мм, по ширині 120 мм і по висоті 55 мм.



#### **4.4 Висновки**

В результаті у цьому розділі було вибрано матеріал друкованої плати FR4, та обрано клас точності ДП — третій. Також обрано корпус G758V, який повністю задовольняє по своїм характеристикам.

Цабай Д.В. РІ-91МП, 2020

## 5 РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

### 5.1 Розрахунок діаметрів монтажних отворів та розмірів контактних площинок

Розрахунок мінімальних діаметрів контактних площинок проводиться за наступною формулою [17]:

$$D_{min} = (d_0 + \Delta d_{в.о.}) + 2 \cdot b + \Delta t_{в.о.} + 2\Delta t_{м.р.} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + t_{н.о.}^2}, \quad (5.1)$$

де  $d_0$  — діаметр отвору;

$\Delta d_{в.о.}$  — верхнє граничне відхилення діаметру отвору;

$\Delta t_{в.о.}$  — верхнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика;

$\Delta t_{м.р.}$  — значення підтравлення діелектрику в отворі;

$\Delta t_{н.о.}$  — нижнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика та ширини друкованого провідника;

$T_d$  — значення позиційного допуску розташування осей отворів у діаметральному вираженні;

$T_D$  — значення позиційного допуску розташування центрів контактних майданчиків у діаметральному вираженні.

У табл. 5.1 приведено значення обраних діаметрів отворів вивідних елементів та розрахованих діаметрів контактних площинок з урахуванням обраної точності плати.

Таблиця 5.1 — Діаметри отворів та контактних майданчиків

Елемент	$d_s$	$d_o$	$\Delta d_{s.o}$	$b$	$\Delta t_{s.o}$	$\Delta t_{m.p}$	$T_d$	$T_D$	$\Delta t_{h.o}$	$D_{min}$	$D$
Резистор СА6V3K3 0,1 Вт 3,3 кОм	0,6	0,8	0,05	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,44	1,5
Резистор СА6V2K2 0,1 Вт 2,2 кОм	0,6	0,8	0,05	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,44	1,5
Конденсатор ЕСАР 30 мкФ 15 В	0,8	1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,69	1,7
Конденсатор ЕСАР 100 мкФ 15 В	0,8	1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,69	1,7
Діоди 1N192	0,864	1,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,754	1,8
Транзистори BZS12	0,66	0,86	0,05	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,5	1,5
Транзистори 2N3053	0,8	1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,69	1,7
Транзистори ТО-220	0,66	0,86	0,05	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,5	1,5
Гвинтовий кле- мник DG300-5.0 02P-12	0,6	0,8	0,05	0,1	0,1	0,03	0,08	0,2	0,08	1,44	1,5

## 5.2 Розрахунок ширини провідників друкованого монтажу

Потрібно розрахувати мінімальну ширину провідника, яка буде гарантувати безвідмовну роботу пристрою. Оскільки струм, що може протікати по силовій доріжці складає — 1,3 А, мінімальне значення ширини доріжки у вузькому місці визначається за наступною формулою [18]:

$$t_{1.min.в.} = t_{min} + |\Delta t_{н.о.}|, \quad (5.2)$$

де  $t_{min}$  — мінімальне значення номінальної ширини доріжки;  
 $\Delta t_{н.о.}$  — допуск на ширину доріжки.

Маючи на увазі обрану точність друкованої плати (третя), маємо наступні значення параметрів:  $t_{min} = 0,25$  мм,  $\Delta t_{н.о.} = -0,05$  мм.

Підставимо отримані дані у формулу(5.2):

$$t_{1.min.в.} = 0,25 + /-0,05 = 0,3 \text{ мм};$$

Тепер розрахуємо мінімальну ширину доріжки у широкому місці. Вона розраховується також за формулою (3.2), але тепер параметри будуть мати наступні значення:  $t_{min} = 0,45$  мм,  $\Delta t_{н.о.} = -0,1$  мм.

Підставимо отримані дані у формулу(5.2):

$$t_{1.min.ш.} = 0,45 + /-0,1 = 0,55 \text{ мм};$$

Далі визначимо мінімально допустиму ширину доріжки з урахуванням допустимого падіння напруги на ній (3%). Вона визначається за наступною формулою:

$$t_{2.min} = \frac{l \cdot I_{max} \cdot \rho}{h \cdot U_{жив} \cdot 0.03}, \quad (5.3)$$

де  $l$  — довжина провідника;  
 $I_{max}$  — максимальний струм у колі;  
 $\rho$  — питомий опір провідника;  
 $h$  — товщина фольги;  
 $U_{жив}$  — напруга живлення.

Використовуючи данні розраховані у попередніх пунктах, маємо наступні значення параметрів:  $l = 150$  мм,  $I_{max} = 1,3$  А,  $\rho = 0,0175$  Ом·мм<sup>2</sup>/м — питомий опір міді,  $h = 35$  мкм,  $U_{жив} = 15$  В.

Підставимо отримані дані у формулу(5.3):

$$t_{2.min} = \frac{0,150 \cdot 1,3 \cdot 0,0175}{0,035 \cdot 15 \cdot 0,03} = 0,5 \text{ мм};$$

Наступним кроком буде розрахунок мінімально допустимої ширини дорожки з урахуванням допустимого струму, що протікає крізь неї. Вона визначається за наступною формулою:

$$t_{3.min} = \frac{I_{max}}{h \cdot J}, \quad (5.4)$$

де  $I_{max}$  — максимальний струм у колі;  
 $h$  — товщина фольги;  
 $J$  — допустима щільність струму у провіднику.

Підставимо дані у формулу(5.4):

$$t_{3.min} = \frac{1,3}{0,035 \cdot 20} = 0,25 \text{ мм};$$

Щільність струму у провіднику  $J = \text{А/мм}^2$ .

На основі отриманих результатів бачимо, що мінімальна ширина провідника складає — 0,25 мм, але для надійності було взято ширину провідника — 0,5 мм.

### 5.3 Розрахунок зазорів між елементами друкованого монтажу

Розрахунок мінімального зазору між елементами друкованого монтажу проводиться за наступною формулою [19]:

$$S = S_m + \Delta t_{e.o.}, \quad (5.5)$$

де  $S_m$  — мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

$\Delta t_{e.o.}$  — допуск на ширину провідника.

Опираючись на обраний клас точності маємо наступні значення параметрів:  $S_m = 0,25$  мм,  $\Delta t_{e.o.} = 0,1$  мм.

Підставимо дані у формулу (5.5):

$$S = 0,25 + 0,1 = 0,35 \text{ мм};$$

Для надійності було обрано значення 0,5 мм.

### 5.4 Розрахунок площини плати

При розрахунку мінімальної площини плати необхідно брати до уваги коефіцієнт габаритності кожного з елементів, фізичні розміри та кількість компонентів на платі.

Мінімальна площа плати визначається за формулою :

$$S_{min} = \sum_{i=1}^N l_i \cdot b_i \cdot k_i \quad (5.6)$$

де  $l_i$  — довжина компоненту схеми на платі,

$b_i$  — ширина компоненту схеми на платі,

$k_i$  — коефіцієнт габаритності компонента,

$N$  — кількість компонентів.

В таблиці 5.2 наведені розрахунки мінімальної площини плати.

Таблиця 5.2 — Розрахунок мінімальної площі друкованої плати

Назва компоненту	l, мм	b, мм	k	Кількість ком- понентів, шт.	Проміжна пло- ща, мм <sup>2</sup>
Резистор SA6V3K3	3,6	3,4	1	2	24,48
Резистор MF-25	6	2,3	1	27	372,6
Конденсатор ECAP	11	5	1	3	165
Конденсатор Hitano	3,2	1,6	1	7	35,84
Діоди 1N192	3	1,3	1	6	23,4
Транзистори BZS12	5,2	3,5	1	6	109,2
Транзистори 2N3053	9,5	4,95	1	3	141,1
Транзистори TO-220	10	7	1	4	280
Гвинтовий клемник DG300-5.0 02P-12	9	7,5	1,5	2	202,5

З розрахунків приведених вище, мінімальна площа друкованої плати  $S_{min} = 1354,12 \text{ мм}^2$ . Доцільно обрати друковану плату з розмірами  $56 \times 80 \text{ мм}$ , на обрану площу у  $4500 \text{ мм}^2$ , в яку можливо установити всі елементи, завдяки великому запасу площі.

### 5.5 Трасування друкованої плати в середовищі Altium Designer

Розроблення друкованої плати було проведено в системі автоматизованого проектування Altium Designer.

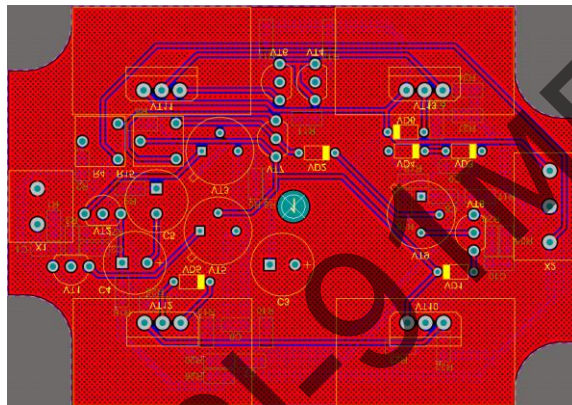


Рисунок 5.1 — Провідниковий шар зі сторони компонентів

В даному середовищі було розроблено 3D модель та трасування плати. На рис. 5.1 показано провідниковий шар зі сторони компонентів.

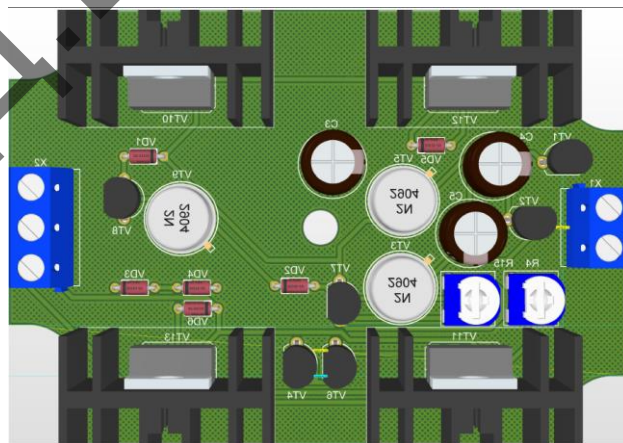


Рисунок 5.2 — 3D вид друкованої плати

На рисунку 5.2 зображено 3D модель друкованої плати.



