

CONCEPTS OF SEISMIC DIGITAL INSTRUMENTAL AND METHODOLOGICAL DEVELOPMENT IN THE ELGI

K. POSGAY — G. KORVIN — J. VINCZE*

The *requirements* which brought seismic digital instrumental and methodological development into the foreground are in connection with the increasing difficulties of deep-exploration. The direct tasks are: detailed analysis of thick (4—5 km) clastic Tertiary complexes and penetration below the underlying Preaustrian basin-floor.** The methodological development should, as a by-product, serve the improvement of shallow and ultra-deep (crust, mantle) exploration as well.

Seismogeological difficulties mean, in terms of instrumental parameters, a need for wider dynamic range and a higher degree of accuracy. Seismic digital field equipments are characterized just by the extension of dynamic range, and by greater accuracy.

Let us start with absorption analysis. Fig. 1 shows the absorption coefficients for an Eastern Hungarian area. The values represented by circles are based on pressure measurements in a depth range of 0—40 m. Those represented by triangles are based on seismic well logging data down to a depth of 1550 m (HUANG YEN-HU, 1961). The values for greater depth are extrapolated with the aid of published relevant material (BERSON et al., 1962; ATTEWELL—RAMANA, 1966).

Fig. 2 shows dynamic curves for different depths and frequencies. Solid lines indicate near-shot dynamic ranges, dash-and-dots indicate ones with a 400 m offset. High frequencies are quickly attenuated, therefore their dynamic ranges exceed 180 dB in as small depths as 2—3000 m.

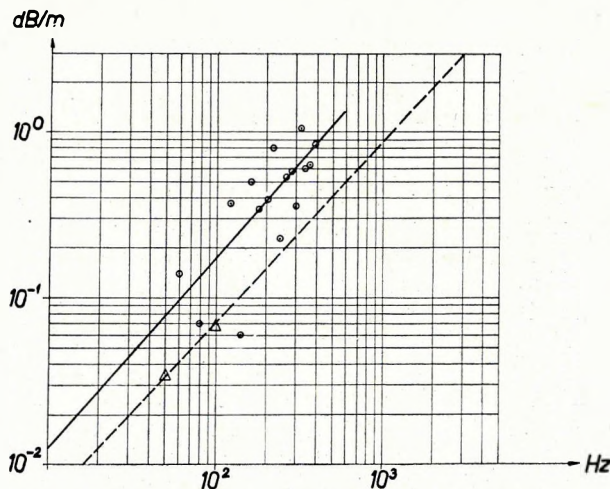


Fig. 1 Absorption coefficient curves
1. ábra. Abszorpciós tényező diagram
Рис. 1. Диаграмма фактора поглощения

Manuscript received: 12. 9. 1970.

* Roland Eötvös Geophysical Institute, Budapest.

** The varying (sedimentary, metamorphic) complex which came into being before the Austrian movements, unconformably underlying the Upper Cretaceous—Tertiary complex.

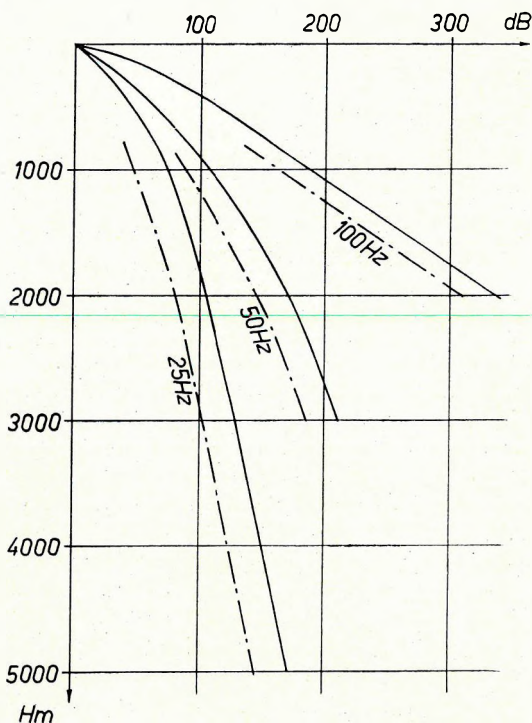


Fig. 2 Energy loss with depth
 2. ábra. Energiacsökkenés a mélység függvényében
 Рис. 2. Снижение энергии в зависимости от глубины

Even the dynamic-range of 25 cps reaches 150–170 dB in a depth of 5000 m.

No general conclusion is suggested from the above-said. In CDP stacking, the first several hundred msec starting sections of the records are neglected anyway. Still the example selected is thought to illustrate the seismogeological background for extending the dynamic range far beyond the analog limits. To utilize an extended range, however, the accuracy of computer-interpretation is indispensable.

