

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С. І. СУББОТІНА

На правах рукопису

УДК 550.34

СТРУК ЄВГЕН СЕМЕНОВИЧ

РОЗРОБКА І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИПРОБУВАННЯ
ЦИФРОВОЇ СЕЙСМОЛОГІЧНОЇ СТАНЦІЇ

04.00.22 — геофізика

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук



КИЇВ — 1993

Робота виконана в Карпатському відділенні Інституту геофізики
ім. С. І. Суботіна АН України

Науковий керівник (консультант): кандидат фізико-математичних
наук, старший науковий
співробітник Б. Д. Войко

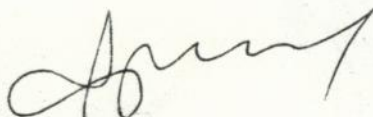
Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
М. В. Черкаський
кандидат технічних наук
І. Ю. Михайлик

Президна організація: Фізико-механічний інститут
ім. Г. Е. Карпенко АН України.

Захист відбудеться " 14 " *жовтня* 1993 р. в 11 год.
на засіданні Спеціалізованої ради Д 016.02.01 при
Інституті геофізики ім. С. І. Суботіна АН України.

Автореферат розісланий " 4 " *листопада* 1993 р.
Відгуки, завірені печаткою закладу, просимо направляти в одному
екземплярі за адресою: 252680, Київ - 142,
пр. Палладіна 32, Інститут геофізики АН України.
З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ІГФ АН України.

Вчений секретар
Спеціалізованої ради



В. С. Гейко

ЛННБ України ім. В. Стефаника



00814011 (F)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність.

Для успішного розв'язання задач, пов'язаних з дослідженнями закономірностей виникнення сейсмічних явищ та поширення сейсмічних хвиль, з вивченням на основі аналізу сейсмічного хвильового поля внутрішньої будови Землі, а також з дослідженнями за коливальними рухами фундаментів важливих народно-господарських споруд, необхідні достовірні записи сейсмічних подій в цифровій формі, найбільш зручній для обробки на ЕОМ. Одержання таких записів є можливе при обладнанні пунктів сейсмологічних досліджень цифровою сейсмометричною апаратурою. В зв'язку з тим, що випуск цифрової апаратури для сейсмологічних досліджень в країнах СНД не був налагоджений, проблема в забезпеченні пунктів сучасною технікою залишалась нерозв'язаною. Тому питання розробки і випуску надійних вітчизняних цифрових сейсмостанцій залишається актуальним.

Мета і завдання роботи.

Метою роботи є розробка цифрової сейсмічної станції з метрологічними характеристиками, необхідними для неспотвореного і надійного запису сейсмічних коливань в цифровій формі. Для досягнення цієї мети необхідно було:

1. Визначити функціональні задачі сейсмостанції цифрової реєстрації та розробити основні блоки, які визначають найважливіші метрологічні характеристики станції.
2. Провести лабораторні випробування розробленої станції для визначення оптимальної точності цифрового сейсмометричного каналу та інших основних характеристик.
3. Провести експериментальне випробування цифрової сейсмостанції на Карпатському геодинамічному полігоні для визначення її ефективності.

Наукова новизна.

1. Розроблена сейсмометрична цифрова апаратура з високою точністю реєстрації сейсмічних коливань в широкому динамічному і частотному діапазонах.
2. Розроблено спосіб і пристрій збільшення точності автома-

тичної корекції ходу таймера цифрової сейсмічної станції сигналами, які передаються широкомовними радіостанціями.

3. Розроблена методика оперативного визначення амплітудно-частотної і фазо-частотної характеристик коефіцієнту перетворення сейсмоприймача.

4. Запропонована методика підбору оптимальної АЧХ сейсмоперетворювача з врахуванням середньостатистичних амплітудно-частотних особливостей мікросейсмічного фону на пункті спостережень.

5. Визначені оптимальні значення параметрів попереднього сеймоселектора для роботи сейсмостанції цифрової реєстрації на РІС "Тросник".

На захист виносяться:

1. Методика побудови оптимального по точності цифрового сейсметричного каналу.

2. Метод і пристрій покращення точності корекції ходу таймера цифрової сейсметричної станції радіосигналами, котрі передаються широкомовними станціями.

3. Метод оперативного визначення амплітудно-частотної і фазо-частотної характеристик коефіцієнту перетворення сейсмоприймача.