## 5.6 Розрахунок радіаторів транзистора

Розрахунок радіаторів для охолодження транзистора проводиться згідно методики, що вкладає у [20].

Вихідні дані для розрахунку:

- потужність, що розсіюється транзистором  $P = 1$  Вт;
- максимальна температура навколишнього середовища  $T_{cp} = 313$  К;
- гранична допустима температура переходу  $T_n = 378$  К;
- тепловий опір перехід-корпус  $R_{n-k} = 4 \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$ ;
- тепловий опір корпус-радіатор  $R_{n-k} = 0,5 \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$ .

Значення теплового опору вибрано за умови установки мікросхеми на радіатор через теплопровідну пасту КПТ-8.

Середня поверхнева температура теплопроводу (5.7):

$$T_{cm} = 0,94[T_n - P(R_{n-k} + R_{kp})],$$

$$T_{cm} = 316\text{K}$$

Середній перегрів поверхні радіатора:

$$\Delta T_{cn} = \Delta T_{cn} - T_{cp},$$

$$\Delta T_{cn} = 35\text{K}$$

Згідно графіка (див. рис. 5.3) площа поверхні теплообміну  $S_{nl} = 8$  см<sup>2</sup>.

Товщина матеріалу радіатора повинна бути 2 мм.

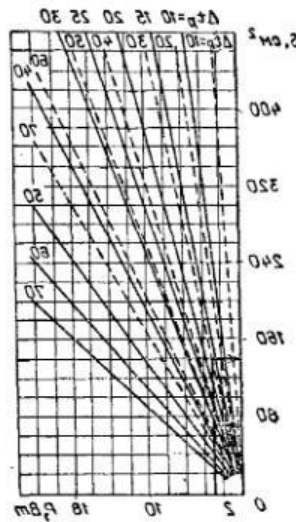


Рисунок 5.3 — Графік для орієнтовного визначення поверхні теплообміну пластини (суцільні криві — з урахуванням випромінювання, пунктирні — без)

Маючи певні обмеження, обрані наступні габарити:

- товщина матеріалу 2 мм;
- ширина радіатору 5 мм;
- довжина 25 мм;
- висота 20 мм.

### 5.7 Розрахунок надійності електронного модуля

Розрахунок надійності електронного модуля проводиться за методикою, що вказана в [21].

Для початку потрібно знайти інтенсивність відмов кожного елемента схеми  $\lambda_p$ , який визначається формулою (5.8):

$$\lambda_p = \lambda_0 K_1 K_2 K_e,$$

де  $\lambda_0$  — середньостатистична інтенсивність відмов ЕРЕ,  $10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$ ;

$K_1$  — функція температури та коефіцієнта навантаження;

$K_2$  — відносна вологість у внутрішньому об'ємі РЕА;

$K_e$  — поправний коефіцієнт умов експлуатації модуля.

Відповідно до таблиці 5.3 поправний коефіцієнт  $K_e=2$ .

Функція температури та коефіцієнта навантаження визначена формулою:

$$K_I = f(\theta, K_H), \quad (5.9)$$

де  $\theta$  — температура ЕРЕ, °С;

$K_H$  — коефіцієнт навантаження.

Таблиця 5.3 — Поправні коефіцієнти умов експлуатації модуля

Умови експлуатації пристроїв	$K_e$
Стаціонарні умови	1
Лабораторні умови	1,5
Побутові стаціонарні умови	2,0
Побутові умови з носінням апаратури	2,2
Експлуатація на автотранспортних засобах	2,6
Експлуатація на залізничних транспортних засобах	2,8
Експлуатація на літаках	4,0
Бортові космічні умови (з ракетними прискорювачами)	20,0
Морські умови (поза приміщенням)	7,6

Оскільки всі елементи схеми підібрані з запасом по потужності та прикладеної до них напруги, для всіх елементів схеми  $K_H=0,5$ .

В схему входять наступні елементи: постійні та змінні недротяні резистори, електролітичні конденсатори, кремнієві транзистори та кремнієві діоди. Залежності  $K_I$  для кремнієвих транзисторів наведено на рисунку 5.4.

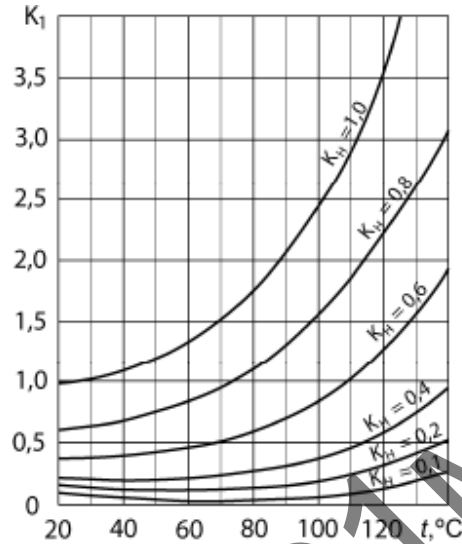


Рисунок 5.4 — Залежність  $K_I$  для кремнієвих транзисторів

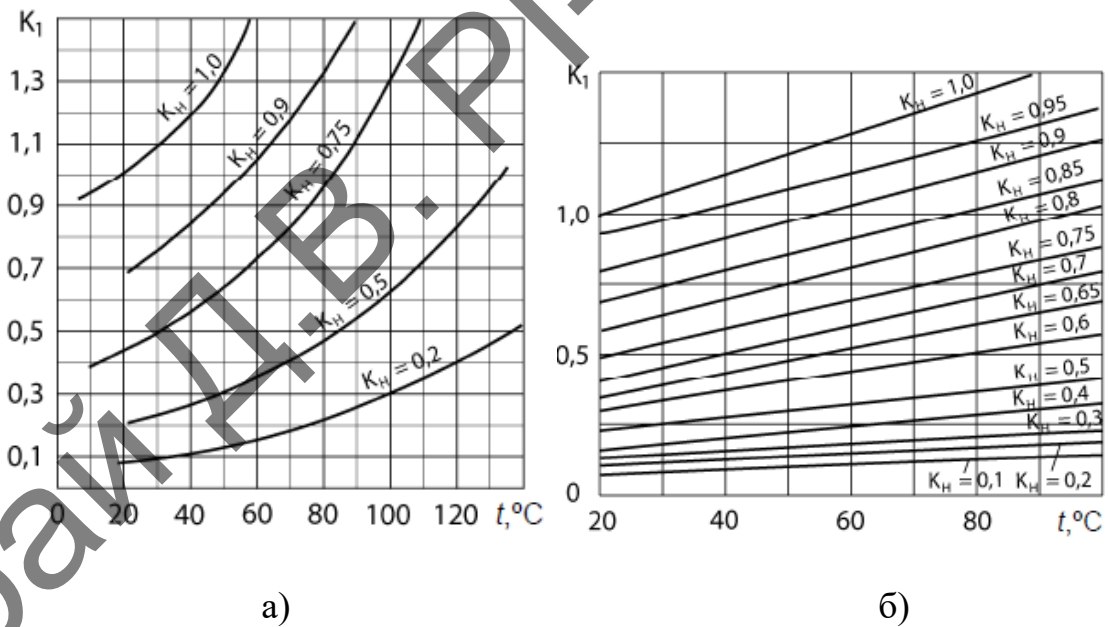


Рисунок 5.5 — Залежність  $K_I$  для постійних (а) та змінних (б) дротяних резисторів

Залежності  $K_I$  для постійних та змінних резисторів наведена на рисунку 5.5.

На рисунку 5.6 показано залежність  $K_1$  для електролітичних конденсаторів та кремнієвих діодів.

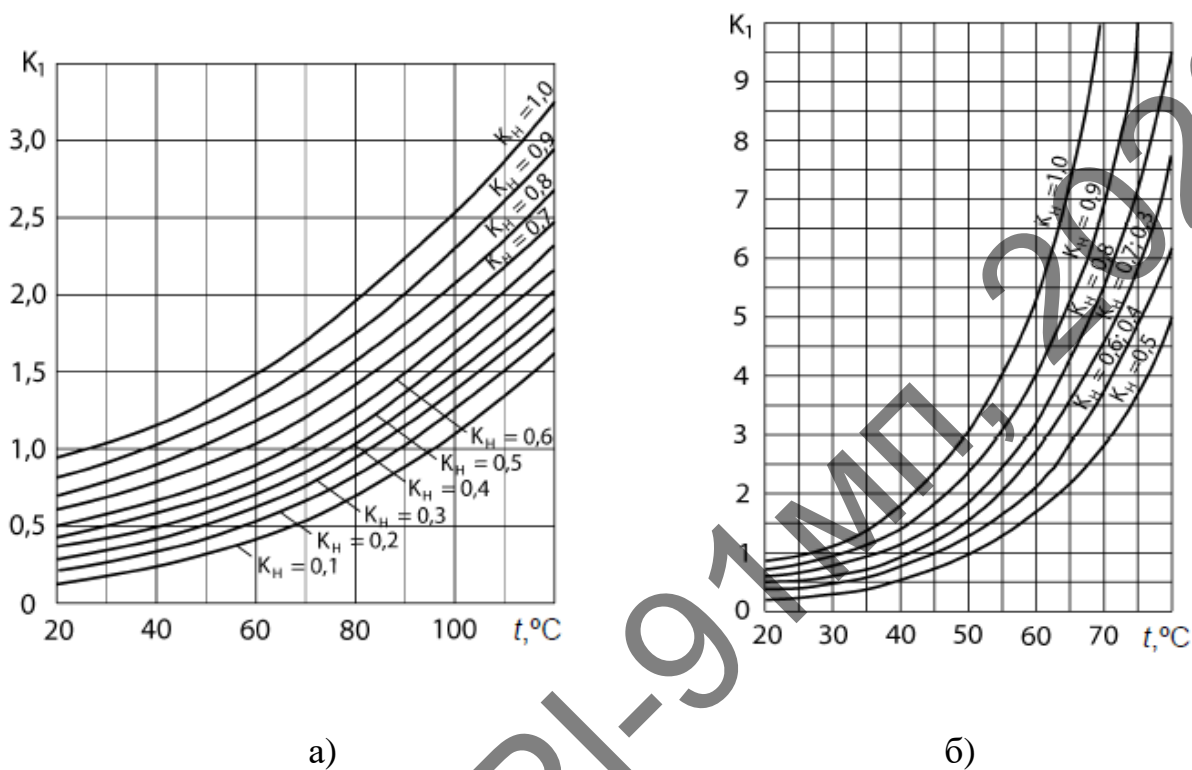


Рисунок 5.6 — Залежність  $K_1$  для електролітичних (а) конденсаторів та кремнієвих (б) діодів

Визначимо середній наробіток до відмови  $T_0$ , розв'язавши рівняння:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{T_0}{2\pi t_b^3}} \exp\left[-\frac{(t_b - T_0)^2}{2t_b T_0}\right], \quad (5.10)$$

де  $\lambda_p$  — сумарна інтенсивність відмов схеми,

$t_b = 3 \cdot 10^4$  год — тривалість випробувань.