Fig. 3 shows the dynamic range of our digital field equipment SDT-1 (ordinate: voltage range, abscissa: gain). The present dynamic range of the AD converter lies between 900 microvolts and 3,6 volts (72 dB). The gain of the pre-amplifier is 30 dB. The present range of the gain-controlled amplifier is 42 dB, but it is going to be extended to 84 dB.

The present "useful" range is 114 dB; this will be increased to 162 dB, depending on the converter development. Then, however, the 48 dB range of the converter overlaps the noise-range of the am-

plifier, at full gain. This range can consequently be utilized with multiple coverages and repeated wave-generation only.

Fig. 4 shows the filter-characteristics of the uppermost 1000 m (solid line). Absorption parameters are identical with those of Fig. 2. The dash-and-dot curve implies the blast-spectrum for usual charges (PEET, 1960). It is clear that the ground cuts off frequencies between 100 and 200 cps steeply: 160 dB/octave. In this frequency range therefore, mainly ambient noise is recorded, whose suppressing by antialiasing filter infers no considerable loss.

The above-said guided the first model of our digital field recording equipment in 1967. A prompt realization required the limitation of the dynamic range to 114 dB, as shown in Fig. 3.

The schematic diagram of the equipment is shown in Fig. 5. The recorder consists of pre-amplifier, binary gain amplifier, multiplexer, AD converter, format and control unit, and digital tape recorder. It is completed by a TEST generator (CU) and radio signal transceiver.

A specially coded automatic after-start shot-command and a likewise coded time-break provide a trouble-free performance and a possible simultaneous operation of different equipments.

The TEST generator, through automatic recording, ensures a stability in identity, dynamics, noise level, etc. This device is of fundamental importance in the geared operations of field-work.

The play-back unit of the equipment contains, besides the conventional subunits, ABGC and AGC units. Field monitors played back through these devices are free from stepwise changes in gain, in favour of analog-accustomed operators.

The equipment underwent its first field test in 1969. It is suitable, besides reflexion measurements, for refraction measurements and deep seismic soundings too.

Our further efforts are directed to attaining more up-to-date techniques (e.g. IC), to a 6 dB increase of the dynamic range of the converter and to a 42 dB increase of that of the BGC (mainly in the range of higher gain).

Full use of digital field recording can be made by digital data-processing and interpretation only. In this respect even digital processing of analog records is

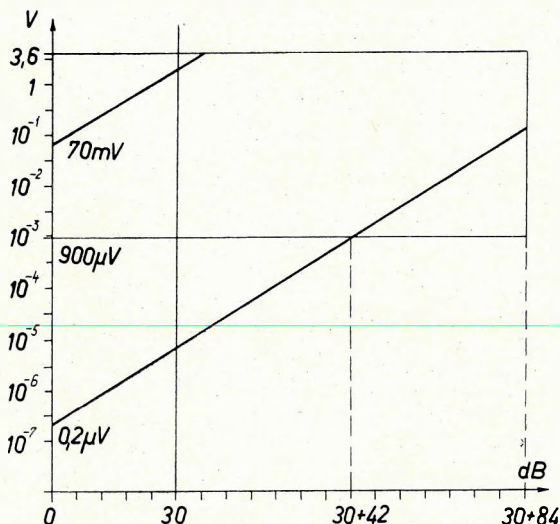


Fig. 3 Dynamics characteristics of the seismic digital field equipment SDT-1

3. ábra. Az SDT-1 terepi digitális szeizmikus berendezés dinamikakaraktisztikája

Рис. 3. Динамическая характеристика полевой цифровой сейсмической станции типа СДТ-1