4. Метод визначення оптимальних значень параметрів попереднього селектора сейсмічної станції.

Практична цінність.

Розроблена апаратура може бути використана в практичній діяльності дослідно-методичних партій при проведенні досліджень сейсмічного режиму Землі, а також при проведенні робіт по інженерній сейсмології і мікросейсморайонуванні.

Цифрові сейсмограми, які отримуються з допомогою розробленої апаратури, можуть бути використані науково-дослідними організаціями для проведення робіт по уточненню внутрішньої будови Землі.

Запропонований спосіб калібровки, при використанні одного існуючого комплексу станції, може бути використаний для уточнення і корекції амплітудно-частотної і фазо-частотної характеристик коефіцієнту перетворення сейсмоприймачів, які розміщені на пунктах спостережень, без спеціальних віброплатформ.

Спосіб і пристрій виділення сигналів точного часу, по яких

автоматично коректується від електронного годинника, може використовуватися і в іншій геофізичній чи навігаційній апаратурі.

Розроблені принципові схеми та технічне завдання, які передані на дослідний завод ФМІ АН України для виготовлення малих серій комплектів ЦСС.

Апробація роботи.

Основні результати роботи доповідалися на конференціях молодих вчених в ІППМІ АН України (Львів, 1984, 1986), 2-й Всесоюзній конференції по "Геодинаміці і сучасних рухах Землі" (Дрогопис, 1985), конференції по геодинамічних дослідженнях (Воронеж, 1988), Всесоюзній школі-семінарі "Цифрова сейсмометрія" (Тбілісі, 1989), семінарах Міжвідомчої ради по сейсмології та сейсмостійкому будівництву СРСР (Ялта, 1987, Нарочь, 1991), 2-й Всесоюзній конференції по морській сейсмології і сейсмометрії (Менделєєво, 1991), семінарах і конференціях ІГФ і КВ ІГФ ім. С.І. Суботіна АН України (Київ, 1992-1993, Львів, 1992).

Основний зміст роботи викладено в 14-ти публікаціях (список в кінці реферату).

Структура і зміст роботи.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів і заключення, які викладено на 126 сторінках машинописного тексту. Робота містить 41 рисуноків, 13 таблиць, список літератури. Всього 138 сторінок.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність дисертаційної роботи, сформульована мета досліджень і коротко розкрито їх зміст.

В першому розділі проведено огляд списаних в літературі принципів побудови та технічних характеристик засобів цифрової реєстрації та обробки, як. використовуються для сейсмологічних досліджень. При аналізі апаратурних засобів звернено увагу на динамічний діапазон, точність, побудову інформаційного слова, споживану потужність, засоби реєстрації на магнітних носіях, конфігурацію комплекту.

Розглянуті основні типи розроблюваних цифрових сейсмологічних станцій, а саме: СЦР - станція цифрової реєстрації (Кевлішвілі, Башілов, Ан, 1977), портативна станція ПРС і її модифікація - КП-ПРС (Башілов, Волосов, Ершова, 1984, 1985), автоматизована цифрова станція - АССЦ (Башілов, Бажанов, Гінзбург, 1990), цифрова сейсмічна станція "З. спресс" (Башілов, Белякова, 1991), автономна програмувана сейсмічна станція - АПСС (Катренко, 1990), а також проєктованих багатоканального вимірювального комплексу МИК-А (Аранович, Квзак, Негребекий, 1991) і станції сильних рухів - АСС (Теперев, Троценко, 1991).

Згадані в огляді станції характеризуються неоднозначністю за своїми метрологічними характеристиками, функціональними можливостями, засобами реєстрації цифрової інформації, споживаній потужності, і кожна зокрема не в повній мірі задовільняє вимогам якісної та кількісної реєстрації і оперативної обробки, що і привело до обмеженого їх практичного застосування при проведенні регіональних сейсмометричних спостережень.

Аналізуючи приведені станції по точності, видно, що мантися цифрових даних в інформаційному слові суттєво відрізняються і коливаються від 8 біт (Катренко, 1990) до 12 біт (Теперев, Троценко) і практично визначаються розрядністю застосованого аналого-цифрового перетворювача (АПЦ). Так як довжина мантися займає значну частину інформаційного слова, тому вона повинна бути оптимальною і визначатися, виходячи з реальної досягнутої точності вимірювального каналу при функціонуванні всієї станції.