Визначене значення середнього наробітку  $T_0 \approx 27 \cdot 10^3$  годин.

Таблиця 5.4 показує розрахунок інтенсивності відмов елементів схеми.

Таблиця 5.4 — Розрахунок інтенсивності відмов елементів схеми

Назва компоненту	$\lambda_0, 10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$	$K_1$	$K_2$	$K_e$	N, шт.	$\lambda_p, 10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$
Резистор постійний дротяний	2	0,4	0,8	2	27	34,56
Резистор змінний дротяний	1,5	0,35	0,8	2	2	1,68
Конденсатор електролітичний	1	1	0,8	2	10	16
Кремнієвий транзистор	1,6	1	0,8	2	13	33,28
Кремнієвий діод	1	1	0,8	2	6	9,6

Визначимо із таблиці 5.4 сумарну інтенсивність відмов схеми:

$$\lambda_p = 95,1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$$

Імовірність безвідмовної роботи  $P(x)$  для DN-розподілу визначається рівнянням:

$$P(t) = 0,5 \left\{ \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{1 - \frac{t}{T_0}}{v\sqrt{2x}} \right) \right] + e^{v^2} \left[ \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( -\frac{1+x}{v\sqrt{2x}} \right) \right] \right] \right\}, \quad (5.11)$$

де  $T_0$  — середній наробіток на відмови,

$\text{erf}(x)$  — функція інтеграла помилок,

$\nu=1$  — коефіцієнт варіації.

Згідно ТЗ середній строк служби – 7500 годин. Сумарна ймовірність безвідмовної роботи при  $t=7500$  год.,  $P=59\%$ .

### 5.8 Висновки

В даному розділі проведено конструювання плати підсилювача, розраховано діаметри монтажних отворів, ширину провідника, зазори між елементами та площину плати  $4500 \text{ мм}^2$ , така велика площа плати зумовлена тим що окрім елементів потрібно установити чотири радіатори охолодження для транзисторів, які також розраховані в цьому розділі.

Розрахована надійність, яка дозволяє пристрою працювати 7500 годин безвідмовно, ймовірність безвідмовної роботи  $P=59\%$ .

## 6 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Цей розділ проводить маркетинговий аналіз стартап-проекту для визначення можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження.

### 6.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

В цьому підрозділі аналізується зміст ідеї, можливі напрямки застосування, основні вигоди які може отримати користувач товару та відмінності від існуючих аналогів та заміників табл. 6.1.

Таблиця 6.1 — Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Дослідження обробки матеріалів електромагнітною хвилею	1. Будівництво, як один із видів обробки матеріалів	Новий метод обробки матеріалів
	2. Лабораторні дослідження древніх методів обробки матеріалів	Аналіз древніх методів обробки матеріалів в наш час, спроба відтворити модель обробки матеріалів

Конкурентами є аналогічні методи обробки матеріалів електромагнітною хвилею, але цей проект не являється таким розповсюдженим. Основною відмінністю даного проекту є те, що він виконується як лабораторний, але з упором на розроблення цілого пристрою табл. 6.2.

Довгостроковими перспективами є:

- збільшення кількості клієнтів, що будуть використовувати запропонований метод;
- удосконалення зовнішнього вигляду та прискорення обробки матеріалу.

Потреби в стартовому фінансуванні:

Стартовий капітал = 5000 ум.од.



Таблиця 6.2 — Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
1	Бюджетне фінансування	розробка за рахунок розробника	розробка за рахунок бюджетних коштів	розробка комерційна	розробка за рахунок розробника	відсутність фінансування	часткова бюджетне фінансування	бюджетне фінансування
2	Використання сучасної техніки	використовується сучасна техніка	використовується застаріла техніка	використовується техніка застарілої конфігурації	використовується сучасна техніка	сучасна комплектація технікою	часткова комплектація технікою	техніка застарілої конфігурації
3	Належна матеріально-технічна база	розробка проводиться за власні кошти на приватному ПК	бюджетна установа	інформаційний центр	інформаційний центр	інформаційний центр	бюджетна установа	власні кошти на приватному ПК
4	Налагоджена система реклами продукту	продукт не рекламується	є реклама	продукт не рекламується	є реклама	не має реклами	часткова реклама	рекламується
5	Високий рівень розробки	запропоновані методи та алгоритми є досконалими	розробко не досконала та потребує доробок	запропоновані методи та алгоритми є досконалими	розробко не досконала та потребує доробок	розробко не досконала та потребує доробок	розробко є майже досконалою	запропоновані методи та алгоритми є досконалими

## 6.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових табл. 6.3:

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 6.3 — Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Дослідження обробки матеріалів електромагнітною хвилею	Технологія 1 (технологія надання послуги)	потрібно розробити	доступні
2		Технологія 2 (наявність бази досліджень)	наявні	доступні
3		Технологія 3 (база проведення досліджень (випробувань))	потрібно розробити	доступні
4		Технологія 4 (оформлення результатів дослідження)	потрібно розробити	доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Технологія 2				

### 6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів табл. 6.4.

Таблиця 6.4 — Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, ум.од	3000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ ISO 9000-2007 (ISO 9000:2005, IDT) ДСТУ ІТУ-T.G.957:2010
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	25

На основі проведеного дослідження є можливість стверджувати про зацікавленість проекту для входження на ринок за попереднім оцінюванням.

Визначимо потенційні групи клієнтів табл. 6.5.

Таблиця 6.5 — Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Дослідження обробки матеріалів електромагнітною хвилею	Лабораторії, будівництво	В будівництві потрібно щоб працювало та якісно виконувало свої задачі В лабораторії потрібен більш точний результат	В будівництві — вимога у надійності та якості В лабораторії — удосконалення

Проведемо аналіз ринкового середовища: складемо таблиці факторів, що перешкоджають ринковому впровадженню проекту табл. 5.6, та факторів, що йому сприяють табл. 6.7.

Таблиця 6.6 — Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Агресивність конкурентів	вплив на систему	може порушити налагоджену систему розповсюдження
2	Нестабільність політичної ситуації в світі	балансування курсу	може порушити надійну систему постачальників
3	Висока вартість продукції	підвищення ціни	підвищить агресивність конкурентів
4	Економічні складності	відсутність фінансування	порушили фінансове забезпечення компанії

Таблиця 6.7 — Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Тривале існування	тривале існування на ринку	дає можливість виходу на нові ринки
2	Моніторинг потреб споживачів	розуміючи потреби споживачів, розширювати діапазон продукції, що випускається	розширення діапазону продукції, що випускається
3	Лібералізація торговельних бар'єрів	робота менеджменту	призведе до поліпшення налагодженої системи розповсюдження
4	Висока вартість продукції в порівнянні з ключовими конкурентами	встановлення високої ціни	ускладнення виходу на нові ринки
5	Стабілізація бізнес-середовища	формування стабільного середовища	за рахунок стабілізації бізнес-середовища можна поліпшити фінансове забезпечення компанії

Проведемо аналіз пропозиції: визначимо загальні риси конкуренції на ринку табл. 6.8.

Таблиця 6.8 — Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції — монополія/олігополія/монополістична/чиста	Локальний/національний бізнес. Глобальні сили є не досить вагомими по відношенню до локальних сил, які визначаються наявністю сертифікації, відповідності держ. нормам і стандартам, регулюванням медичної галузі державою	Працює в рамках розвитку пристрою для обробки матеріалів електромагнітною хвилею
2. За рівнем конкурентної боротьби — локальний/національний/...	Локальний	Ведучи конкуренцію на локальному рівні, компанії необхідно прикласти належні зусилля для охоплення всього ринку
3. За галузевою ознакою — міжгалузева/внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева. Конкуренція на ринку ведеться в медичній галузі України	Необхідно зосередити зусилля на пошуку конкурентних переваг, які дозволять компанії займати стійкі конкурентні позиції
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Товарно-родова. Конкуренція на рівні технології задоволення потреб. Існує конкуренція з іншими моделями, алгоритмами	Водночас веде конкурентну боротьбу з товарами-субститутами
5. За характером конкурентних переваг — цінова / нецінова	Нецінова. При виборі товару споживач дивиться на якість матеріалів з яких виконано пристрій та як він виконаний. Цінова. Для значної частки споживачів ціна є визначальною при виборі	Головною конкурентною перевагою є унікальність позиціонування
6. За інтенсивністю — марочна/не марочна	Марочна	Диференціація методів та моделей за мотивом задоволення потреб споживачів

Проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції у галузі табл. 6.9.

Таблиця 6.9 — Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входу в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки:	На ринку прямих конкурентів як таких немає, але на просторах інтернету є вся необхідна інформація для того щоб зробити самому, но знову ж таки не буде той якості, результатів тощо	Бар'єри входу на ринок є незначними. Вартість організації бізнесу з виробництва пристрою для обробки матеріалів електромагнітною хвилею сягає 50 дол. Обов'язковою є сертифікація продукції	Існує чітка залежність від постачальників як якості продукції. Також ціна кінцевої продукції залежить від рівня сертифікації	Споживачі мають широку географію і проживають переважно у містах. Вони можуть у вільному доступі купити продукцію, аксесуари до неї	Товарів замінників фактично нема, є тільки саморобні аналоги які дешевші але у них нижча якість

Отже, відповідно до наведеного вище аналізу головними силами, які діють на конкуренцію в галузі є постачальники та споживачі.

Таким чином в межах структурного підходу до аналізу конкуренції тип конкуренції — *монополістична конкуренція*.

Перелічимо фактори конкурентоспроможності табл. 6.10.