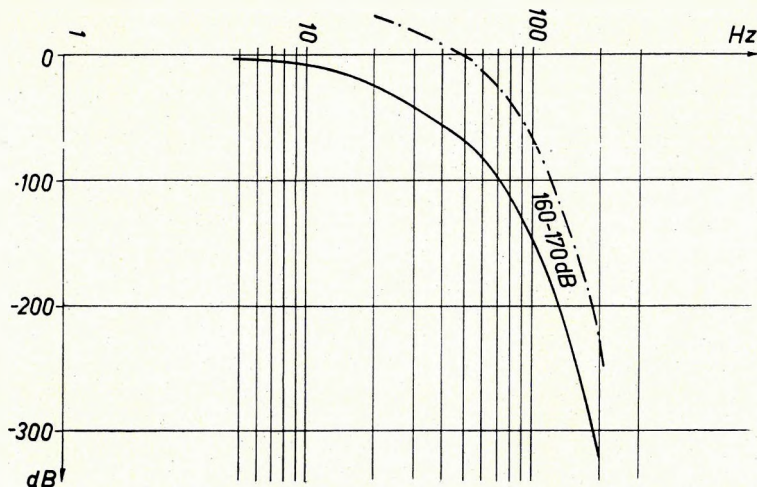


Fig. 4 Filter response of the ground

4. ábra. A talaj szűrőkaraktisztikája

Рис. 4. Фильтрационная характеристика почвы

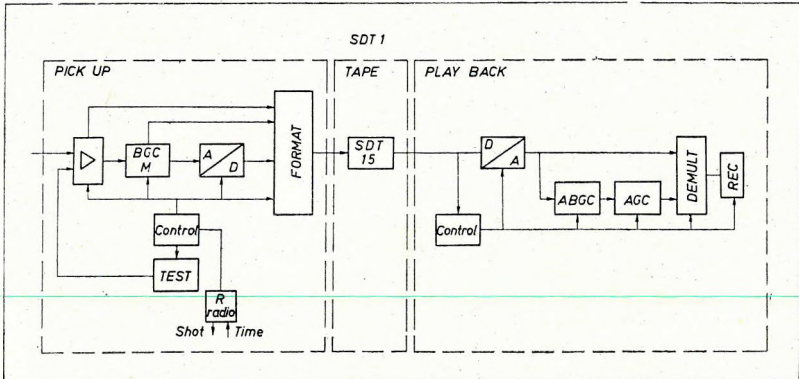


Fig. 5 Schematic diagram of SDT-1

5. ábra. Az SDT-1 tömbvázlata

Рис. 5. Блок-схема станции СДТ-1

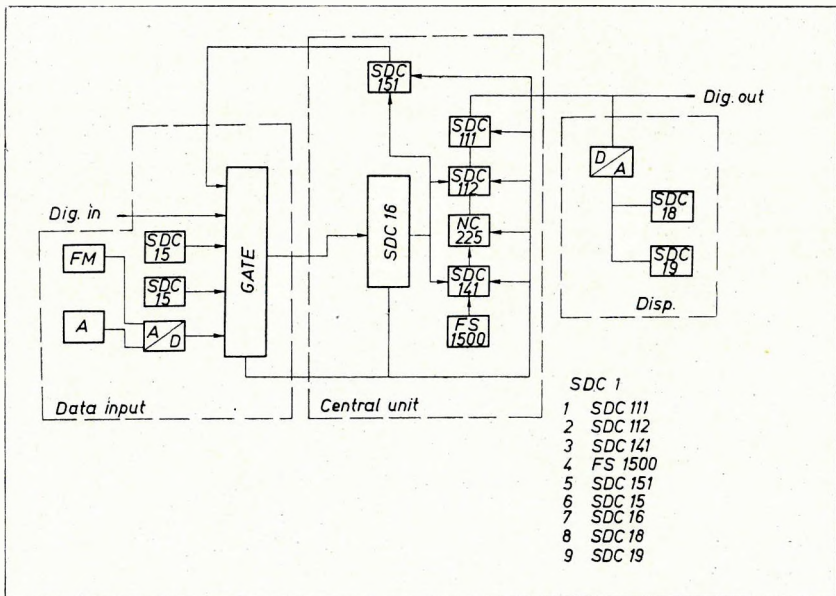


Fig. 6 Schematic diagram of the minicenter SDC-1

1 arithmetical unit, 2 convolver, 3 sorter, 4 punched-tape reader, 5 inner tape memory, 6 digital tape recorder, 7 central control unit, 8 line printer, 9 section plotter

6. ábra. A minicentrum tömbvázlata

1 aritmetikai egység, 2 konvolver, 3 adatrendező egység, 4 lyukszalagolvasó, 5 mágnesszalagos belső memória, 6 digitális mágnesszalagos egység, 7 központi vezérlő egység, 8 vonaliró, 9 szelvényiró

Рис. 6. Блок-схема миницентра

1 арифметическое устройство, 2 конвольвер, 3 редактирующее устройство, 4 устройство считывания с перфолент, 5 запоминающее устройство на магнитной ленте, 6 цифровой магнитофон, 7 управляющее устройство, 8 графопостроитель, 9 плоттер

advantageous on account of the greater flexibility of the digital way (corrections, filterings). By the way, changing from analog to digital way is never abrupt, in the period of their "peaceful co-existence" digital processing of analog records is inevitable.