На основі аналізу принципів побудови і технічних характеристик та досвіду, отриманого при випробуванні діючого макету, сформульовані основні вимоги та технічні характеристики цифрової сейсмологічної апаратури для регіональних досліджень.

В другому розділі визначене коло функціональних завдань, які в тій чи іншій мірі повинні бути виконані при реалізації цифрової сейсмічної станції. Крім функцій перетворення аналогового сигналу, отриманого з сеймоперетворювача, в цифровий код, у функції ЦСС входить: попередня селекція сейсмічних подій, реєстрація оцифрованої сейсмічної інформації, калібровка сейсмометричних каналів, оперативна обробка мікросейсмічного шуму, оперативна обробка сейсмограм, ущільнення сейсмічної інформації.

Три перші функціональні задачі вимагають апаратної реаліза-

ції. Чотири останні - чисто програмних засобів. Вказане коло завдань може бути зреалізоване в моделі цифрової сейсмічної станції, як система, котра складається з трьох основних функціональних елементів, а саме: сейсмоперетворювачів, головного блоку ЦСС і ЕОМ. Головний блок будується таким чином, щоб по виходу він мав можливість під'єднуватись за допомогою інтерфейсів до кількох типів ПЕОМ, а також мав достатньо широкий динамічний і частотний діапазон аналого-цифрового перетворення для під'здання сейсмоперетворювачів з боку входу, які б перекривали весь діапазон сигналів від землетрусів.

Приведена функціональна схема, яка задовільняє технічним характеристикам, основні з яких: частотний діапазон С - 20 Гц (канал відкритий для постійної складової), динамічний діапазон на одному рівні підсилення - 90 дБ, максимальний динамічний діапазон - 120 дБ, точність корекції ходу таймера на гірше ± 2 мс, при чому максимальне відхилення значень часу від абсолютного (опорного) не перевищує ± 5 мс. Розрядність спеціалізованого АЦП для забезпечення динамічного діапазону була вибрана рівною 16. З них 15 двійкових розрядів визначають величину числа і один розряд знаковий. Незважаючи на те, що вихідний цифровий код є рівномірним кодом "уз", припускалося, що він складатиметься з мантиси і порядку.

Передбачалося відпустити на мантису числа 12 двійкових розрядів і використати для цих цілей аналого-цифровий перетворювач послідовного наближення типу 572ПВ1А. Причому, розроблено схемотехніку побудови САЦП сейсмометричного каналу таким чином, що довжина мантиси може бути зміненою (зменшеною) в залежності від величин похибок, отриманих в результаті лабораторних досліджень амплітудних характеристик реалізованих сейсмометричних каналів в повністю функціонуючому головному блоці ЦСС. Фактори, які впливають на величину похибки і визначають точність і оптимальну розрядність САЦП розглядаються в 3-му розділі.

На основі аналізу основної причини дрейфу нульової лінії бінарних підсилювачів САЦП і з метою її зменшення, розроблено схему бінарних підсилювачів, зміна коефіцієнтів підсилення яких здійснювалась не в колі зворотнього зв'язку, а перемиканням виходів.

Використовуючи диференційований підхід до динамічного діапазону і точності та враховуючи характер сейсмічного сигналу, по-

дано опис розробленого САЦП, у якому динамічний діапазон, вимірний в дБ, більший від точності при рівномірному вихідному коді.

Розглянуто питання корекції ход таймера за допомогою радіосигналів точного часу. Встановлено, що основною причиною похибки корекції при використанні діючої методики і апаратури сейсмологічних спостережень є затримка на смуговому фільтрі. Описано пристрій виділення сигналів точного часу, котрий побудований на основі уникнення затримки для коректуючого сигналу за допомогою обхідного каналу, який складається з підсилювача-обмежувача, електронного ключа та одновібратора.

Прованалізовано методи імпульсної і генераторної калібровки. Показано, що добуток точності на час калібровки в обох методах є величиною сумірною. При побудові ЦСС основним методом калібровки вибрано генераторний метод. Перевага віддана йому завдяки тому, що при генераторному методі амплітудно-частотні характеристики коефіцієнту перетворення отримуться відразу, а також через те, що в області вищих робочих частот сейсмоперетворювача можливий трансформаторний зв'язок, якого неможливо уникнути при подачі широкосмугового імпульсного сигналу. Описана функціональна схема калібровача.