Таблиця 6.10 — Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування вибору
1	Частка ринку	Враховуючи той факт, що тип родового середовища в галузі — консолідований ринок, тобто існує група компаній, які контролюють разом понад 40% ринку, а також те, що інтенсивність суперництва між діючими конкурентами при низьких темпах зростання ринку є однією з головних сил, які діють на конкуренцію в галузі, одним з найважливіших факторів конкурентоспроможності виступає частка ринку, яку займає виробник. В таких умовах чим більше частка ринку, тим більшими ринковими можливостями володіє виробник.
2	Ціна	Чим вигіднішою є ціна для споживача, тим вірогідніше його вибір.
3	Асортимент	В умовах збільшення інтенсивності між існуючими конкурентами завоювання споживачів відбувається за рахунок нових методів та алгоритмів.
4	Доступ до каналів розподілу	Споживач далеко не завжди проявляє прихильність до певної категорії розробників і дуже схильний до експериментів. В цьому випадку завоювати лояльність споживача дуже складно і ще складніше її утримати. Тому для компаній-виробників ключовими чинниками успіху стає сильна дистрибуція, якісний торговий маркетинг і налагоджена система логістики.
5	Торговий маркетинг	
6	Рівень диференціації ТМ	В умовах ведення конкурентної боротьби на споживчому ринку, де попит є ірраціональним та існує велика кількість виробників і розробників при фактично відсутній різниці між товарами, що пропонуються, ключовим фактором успіху є здатність чітко диференціювати ТМ від ТМ конкурентів, надаючи споживачеві унікальну цінність.
7	Репутація виробника	Якщо компанія має бездоганну репутацію, особливо у сфері якості своєї продукції, то рівень довіри до неї зростає. Також репутація виробника важлива при виході на ринок з новими товарами, або при виході на нові сегменти, що полегшує позитивне сприйняття новинок.
8	Рівень лояльності до бренду	Чим вище рівень лояльності, тим більше компанія має прихильних, а значить постійних, споживачів.
9	Унікальність позиціонування	В умовах монополістичної конкуренції, коли фактор диференціації ТМ є ключовим засобом ведення конкурентної боротьби, важливим є створення та підтримання унікального позиціонування, що створює певний захист від конкурентних зіткнень.
10	Маркетинговий бюджет	Від розміру маркетингового бюджету залежить здатність здійснювати маркетингову стратегію підприємства. Маркетингові заходи мають забезпечувати інші конкурентні переваги такі, як рівень диференціації, лояльності, репутація виробника, дистрибуція та просування в торгових точках.

Проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту табл. 6.11.

Таблиця 6.11 — Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін етап-проекту

№	Фактор конкурентоспроможності	Вагові значення фактора (1–20)	Рейтинг конкурентів у порівнянні з проектом, що розробляється								
			-3	-2	-1	0	1	2	3		
1	Частка ринку	20		○			▲	■			
2	Ціна	10									
3	Асортимент	18									
4	Доступ до каналів розподілу	15		■							
5	Торговий маркетинг	15									
6	Рівень диференціації ТМ	13									
7	Репутація виробника	12	■								
8	Рівень лояльності до бренду	14									
9	Унікальність позиціонування	15	■	○							
10	Маркетинговий бюджет	10	■								

Умовні позначки позицій конкурентів:

- - конкурент 1;
- - конкурент 2;
- ▲ - конкурент 3.

Отже, відповідно до проведеного аналізу можна сказати, що «Дослідження обробки матеріалів електромагнітною хвилею» має наступну позицію на ринку:

сильні сторони:

- унікальне позиціонування;
- значний рівень диференціації ТМ;
- позитивна репутація виробника;

слабкі сторони:

- висока ціна;



– торговий маркетинг.

Виділивши найвагоміші сильні та слабкі сторони стартап-проекту «Дослідження обробки матеріалів електромагнітною хвилею» у порівнянні з основними конкурентами і з аналізу внутрішніх факторів та використовуючи результати аналізу маркетингових загроз та можливостей, складемо матрицю SWOT-аналізу табл. 6.12.

Таблиця 6.12 — SWOT-аналіз стартап-проекту

<b>Сильні сторони</b>	<b>Слабкі сторони</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. унікальне позиціонування;</li> <li>2. значний рівень диференціації;</li> <li>3. позитивна репутація виробника;</li> <li>4. приналежність до української міжнародної компанії;</li> <li>5. налагоджена система дистрибуції товару;</li> <li>6. наявність вертикальної інтеграції.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. висока ціна;</li> <li>2. залежність маркетингової політики від українського власника;</li> <li>3. слабе самозабезпечення фінансовими ресурсами;</li> <li>4. відсутність чітко вираженої маркетингової стратегії, непослідовність в її реалізації.</li> </ol>
<b>Можливості</b>	<b>Загрози</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Можливість зміцнення іміджу</li> <li>2. Можливість збільшення обсягів реалізації</li> <li>3. Можливість збільшення обсягів продаж за рахунок експансії в регіони</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Загроза працювати без прибутку скорочення платоспроможного попиту</li> <li>2. Загроза втрати споживачів внаслідок підвищення тиску зі сторони товарів-субститутів</li> <li>3. Загроза підвищення цін</li> </ol>

З результатів SWOT-аналізу видно, що найбільш негативний вплив на створення даного стартап-проекту на ринку чинить ринкове середовище. Це, перш за все, пов'язано із наслідками фінансово-економічної кризи в країні.

В свою чергу, така ситуація супроводжувалася зменшенням темпів приросту галузі, виходом з ринку менш сильних дрібних та регіональних виробників, приходом на ринок транснаціональних компаній, що збільшило інтенсивність конкуренції між діючими учасниками ринку України.

Було визначено, що найбільшою загрозою для даного стартап-проекту є загроза падіння прибутковості внаслідок скорочення попиту.

На основі SWOT-аналізу розробимо альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оп-

тимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок табл. 6.13.

Таблиця 6.13 — Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Використання засобів стимулювання збуту та мерчандайзингу в торгових точках для збільшення продаж	Дозволяє суттєво збільшити обсяги продаж	до місяця
2	Розширення асортиментної лінійки	Можливість залучення нових споживачів за рахунок новинки	до року
3	Збільшення представленості	Можливість розширення охоплення цільової аудиторії	до року

Найоптимальнішою є перша альтернатива.

#### 6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів табл. 6.14.

Таблиця 6.14 — Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової потенційних груп клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Будівництво	Не готовий	Середній	Мінімальна	Складний
2	Лабораторії	Готовий	Високий	Максимальна	Простий
Які цільові групи обрано: Кафедри електроніки, будівельні компанії					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обрано стратегію диференційованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку сформулюємо базову стратегію розвитку табл. 6.15.

Таблиця 6.15 — Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	<b>Стратегія диференційованого маркетингу</b>	Передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Така відмінність може базуватися на об'єктивних або суб'єктивних, відчутних і невідчутних властивостях товару (у ширшому розумінні — комплексі маркетингу), бути реальною або уявною.	Реалізація цієї стратегії вимагає, як правило, більш високих витрат. Проте успішна диференціація дозволяє компанії домогтись більшої рентабельності за рахунок того, що ринок готовий прийняти більш високу ціну (цінову премію бренду).	Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування.

Виберемо конкурентну поведінку табл. 6.16.

Таблиця 6.16 — Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрхідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Як залучати нових, так і забирати існуючих у конкурентів	Ні	Наслідування лідеру

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту дивись табл. 6.5, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку дивись табл. 6.15 та стратегії конкурентної поведінки дивись табл. 6.16 розробимо стратегію позиціонування табл. 6.17, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплекту асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку / проект.

Таблиця 6.17 — Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Відповідність чинним нормативам	Наслідування лідеру	Реалізація цієї стратегії вимагає, як правило, більш високих витрат. Проте успішна диференціація дозволяє компанії домогтись більшої рентабельності за рахунок того, що ринок готовий прийняти більш високу ціну (цінову премію бренду).	Унікальність Доступна ціна Реалізація нових методів

## 6.5 Розроблення маркетингової програми

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, яку отримає споживач. Для цього у табл. 6.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 6.18 — Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Підвищення ефективності застосування пристрою	Новий метод обробки матеріалів	Зацікавити споживача якістю, яку він отримує при придбанні товару
2.	Оптимізація вихідних параметрів пристрою, які впливають на кінцевий результат	Продуктивність застосування пристрою обробки матеріалів електромагнітною хвилею	Високий рівень продуктивності застосування пристрою обробки матеріалів електромагнітною хвилею
3.	Рациональний вибір технічних характеристик апаратури і науково-обґрунтованого вибору параметрів впливу	Зниження вартості пристрою обробки матеріалів електромагнітною хвилею	Стійкість застосування пристрою обробки матеріалів електромагнітною хвилею

Розробимо трирівневу маркетингову модель товару з метою уточнення ідеї продукту, його фізичних складових, особливостей його надання табл. 6.19.

Таблиця 6.19 — Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	Нові механізми застосування пристрою;
	Продуктивність застосування пристрою;
	Зниження вартості застосування пристрою;
	Марка: Підвищення ефективності застосування апаратури
III. Товар із підкріпленням	До продажу — рівень розробки
	Після продажу — низка методів та алгоритмів
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності	

Варто відзначити, що товар буде захищено від копіювання за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності).

Наступним кроком визначимо цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційних товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари-субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів табл. 6.20.

Таблиця 6.20 — Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	300 ум. од.	250 ум.од.	600 ум.од.	200–300 ум.од.

Визначимо оптимальну систему збуту табл. 6.21.

Таблиця 6.21 — Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Мінімальна кількість посередників	Організувати широку мережу збуту товару	3	Непряма

В якості останньої складової маркетингової програми розробимо концепцію маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів табл. 6.22.

Таблиця 6.22 — Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Підвищення ефективності застосування пристрою	Будівництво	Новий метод обробки матеріалів	Донести переваги до потенційних користувачів	Основна ідея стартап-проекту
2	Оптимізація вихідних параметрів пристрою, які впливають на кінцевий результат	Будівництво	Продуктивність застосування пристрою обробки матеріалів електромагнітною хвилею	Донести переваги до потенційних користувачів	
3	Раціональний вибір технічних характеристик апаратури і науково-обґрунтованого вибору параметрів впливу	Будівництво	Зниження вартості пристрою обробки матеріалів електромагнітною хвилею	Донести переваги до потенційних користувачів	

## 6.6 Висновки

Даний розділ показує проведення аналізу та розробку бізнес-проекту до розробки стартап-проекту. Виходячи з проведеного аналізу варто відзначити, що найбільш негативний вплив на діяльність стартап-проекту на ринку чинить ринкове середовище, це пов'язано із наслідками фінансово-економічної кризи в країні. В свою чергу, така ситуація супроводжувалася зменшенням темпів приросту галузі, виходом з ринку менш сильних дрібних та регіональних виробників, приходом на ринок транснаціональних компаній, що збільшило інтенсивність конкуренції між діючими учасниками ринку України.

Найбільшою загрозою для даного стартап-проекту є загроза падіння прибутковості внаслідок скорочення попиту. Також одною із загроз є просто не правильне сприйняття даного проекту, оскільки не кожний споживач розуміє сенс даного проекту.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Підсумовуючи цей дипломний проект — для його створення було спроектовано генератор низьких частот з підсилювачем та блоком живлення. На основі яких розроблено пристрій для обробки матеріалів за допомогою електромагнітної хвилі.

На даний час не існує математичного апарату який достовірно описує розповсюдження коливань у неоднорідному камінні. Залишається тільки проводити експериментальні дослідження. Епідеміологічна ситуація в країні не дозволила провести експерименти, тому вся увага в проекті приділена розробці потужного підсилювача.

В результаті розроблений підсилювач, який за теоретичними розрахунками повністю підходить для пристрою обробки матеріалів електромагнітною хвилею. Розроблений пристрій відповідає вимогам технічного завдання.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ручная обработка камня старым способом [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://handemade-ilia.livejournal.com/32376.html>.
2. Как обрабатывали камень [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pyramidavorever.ru/kak-dobyvali-kamen/61-kak-obrabatyvali-kamen.html>.
3. Сила звука [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://infrafon.ru/lind.html>.
4. Импульсный блок питания 220/15 В 70 Вт на микросхеме КА2S0880 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.diagram.com.ua/list/pitanie/5-152.shtml>.
5. Генератор прямоугольных импульсов на NE555 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cxem.net/beginner/beginner127.php>.
6. УНЧ 20 Вт на транзисторах [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sjracing.ru/raznoe/unch-20-vt-na-tranzistorax-radiokonstruktor-usilitelya-moshhnosti-jlh1969-mini-3-vatt-x-2-na-tranzistorax-pnp.html>.
7. Малосигнальные транзисторы в корпусе ТО-92 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.dart.ru/cataloguenew/semiconductor/diodes/dc\\_components/transistors/small-signal-to-92.shtml](http://www.dart.ru/cataloguenew/semiconductor/diodes/dc_components/transistors/small-signal-to-92.shtml).
8. 2N3053, Биполярный транзистор [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/product/2n3053>.
9. Транзистор TIP30A [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.radiolibrary.ru/reference/transistor-imp/tip30a.html>.
10. SDT3208 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.datasheets360.com/part/detail/sdt3208/-3027037470665997413/>.
11. Транзистор TIP29A [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

<https://www.radiolibrary.ru/reference/transistor-imp/tip29a.html>.

12. MF-25 (C2-23) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/product0/5541>.

13. CA6V [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/product/ca6v-10-kom>.

14. 1N192 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1294530/ВКС/1N192/1>.

15. Nitano [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://asenergi.com/catalog/kondensatory-elektroliticheskie/2mkf/2-2mkf-50v-105c.html#more>.

16. ЕСАР [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/product0/19740>.

17. FR4 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/FR4\\_datasheet.pdf](https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/FR4_datasheet.pdf) — Заголовок з екрану.

18. Проектування друкованої плати. Навчально-методичний посібник для студентів радіотехнічних спеціальностей. Київський радіомеханічний технікум/ [Коваленко М. М] — К.:1998. — 26 с.: іл..

19. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА/ [Белинский Т. В., Гондюл В. П., Грозин А. Б., Круковский-Синевиц К. Б., Мазор Ю. Л.] — К.:Вища школа, 1992. — 496с..

20. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств/[Баканов Г. Ф., Соколов С. С., Схудолюский В. Ю.] под редакцией И.Г. Мироненко. М.: Издательский центр "Академия", 2007. — 308с..

21. Справочник конструктора радиоэлектронной аппаратуры. Под ред. Р. Г. Варламова, М., «Сов. Радио», 1973. — 840с..

22. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів / Уклад.: С. М. Перегудов, М. В. Зінченко. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. –

Електронне видання комбінованого використання на CD-ROM.

Цабай Д.В. РІ-91МП, 2020

**ДОДАТОК А**  
**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

ПОГОДЖЕНО

Науковий керівник



В. І. Попсуй

ст. викладач

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри радіоконструю-  
вання та виробництва радіоапарату-  
ри КПІ ім. Ігоря Сікорського



Є. А. Нелін

в.о. завідувач кафедри

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на магістерську дисертацію «Дипломний проєкт»  
на тему «Пристрій для обробки матеріалів низькочастотною електрома-  
гнітною хвилею»

## 1 Підстава для виконання проекту

**1.1 Назва:** пристрій для обробки матеріалів низькочастотною електромагнітною хвилею.

**1.2 Підстава для виконання:** підставою для виконання дипломного проекту є завдання, видане кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури радіотехнічного факультету Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та затверджене наказом №3223-с від «5» листопада 2020р.

**1.3 Терміни виконання:** початок 2.09.2020  
закінчення 5.12.2020

## 2 Мета, об'єкт, предмет, призначення, та актуальність проекту

**2.1 Мета:** метою дипломного проекту є розробка та дослідження пристрою для обробки матеріалів низькочастотною електромагнітною хвилею.

**2.2 Об'єкт дослідження:** пристрій для обробки матеріалів низькочастотною електромагнітною хвилею.

**2.3 Предмет дослідження:** конструкція та параметри пристрою.

**2.4 Призначення дисертації:** розробити проект пристрою для обробки матеріалів низькочастотною електромагнітною хвилею.

**2.5 Актуальність роботи:** розробка даного проекту є актуальною, оскільки такий метод обробки матеріалів електромагнітною хвилею використовується досить мало та не є таким популярним і задача даного проекту розробити пристрій який буде стабільно працювати та обробляти матеріали на частоті від 10 Гц до 400 Гц.

### 3 Вихідні дані для виконання проекту

#### 3.4 Технічне завдання.

Основні номінальні параметри і характеристики пристрою наведені в табл.А.1.

Таблиця А.1

№	Параметр чи характеристика	Одиниця вимірювання	Значення	Примітки
1	Напруга живлення	В	12-18	Номінальне значення 15В
2	Живлення від мережі	В	220	
3	Вихідна напруга	В	±25	
4	Вихідна частота	кГц	0,01-1	
5	Потужність	Вт	20	

3.2 Как обрабатывали камень [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://piramidavorever.ru/kak-dobyvali-kamen/61-kak-obrabatyvali-kamen.html>.

3.3 Сила звука [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://infrafon.ru/lind.html>.

3.4 Ручная обработка камня старым способом [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://handemade-ilia.livejournal.com/32376.html>.

### 4 Вимоги до виконання проекту

#### 4.1 Орієнтовний склад приладу

1. Генератор, підсилювач
2. Корпус
3. Кришка
4. Блок живлення

5. Інструмент (електромагнітний вібратор)

#### **4.2 Вимоги до надійності**

1. Середнє напрацювання на відмову, не менше 7500 год.
2. Середній час відновлення, не більше 1,5 год.
3. Пристрій повинен бути відновлювальний та ремонтпридатний, згідно ГОСТ 27.002-89
4. Середній час безвідмовної роботи 500 год.

#### **4.3 Вимоги до технологічності**

Вимоги до технологічності згідно ГОСТ 14.201-83. Всі комплектуючі вироби повинні проходити вхідний контроль на відповідність вимогам ТУ.

#### **4.4 Вимоги до електромагнітної сумісності**

Пристрій повинен відповідати вимогам до електромагнітної сумісності і індустриальним радіо завадам згідно ГОСТ 22505-83.

#### **4.5 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації**

Рівень стандартизації та уніфікації повинен відповідати ГОСТ 12.201-83. Коефіцієнт стандартизації не менше 0,4. Коефіцієнт уніфікації не менше 0,6.

#### **4.6 Вимоги до безпеки обслуговування**

Керуватися загальними вимогами з техніки безпеки щодо апаратури високої та низької напруги ГОСТ 1220070-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.038-88, ГОСТ 12.2.007.0-76.

#### **4.7 Умови експлуатації**

Умови експлуатації повинні відповідати виконанню УХЛ категорії 4.2 за ГОСТ 15150-69.

1. Робоча температура:
  - мінімальна +10 °С
  - максимальна +35 °С
2. Гранична температура:
  - мінімальна +1 °С
  - максимальна +40 °С
3. Вологість повітря:

- середнє значення при 20 °С: 65%
- граничне значення при 25 °С: 80%

#### 4. Атмосферний тиск:

- робоче значення 106 кПа
- мінімальне значення 84 кПа

### 4.8 Вимоги до транспортування і зберігання

Транспортування приладу здійснюється в упакованому виді за умовами ГОСТ 23088-80. Пристрій витримує транспортування на будь-які відстані автомобільним, залізничним та повітряним транспортом (у закритих транспортних засобах), а також водним транспортом.

### 5 Етапи дипломного проекту і терміни їх виконання

Етапи виконання дипломного проекту приведені в табл. А2.

Таблиця А2

Шифр етапів	Назва етапів виконуваного завдання	Терміни виконання		Результат етапу
		початок	кінець	
1	Збір необхідних матеріалів для виконання магістерської дисертації	01.09.2020	02.09.2020	Структура та порядок виконання роботи
2	Проведення аналізу ТЗ та дослідження древніх методів обробки матеріалів	02.09.2020	05.09.2020	Розділ 1
3	Проведення аналізу та моделювання пристрою	05.09.2020	20.09.2020	Розділ 2
4	Проведення вибору елементної бази підсилювача	20.09.2020	11.10.2020	Розділ 3
5	Проведення конструювання плати та корпусу підсилювача	11.10.2020	11.11.2020	Розділ 4
6	Розрахунки, що підтверджують працездатність	11.11.2020	15.11.2020	Розділ 5



## Продовження таблиці А2

Шифр етапів	Назва етапів виконуваного завдання	Терміни виконання		Результат етапу
		початок	кінець	
7	Розробка стартап-проекту	15.11.2020	25.11.2020	Розділ 6
8	Остаточне оформлення магістерської дисертації та супровідних матеріалів	25.11.2020	05.12.2020	Пояснювальна записка, презентація

**6 Очікувані результати**

Кінцевим результатом роботи повинні бути:

- а) структурна схема пристрою для обробки матеріалів електромагнітною хвилею;
- б) електрична схема та рекомендації щодо вибору і застосування елементної бази на пристрій;
- в) отримати пристрій який являється працездатним;

**7 Матеріали, які надаються після закінчення дипломного проекту**

7.1 Завдання

7.2 Технічне завдання

7.3 Пояснювальна записка

7.4 Графічна документація

Презентація за результатами роботи

7.5 Орієнтовний зміст роботи:

Анотація

Зміст

## Вступ

- 1 Аналітичний огляд найдавніших методів обробки твердих та крихких матеріалів
- 2 Проведення аналізу та моделювання пристрою
- 3 Проведення вибору елементної бази підсилювача
- 4 Проведення конструювання плати та корпусу підсилювача
- 5 Розрахунки, що підтверджують працездатність
- 6 Розробка Стартап-Проекту


## Висновок

Перелік джерел посилань

### **8 Порядок приймання дипломного проекту та її етапів**

- 8.1** Проміжні результати дипломного проекту у вигляді її розділів подаються на перевірку керівникові.
- 8.2** Магістерська дисертація попередньо захищається на кафедрі.
- 8.3** По закінченню виконання, дипломний проект захищається перед екзаменаційною комісією.