На основі експериментальних досліджень визначення амплітудно-частотної і фазо-частотної характеристик коефіцієнту перетворення сейсмоперетворювача типу СМ-ЗКВ, отриманих за допомогою віброплатформи, встановлено, що в першому наближенні (з точністю $\pm 1\%$) можна використовувати такі аналітичні вирази:

$$\text{для фазо-частотної характеристики: } \Phi(\omega_e) = \arctg \frac{2 \omega_n \omega_e}{\omega_n^2 - \omega_e^2};$$

і для амплітудно-частотної характеристики по зміщенню:

$$K(\omega_e) = \frac{\omega_0^2}{[(\omega_n^2 - \omega_e^2) + 2 \zeta \omega_n \omega_e]^{1/2}}$$

де: ω_n - власна частота коливань маятника сейсмоперетворювача;
 ω_0 - частота вимушених коливань;
 ζ - постійна згасання.

Приведено опис функціональної схеми калібровача ЦСС і алгоритм оперативного визначення АЧХ і ФЧХ коефіцієнту перетворення сейсмоперетворювача.

Розглянуто питання принципу побудови попереднього сейсмоселектора. Описана функціональна схема попереднього сейсмоселектора, в якому в якості критерію виділення корисного сигналу на фоні шумів і завад взято одночасне співпадіння трьох параметрів, котрі визначають сигнал по амплітуді, частоті і енергії.

Описано розроблені і використані в ЦСС інтерфейсні пристрої для зв'язку головного блоку з ПЕОМ. Визначено і описано мінімальне програмне забезпечення, яке необхідне для обробки переривань при функціонуванні ЦСС в комплексі з ЕОМ.

В третьому розділі приведені результати лабораторних випробувань ЦСС з метою визначення реально отриманих характеристик. Встановлено, що в цифровій сейсмометрії для визначення похибок нелінійності сейсмометричного каналу слід розглядати нелінійності двох типів: статичну і динамічну. І тому, методика визначення нелінійності полягала у визначенні амплітудних характеристик при постійній вхідній напрузі, а також при максимально можливій зміні вхідної напруги.

Лабораторним експериментом встановлено, що величина статичної нелінійності коефіцієнту передачі електронної частини цифрових сейсмічних каналів, котра визначалася в точках максимальних відхилень від прямої лінії і приверталась до максимуму шкали, знаходилась в межах 0,122 - 0,146 %. Усунення шуму квантування, який для використовуваної мікросхеми АЦП становить 0,0125 %, приводить до величини нелінійності в межах 0,11 - 0,13 % в залежності від каналу.

Проведено аналіз нелінійності електронної частини сейсмометричного каналу, який включає буферні підсилювачі, вхідні підсилювачі, фільтр НЧ Баттерворта, пристрій виборки-зберігання і встановлено, що його нелінійність (похибка) близька до похибки статичної нелінійності мікросхеми АЦП 572ПВ1А і має величину 0,06 - 0,08 %.

Використовуючи аналітичну залежність $U(t) = U_0 e^{-t/\tau RC}$ розряду ємності C на резистор R в часі, експериментальним шляхом встановлено, що сумарна динамічна і статистична похибки в області частоти 20 Гц при максимальних змінах миттєвих значень сигналу, еквівалентні максимальним з виходу сейсмоперетворювача СМ-ЗКВ, становили величину 0,1 %.

Так, як ця величина лежить в межах статичної нелінійності,

то можна вважати, що в побудованому сейсмометричному каналі, завдяки використанню ПВЗ, динамічні похибки незначні, а загальна похибка нелінійності електронної частини до мікросхеми АЦП знаходиться в межах 0,05 - 0,1 %.

На основі лабораторних досліджень, при функціонуванні всіх елементів головного блоку, визначено вплив на динамічний діапазон вимірвального каналу факторів апаратного шуму і міжканальних впливів. Встановлено, що при застосуванні описаної схематехніки і відповідного конструктивного виконання відбувається зменшення динамічного діапазону не більше, ніж на 3 дБ.

Розглянуто питання впливу на метрологічні параметри дрейфу нульової лінії, викликаного зміною температури навколишнього середовища. Показано, виходячи з аналізу лабораторного експерименту, що при використанні пасивного термостатування і розміщення буферних і вхідних підсилювачів у підвалі, де перепад температури становить не більше $\pm 2^{\circ}\text{C}$, а головного блоку в пультовому приміщенні станції, де швидкість зміни температури становить $\pm 10^{\circ}\text{C}$ за добу, досягається величина дрейфу менше одного молодшого розряду, або менше 3 мкВ. Тим самим підтверджується припущення про доцільність побудови сейсмометричного каналу з відкритим входом, що дало б можливість більш ефективно використовувати низькочастотний діапазон сейсмоперетворювачів.