Виконавець роботи

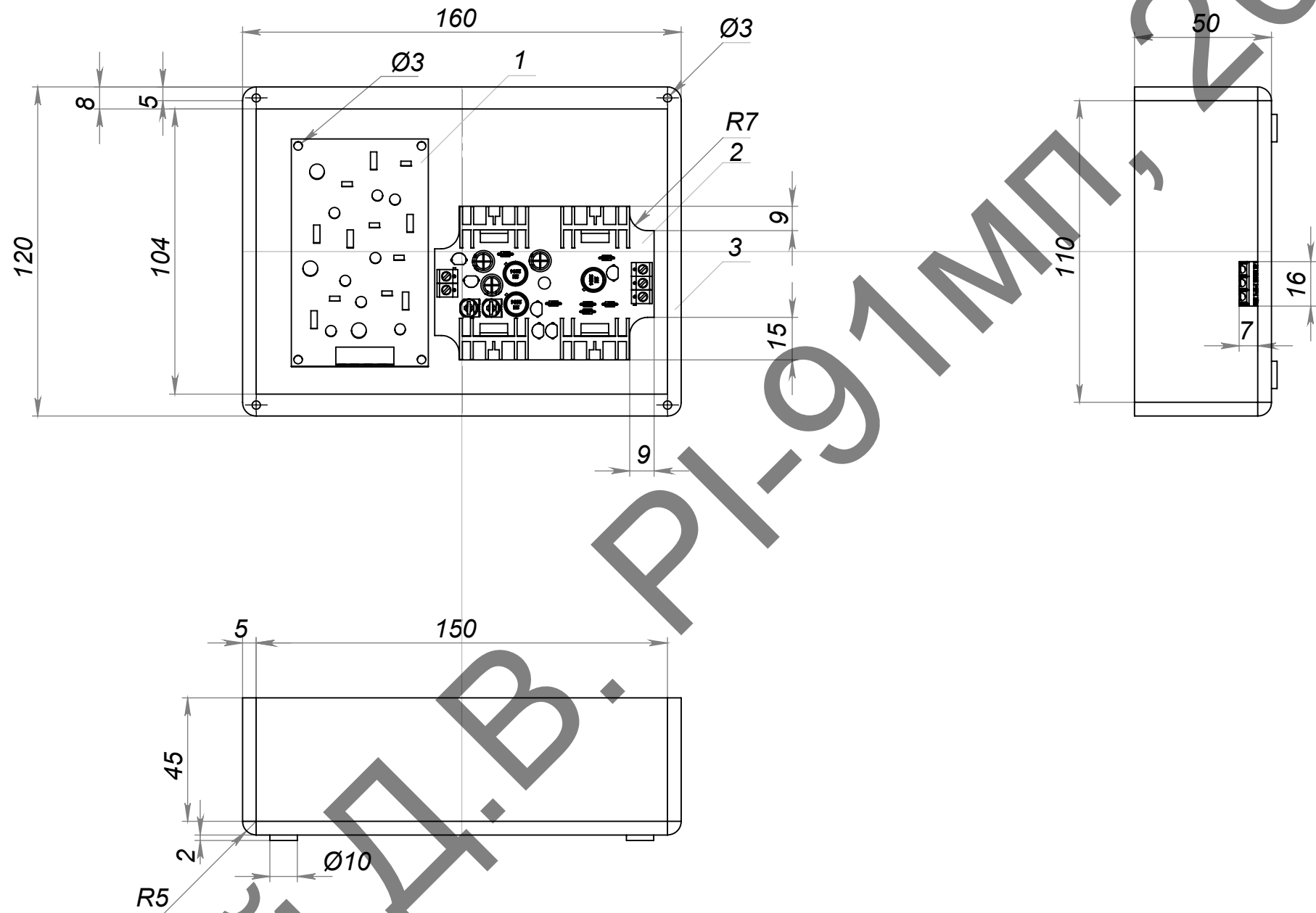
 Чабай Д.В.

## ДОДАТОК Б

Чабай Д.В. РІ-91МП, 2020

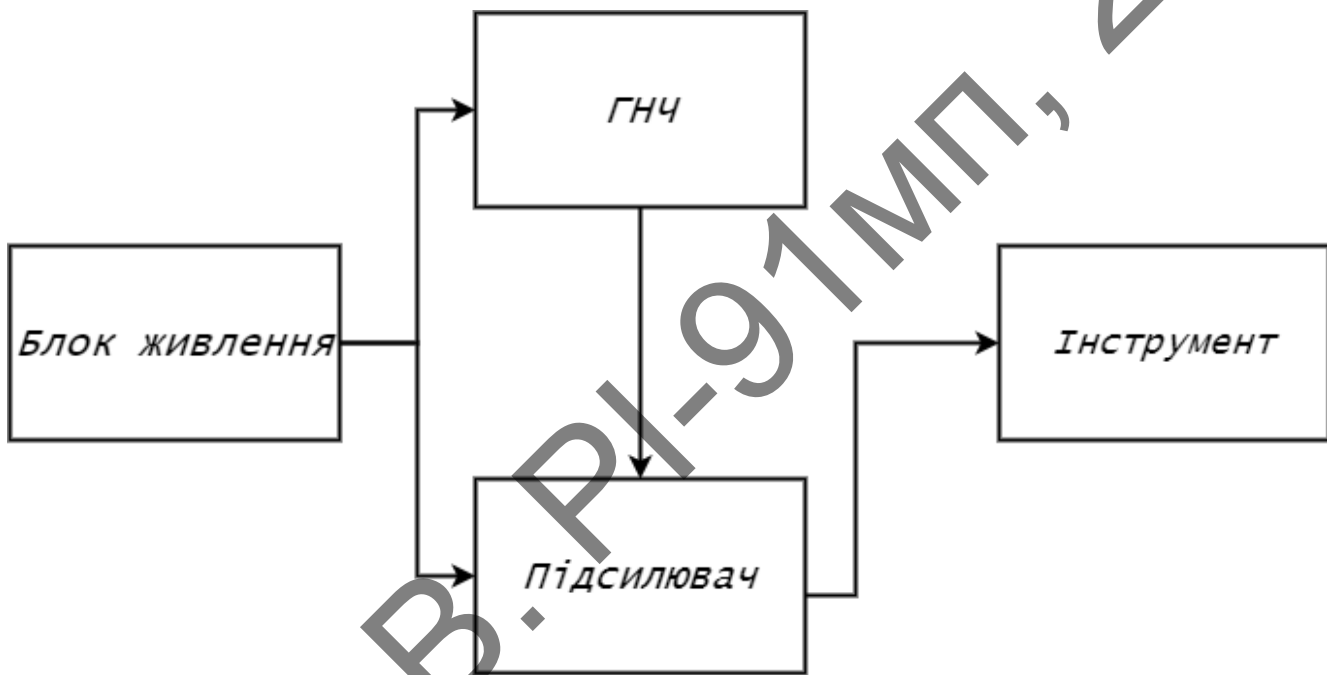
Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.		
				<b><u>Документація</u></b>				
A3			PI91.438800.001 СК	Складальний кресленник				
A3			PI91.438800.001 Е3	Схема електрична принципова				
A4			PI91.438800.001 Е1	Схема структурна				
			PI91.438800.001 ПЗ	Пояснювальна записка				
				<b><u>Складальні одиниці</u></b>				
		1	PI91.434815.001	Підсилювач	1			
		2	PI91.468782.001	Генератор	1			
				<b><u>Деталі</u></b>				
		3	PI91.731197.001	Корпус	1			
		4	PI91.735391.001	Накривка (кришка)	1			
				<b><u>Стандартні вироби</u></b>				
		5		Гвинт DIN 7985 M3.0x8	4			
			<b>PI91.434800.001</b>					
Змін	Арк.	№ докум.	Підп	Дата				
Розроб.	Чабай Д.В.				<b>Пристрій обробки</b>	Літер.	Аркуш	Аркуші
Перев.	Попсуй В.І.						1	2
Т.конт	Попсуй В.І.							
Н.конт	Попсуй В.І.							
Затв.								





Чабай Д.В. Р1-91 МП, 2020

					<b>P191.434815.001 СК</b>			
					<b>Пристрій</b>			
					<b>Складальний кресленник</b>			
Лит.	Масса	Масштаб						
		1:2						
Лист 1		Листов 1						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Чабай Д.В.	<i>ЧД</i>					
Пров.		Попсуй В.І.						
Т. контр.		Попсуй В.І.						
Н. контр.		Попсуй В.І.						
Утв.								



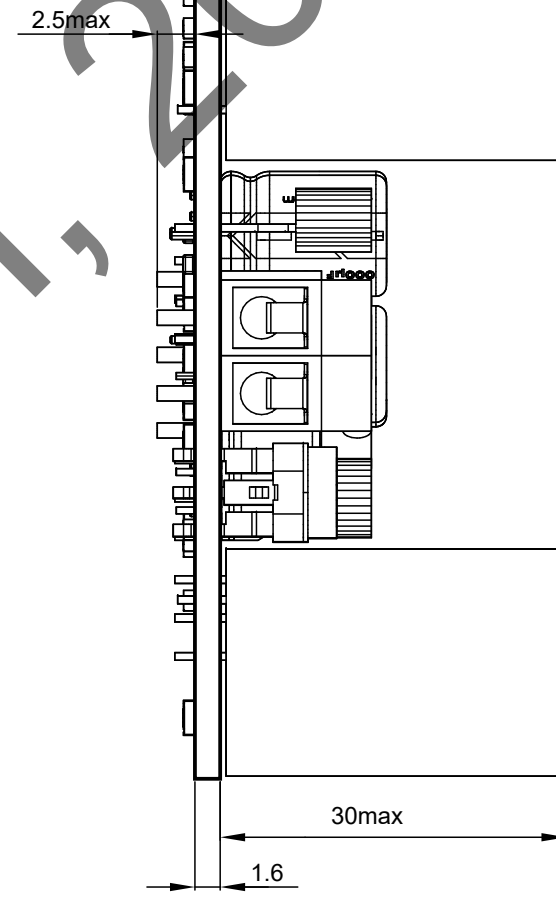
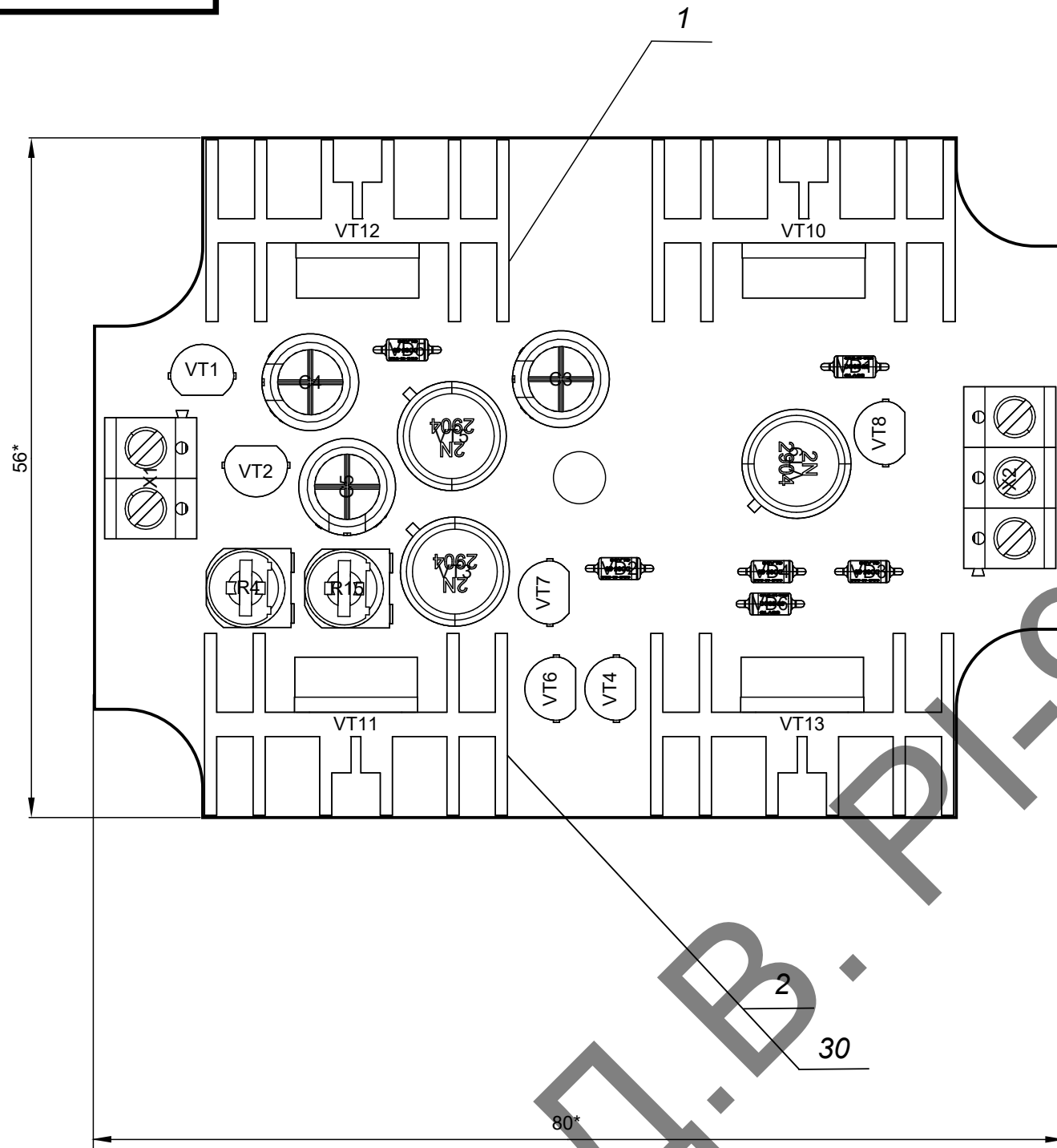
					PI91.434800.001 E1		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Чабай Д.В.		<i>Handwritten signature</i>		Лит.	Лист	Листов
Провер.	Попсуй В.І.					1	
Реценз.							
Н. Контр.	Попсуй В.І.						
Утверд.							
Пристрій обробки							
Схема структурна							

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.		
				<b><u>Документація</u></b>				
A3			PI91.434815.001 СК	Складальний кресленик				
A3			PI91.434815.001 ЕЗ	Схема електрична принципова				
A4			PI91.434815.001 ПЕ	Перелік елементів				
				<b><u>Деталі</u></b>				
		1	PI91.758700.001	Друкована плата	1			
				<b><u>Стандартні вироби</u></b>				
		2		Гвинт DIN 7985 M3.0x8	4			
				<b><u>Інші вироби</u></b>				
				<b>Діоди</b>				
		3		Діоди захисні 1N192 (DO-35)	6	VD1...VD6		
				<b>Конденсатори</b>				
		4		Hitano 2,2 мкФ, ± 5% 105°C	1	С1		
			<b>PI91.434815.001</b>					
Змін	Арк.	№ докум.	Підп	Дата				
Розроб.	Чабай Д.В.				<b>Підсилювач</b>	Літер.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Попсуй В.І.						1	3
Т.конт	Попсуй В.І.							
Н.конт	Попсуй В.І.							
Затв.								



Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим	
		5		Hitano 4,7 мкФ, ± 5% 105°C	1	C2	
		6		ECAP 30 мкф 15 В, 10%, (8x12) 105°C	1	C3	
		7		ECAP 100 мкф 15 В, 10%, (8x12) 105°C	2	C4, C5	
		8		Hitano 1 мкФ, ± 5% 105°C	2	C6, C9	
		9		Hitano 330 нФ, ± 5% 105°C	2	C7, C8	
		10		Hitano 22 нФ, ± 5% 105°C	1	C10	
				<b>Резистори</b>			
		11		MF 0,25Вт 22 кОм, ± 1%	2	R1, R16	
		12		MF 0,25Вт 6,8 кОм, ± 1%	3	R2, R6, R11	
		13		MF 0,25Вт 2,7 кОм, ± 1%	2	R3, R7	
		14		CA6V3K3 0,1Вт 3,3 кОм, ± 1%	1	R4	
		15		MF 0,25Вт 3,9 кОм, ± 1%	1	R5	
		16		MF 0,25Вт 39 кОм, ± 5%	1	R8	
		17		MF 0,25Вт 1,5 кОм, ± 1%	1	R9	
		18		MF 0,25Вт 130 Ом, ± 5%	4	R10, R12...R14	
		19		CA6V2K2 0,1Вт 2,2 кОм, ± 1%	1	R15	
		20		MF 0,25Вт 16 кОм, ± 5%	2	R17, R19	
		21		MF 0,25Вт 47 кОм, ± 5%	1	R18	
		22		MF 0,25Вт 1 кОм, ± 1%	2	R20, R21	
		23		MF 0,25Вт 51 Ом, ± 5%	2	R22, R24	
		24		MF 0,25Вт 10 Ом, ± 5%	1	R23	
		25		MF 0,25Вт 0,39 кОм, ± 5%	3	R25, R26, R27	
		26		MF 0,25Вт 30 Ом, ± 5%	1	R28	
		27		MF 0,25Вт 560 Ом, ± 5%	1	R29	
				<b>PI91.434815.001</b>			2
Змін	Арк.	№ докум.	Підп	Дата			





- 1.\*Розміри для довідок
- 2.2. Монтаж виконати відповідно до схеми електричної принципової PI91.434815.001 CK
3. Позиційні позначення елементів показані умовно відповідно до схеми електричної принципової PI91.434815.001 CK
4. Встановлення елементів виконувати за ГОСТ 29137-91
5. Інші технічні вимоги по ОСТ4 ГО.070.015
6. На провідники емітерних і колекторних кіл транзисторів поз.1 та поз.2 напаяти мідний провід ПВ1 ТУ У 31.3-00214534-056:2006

Перв. примен.