Комплексним аналізом результатів лабораторних досліджень робиться висновок, що в сейсмометричному каналі збільшення розрядності мантию понад 10 - 11 двійкових розрядів не приводить до фактичного збільшення точності, в основному за рахунок сумарної нелінійності на підсилювальних елементах. Збільшення величини числа до значень заданого динамічного діапазону 90 дБ неефективніше досягається за рахунок зросту порядку числа при сталій мантиї.

В четвертому розділі описано методику експериментальних випробувань ЦСС в реальних умовах, для розв'язання наступних питань: дослідження надійності розробленої сейсмометричної апаратури, визначення середньостатистичних амплітудно-частотних особливостей мікросейсмічного фону і техногенних завад, визначення адатності ЦСС реагувати з відповідною точністю сейсмічні коливання від землетрусів при використанні велосигнафу типу СМ-ЗКВ.

Для визначення мінімального часу випробувань T_{\min} - парамет-

ру, який характеризує надійність апаратури, використовувалась залежність:

$$T_{\text{min}} = (4,4 + 1,38 m) N_2 ;$$

де N_2 - мінімально необхідний час безвідмовної роботи;

m - кількість відмов.

При $N_2 = 30$ діб і $m = 10$, мінімальний час випробувань становить 546 діб. Згідно з результатами випробувань за вказаний термін відбулося 4 відмови в роботі апаратури, причому дві з них припадають на вихід з ладу головного блоку станції, а дві решту - на вупинку (затирання) маятника горизонтального сейсмоперетворювача СМ-ЗКВ по причині осідання хрестовидної пружини осі обертання.

Описана методика установки цифрової сейсмічної станції на пункті спостережень. ЦСС була встановлена в сейсмоактивному районі на регіональній геофізичній станції "Тросник" в Закарпатській обл. (географічні координати $\phi = 48^\circ 06'$; $\lambda = 22^\circ 58'$; $n = 120$ м.). Сейсмоперетворювачі і конструктив буферного підсилювача розміщувалися на постаменті в підвалі. Добова зміна температури в підвалі не перевищувала $\pm 2^\circ$ С. Зв'язок буферного підсилювача з головним блоком станції здійснювався по окремих кабелях, котрі виконані по типу "вита пара в екрані". Головний блок ЦСС і ПЕСМ з відповідною периферією встановлені в пультавому приміщенні станції. Антена і радіоприймач винесені в піддашшя. Забезпечення автономності роботи на час до 20 годин здійснювалось за допомогою акумуляторів, котрі вмикалися в буферний режим. Коефіцієнт підсилення електронних вузлів станції $K_{\text{max}} = 1600$.

В розділі подані також результати спостережень за мікросейсмічним шумом. Причому, проводилась диференціація шуму на денний і нічний. Усереднені по тридцятьох записах спектральні характеристики денних і нічних шумів вказують на те, що їх рівень в амплітудно-частотній області заходить в 7-й енергетичний клас для Р-хвиль від землетрусів ближньої зони. Середнє значення амплітуди зміщень ґрунту на частоті 1 Гц і 10 Гц вночі становить $6 \cdot 10^{-2}$ мкм і $1 \cdot 10^{-2}$ мкм відповідно. Для денних шумів на частоті 1 Гц - $12 \cdot 10^{-2}$ мкм, на частоті 10 Гц - $2 \cdot 10^{-2}$ мкм.

На основі отриманих результатів про усереднені амплітудно-частотні характеристики сейсмічного шуму було визначено пороги спрацювання попереднього сейсмоселектора по правилу трьох сигм. Сейсмоселектор в такому випадку настраювався на величину 3σ .

10^{-2} мкм на частоті 1 Гц і $6 \cdot 10^{-2}$ мкм на частоті 10 Гц, що відповідає вмиканню на реєстрацію землетрусів починаючи з 9-го енергетичного класу. Крім того, верхній частотний поріг (кількість перевишень $M_{пер.}$) встановлювався з врахуванням особливостей техногенних завод (руху автотранспорту по двох, близько розташованих, дорогах) для даного пункту спостережень. Амплітуди коливань сигналу в смузі частот 8 - 11 Гц досягають величин 2000 - 3000 значень молодшого розряду, що в перерахунку на зміщення ґрунту відповідає 10-му енергетичному класу. З метою зменшення хибних спрацювань від вібрацій, зумовлених автотранспортом, положення перемикача " $M_{пер.}$ " попереднього сейсмоселектора встановлювалося рівним 7, тим самим звужувалася частотна зона спрацювань. За тривалий час спостережень вибрані найбільш оптимальні положення перемикачів попереднього сейсмоселектора ЦСС для пункту "Тросник", а саме $U_{пор.} = 15$ (300 мкс), $M_{пер.} = 7$, $U_{пер.} = 7$.

Приведено запис зареєстрованого ЦСС сильного землетрусу магнітудою $M = 8$, який відбувся 15-го січня 1993 р. біля островів Японії. Зафіксовані всі основні типи хвиль з хвилями Релея включно. Тривалість цифрового запису становила 42 хвилини. Амплітуда зміщень коливань ґрунту у хвилях Релея становили 464 мкм (190 МЗР) при періоді коливань 13,5 с.

Реєстрація низькочастотних хвиль Релея сейсмоперетворювачем SM-3KB з точністю не гірше 1 % (120 - 130 МЗР) свідчить про ефективність використання запропонованої схемотехніки з відкритим сейсмометричним каналом і попереднього сейсмоселектора для розширення частотного діапазону роботи сейсмоперетворювача. Приведена оцінка реального динамічного діапазону ЦСС на РГС "Тросник" по записах згаданого землетрусу, величина якого визначена по співвідношенню максимальної амплітуди зміщень у хвилях Релея до мінімального порогового зміщення і становить величину 80 дБ, при точності оцифровки амплітуд не гірше, ніж 1 % на одному рівні підсилення. Оскільки в приведеному записі не відбувалося обмеження значень, тому є можливість зареєструвати коливання в 5 разів більші. Розміщуючи ЦСС в пункті з рівнем завод меншим хоча б в 2 рази, ніж на РГС "Тросник", динамічний діапазон реєстрованих коливань з точністю приблизно 1 % становитиме не менше 100 дБ на одному рівні підсилення.

Показана доцільність застосування ЦСС при створенні єдиної сітки сейсмологічних спостережень на Україні, яка обґрунтована

здатністю реєструвати всі основні типи коливань в широкому частотному і динамічному діапазонах з достатньою надійністю при гнучкості конфігурації, завдяки використанню кількох типів інтерфейсів для зв'язку з ЕСМ різного типу, технологічністю і відносно низькою вартістю за рахунок використання в ній запропонованих схемотехнічних рішень і доступної вітчизняної елементної бази.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Розроблена цифрова сейсмічна станція з високою точністю реєстрації сейсмічних коливань в широкому динамічному і частотному діапазонах, яка досягається за рахунок використання наступних особливостей:

- побудови спеціалізованого аналого-цифрового перетворювача сейсмометричного каналу оптимального по точності.
- ефективного розміщення даних в інформаційному слові, яке досягається за рахунок оптимального вибору довжини інформаційного блоку і послідовного розміщення вимірів в блоці без присвоєння номеру каналів.

Розроблений пристрій виділення сигналів точного часу, які передаються радіомовними станціями для корекції по них ходу таймера. Збільшення точності прив'язки до опорної шкали відбувається за рахунок уникнення затримки коректуючого імпульса за допомогою використання обвідного широкосмугового каналу.

Експериментальними дослідженнями підтверджено ефективність використання запропонованого методу визначення амплітудно-частотної характеристики коефіцієнту перетворення, при застосуванні генераторної калібровки в окремих точках і використанні аналітичного виду АЧХ для її побудови у всьому робочому діапазоні.

Вибрані оптимальні параметри спрацювання попереднього селектора при роботі апаратури в очікуючому режимі на пункті спостережень РТС "Тросник", які відповідають рівню сигналів землетрусів дев'ятого енергетичного класу для Р-хвиль ближньої зони. Реєстрація сейсмічних подій нижчих енергетичних класів з точністю ≈ 1 * можлива при зменшенні порогового рівня спрацювань попереднього сейсмоселектора і додатковій програмній селекції зареєстрованих сигналів.