Страв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

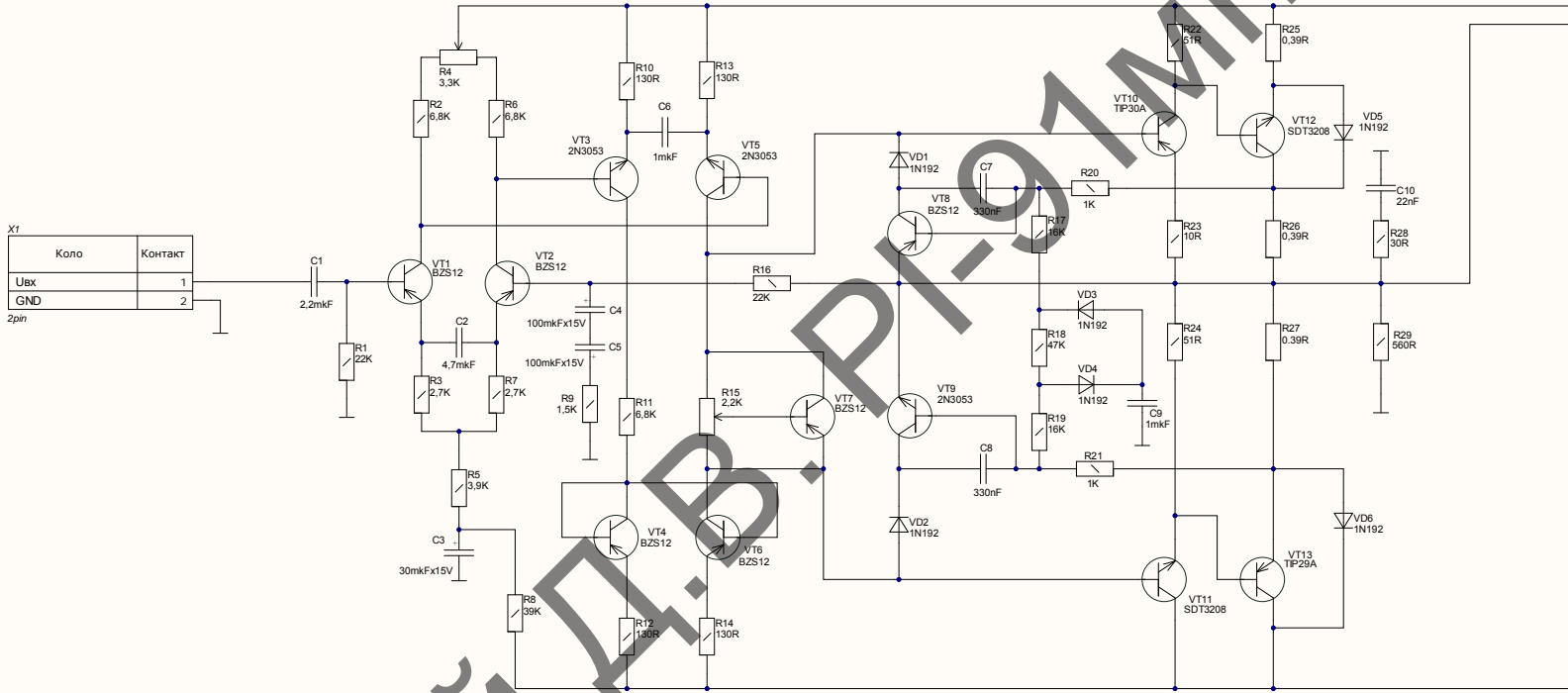
Чабай Д.В. PI-91 МП, 2020

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Чабай Д.В.		
Проверил		Попсуй В.І.		
Т. контр.		Попсуй В.І.		
Н. контр.		Попсуй В.І.		
Утв.				

<b>PI91.434815.001CK</b>			
<b>Підсилювач</b>	Лит.	Масса	Масштаб
			2:1
Складальний кресленник	Лист	1	Листов 1

X1	Коло	Контакт
U <sub>вх</sub>		1
GND		2
2pin		

X2	Контакт	Коло
	1	-25V
	2	V <sub>out</sub>
	3	+25V
3pin		



Чабай Д.В. Р191.434815.001 МП, 2020

Ред.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив		Чабай Д.В.		
Пер.		Попсуй В.І.		
Т.контр.		Попсуй В.І.		
Нач.сект.				
Н.контр.				
Зам.		Попсуй В.І.		

Р191.434815.001 E3

**Підсилювач**  
Схема електрична  
принципова

Аркуш	Масштаб	Маса
	1:1	
Аркушів 1	Аркушів 1	

Поз. позн.	Найменування	Кільк	Примітка
<u>Конденсатори</u>			
C1	Hitano 2,2 мкФ, ± 5% 105°C	1	
C2	Hitano 4,7 мкФ, ± 5% 105°C	1	
C3	ECAP 30 мкф 15 В, 10%, (8x12) 105°C	1	
C4, C5	ECAP 100 мкф 15 В, 10%, (8x12) 105°C	2	
C6	Hitano 1 мкФ, ± 5% 105°C	1	
C7, C8	Hitano 330 нФ, ± 5% 105°C	2	
C9	Hitano 1 мкФ, ± 5% 105°C	1	
C10	Hitano 22 нФ, ± 5% 105°C	1	
<u>Резистори</u>			
R1	MF 0,25Вт 22 кОм, ± 1%	1	
R2	MF 0,25Вт 6,8 кОм, ± 1%	1	
R3	MF 0,25Вт 2,7 кОм, ± 1%	1	
R4	CA6V3K3 0,1Вт 3,3 кОм, ± 1%	1	
R5	MF 0,25Вт 3,9 кОм, ± 1%	1	
R6	MF 0,25Вт 6,8 кОм, ± 1%	1	
R7	MF 0,25Вт 2,7 кОм, ± 1%	1	
R8	MF 0,25Вт 39 кОм, ± 5%	1	
R9	MF 0,25Вт 1,5 кОм, ± 1%	1	
R10	MF 0,25Вт 130 Ом, ± 5%	1	
R11	MF 0,25Вт 6,8 кОм, ± 1%	1	
R12...R14	MF 0,25Вт 130 Ом, ± 5%	3	
R15	CA6V2K2 0,1Вт 2,2 кОм, ± 1%	1	
R16	MF 0,25Вт 22 кОм, ± 1%	1	
R17	MF 0,25Вт 16 кОм, ± 5%	1	
R18	MF 0,25Вт 47 кОм, ± 5%	1	
R19	MF 0,25Вт 16 кОм, ± 5%	1	

**PI91.434815.001ПЕ**

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Чабай Д.В.	<i>Чабай Д.В.</i>	
Перевірів		Попсуй В.І		
Н. контр				
Затвердив				

**Підсилювач**

Перелік елементів

Лім.	Лист	Листів
	1	2

**НТТУ «КПІ» РТФ**



PI91.758700.001 ДП

Rz 20 (✓)

Перв. примен.

Справа №

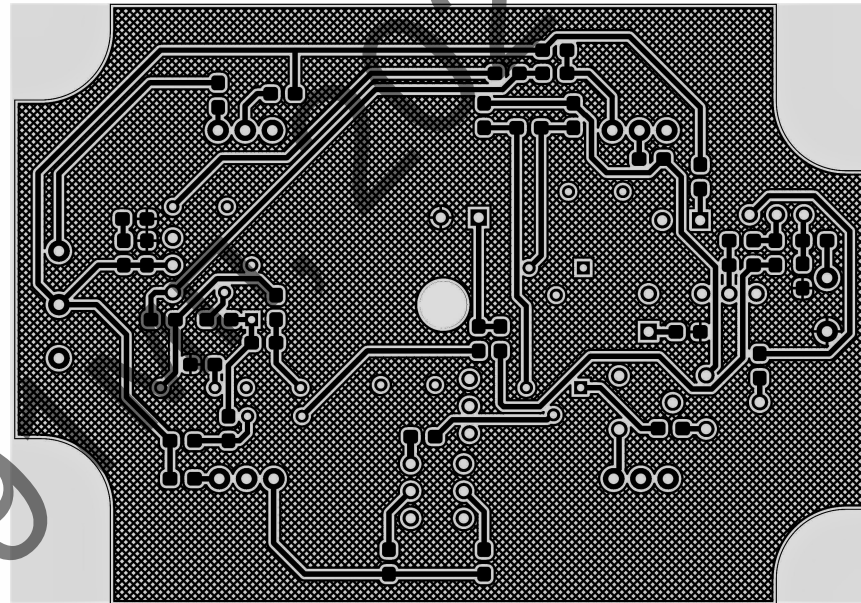
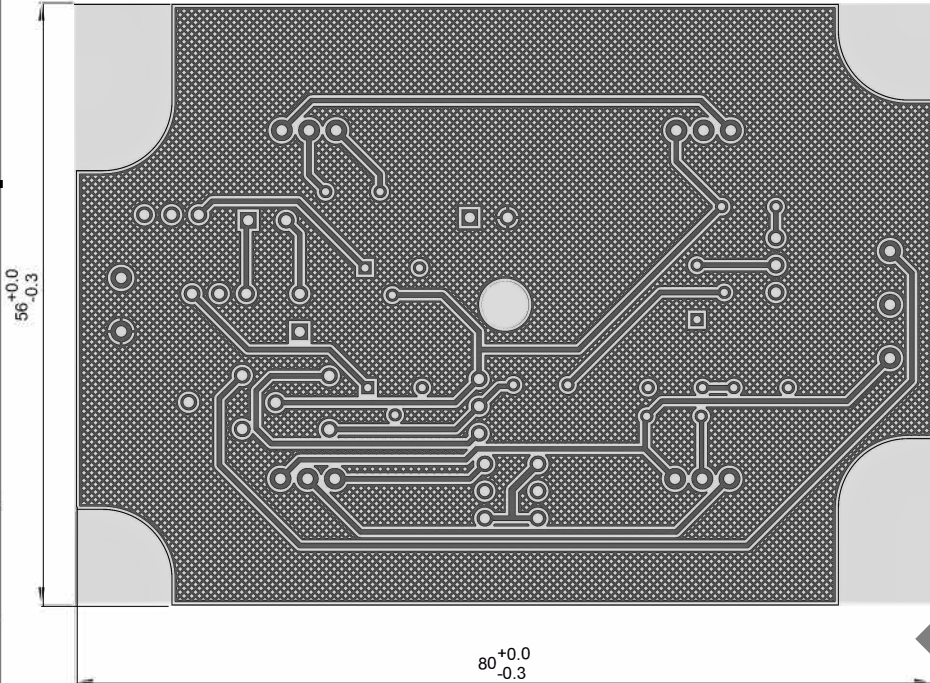
Подп. и дата

Име. № подл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Име. № подл.



- 1.\* Розміри для довідок
- 2.Плату виготовити комбінованим позитивним методом
- 3.Клас точності 3 за ГОСТ 23751-86
4. Топологія нижнього шару металізації" друкованої" плати наведена на машинному носії" PI91.758700.001 T1M  
Топологія верхнього шару металізацП- друкованої" плати наведена на машинному носП- PI91.758700.001 T2M  
Топологія нижнього шару шовкографП- на машинному носП- PI91.758700.001 T3M  
Топологія верхнього шару шовкографії" на машинному носії" PI91.758700.001 T4M  
Нижня захисна маска (негатив) на машинному носП- PI91.758700.001 T5M  
Верхня захисна маска (негатив) на машинному носії" PI91.758700.001 T6M  
Обробка плати по контуру на машинному носії PI91.758700.001 T67M
- 5.Інші технічні вимоги по ОСТ4 Г0.010.070.014

Чабай Д.В. РІ-9

					PI91.758700.001			
					Друкована плата	Лит.	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				2:1
Разраб.		Чабай Д.В.	Ч					
Проверил		Попсуй В.І.						
Т. контр.		Попсуй В.І.				Лист	1	Листов
								1
Н. контр.					Склотекстолит FR-4 35/35			
Утв.		Попсуй В.І.			1,6мм ТУ 16-503.161-83			