В результаті експериментальних випробувань визначено реальний динамічний діапазон (в перерахунку на зміщення ґрунту), який становить 100 дБ при точності реєстрації амплітуд не гірше 1 *

на одному рівні підсилення.

Основні результати дисертаційної роботи викладені в наступних публікаціях :

1. Бойчук Л.Г., Струк Є.С.. Особенности построений комплексов телеизмерительных систем для геофизических исследований. Вестник Львовского политехнического ин-та. 1980, № 42, с. 34-37.

2. Струк Є.С.. Принципы анализа сейсмологической информации и построения аналого-цифрового преобразователя цифровой сейсмической станции. Материалы 10-й конференция мол. ученых Ин-та прикл. пробл. мех. и матем. АН УССР. ч.1, г. Львов, 15-17 мая 1984 г.

3. Струк Є.С., Бойко Б.Д., Назаревич А.В.. Кварцевые часы с радиокорректором. В сб.: Геофизическая аппаратура. Л., 1985 г. вып. 85.

4. Бойко Б.Д., Струк Є.С., Назаревич А.В.. Установка гарантированного электропитания системы геоакустического контроля. В сб.: Геофизическая аппаратура. Л., 1985 г. вып. 85.

5. Струк Є.С.. Алгоритм оперативной обработки сейсмической информации. Материалы 11-й конф. мол. ученых Ин-та прикл. пробл. мех. и матем. АН УССР, г. Львов, 1986 г.

6. Струк Є.С., Назаревич А.В.. Авт. свид. 1413591 СССР, МКИ С 04 С 11 02, Устройство выделения сигналов точного времени. Открытия. Изобретения. 1988. № 28.

7. Струк Є.С. Авт. свид. 1592829 СССР, МКИ С 04 С 11 02 Устройство выделения сигналов точного времени. Открытия. Изобретения. 1990. № 34.

8. Вербицкий Т.З., Кузнецова В.Г., Максимчук В.Е., Бойко Б.Д., Струк Є.С., Назаревич А.В.. Изучение геодинамических явлений на основе комплексных геофизических исследований. В кн.: Повышение эффективности определения осадок инженерных сооружений в геодинамических исследованиях. Воронеж, 1988, 61-62 с.

9. Вербицкий Т.З., Кузнецова В.Г., Шамотко В.И., Максимчук В.Е., Струк Є.С., Чагинь А.И., Назаревич А.В.. Результаты сейсмопрогностических исследований на территории Закарпатья. В кн.: Прямое землетрясений. Душанбе-Москва, 1988, № 10.

10. Вербицкий Т.З., Бойко Б.Д., Струк Є.С., Назаревич А.В.. Геоакустические и микросейсмические исследования состояния земной коры на Карпатском геодинамическом полигоне. В сб.: Развитие

идей чл.-корр. АН СССР, С.Ф.Саваренского в исследованиях по сейсмологии и сейсмостойкому строительству. М., 1988.

11. Струк Е.С.. Блок службы времени для сейсмографов с видимой записью на теплочувствительной бумаге на основе часов типа Электроника 2-06. В сб.: Геофизическая аппаратура, 1989, вып. 91, 94-97 с..

12. Вербицкий Т.З., Бойко Б.Д., Струк Е.С., Назаревич А.В. Сейсмоакустические исследования на территории Карпатского геодинамического полигона. В кн.: Тезисы докл. Международного симпозиума "Геодезия, сейсмология и прогноз", Ереван, 2 - 6 октября, 1989 г. М., 1989, 52 с.

13. Струк Е.С., Вербицкий Т.З., Бойко Б.Д.. Авт. свид. СССР № 1575146 СССР, МКИ 6 01 v1/24. Устройство для регистрации сейсмической информации. Открытия. Изобретения. 1990, № 24.

14. Струк Е.С., Вербицкий Т.З., Гуль О.С.. Авт. свид. СССР № 1770927 МКИ 6 01 v1/24. Устройство проверки сейсмического канала. Открытия. Изобретения. 1992, № 39.

Підписано до друку 30.08.93р. Формат 60x84/16.
Обем Друку. лхст. Зам. 622. Тир. 100. Безплатно.

Віддруковано офсетним способом
в учбово-експериментальній друкарні Українського
поліграфічного інституту імені Івана Федорова
м. Львів-4, вул. Дичаківська, 3

464/144
УДБ ім. В. Стефанива
АН України

AB 28.466

AB 28.466

БЕЗПЛАТНО.