In view of these considerations was the development of a special seismic digital computer, the so-called *minicenter*, type SDC-1 started, in cooperation with the Central Physical Research Institute (KFKI), likewise in 1967.

The minicenter, besides meeting the demands mentioned, has been designed to ease off the big computer center. Being inexpensive and portable, it can be set up in the field-bases for processing both analog and digital records. Thus, it provides a direct control of field-work, which big centers fail to do.

The schematic diagram of the minicenter is shown in Fig. 6. The incoming data are separated in the central control unit into two kinds of information, namely, of address and of content character. To distinguish informations of address character is significant in the static and dynamic corrections carried out simultaneously with the data input.

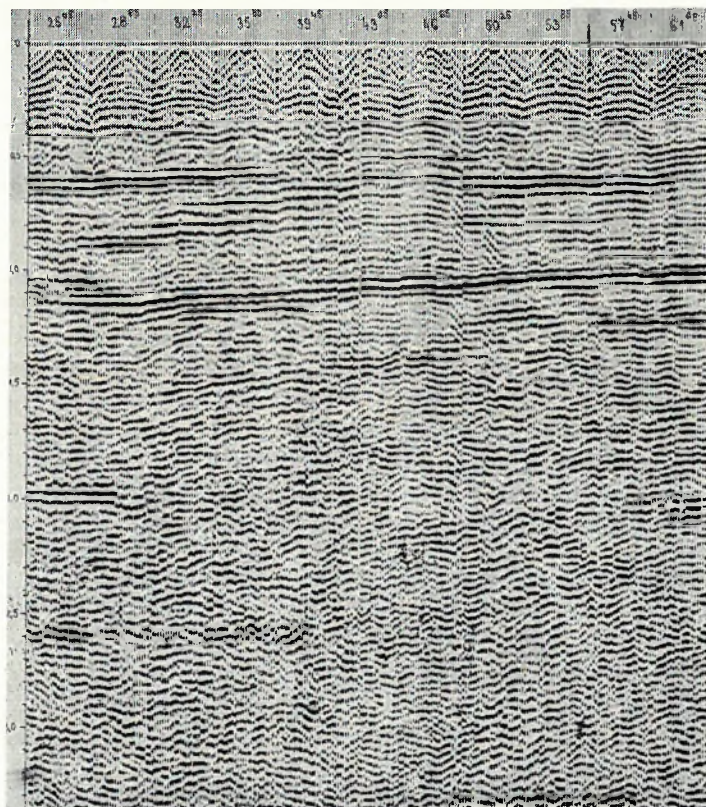


Fig. 7 Variable area section prepared in the minicenter

7. ábra. A minicentrumon készült szelvény

Рис. 7. Разрез, построенный на миницентре

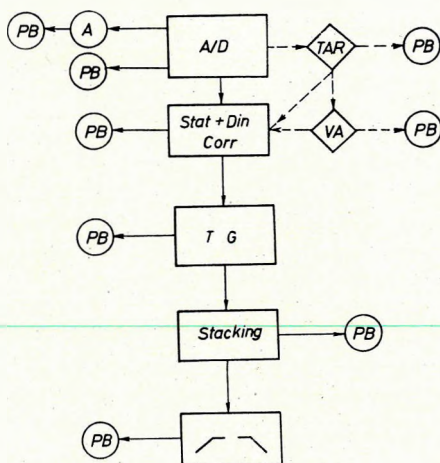


Fig. 8 Schematic diagram of digital processing

S. ábra. Digitális feldolgozás elvi vázlat
 Рус. 8. Принципиальная схема цифровой обработки

The static correction range of the minicenter is 8 sec, the dynamic corrections can arbitrarily be controlled between 1 and 7 sec/sec. The minicenter, in its present form, is suitable to process max. 12-fold stacking material. Digital filtering is possible with a filter-function of max. 128 operators. Auto-correlation, cross-correlation, mixing, etc., can conveniently be carried out. In order to process records prepared with BGC in the field unit, the minicenter is going to be completed by TAR function. It can serve the wants of 4–6 field parties. The operation is of single-channel kind. The final result is a variable area section (Fig. 7).

One way of digital processing is the described minicenter-way. Efforts are, nevertheless, made to prepare processing (Fig. 8) in a big computer center. At present a low-speed computer Minsk-2 is at disposal. Consequently no routine work, only experiments have been made so far

in order to gather experiences to be utilized in the high-speed Minsk-32, under set-up.

A brief review of the steps of processing:

1. To check-up feed-in, analog monitor play-back is made in AD-DA and AD-M2-DA running. Before processing, *stepped sine* signals are fed in to check up dynamics; to check up wiggle trace plotter, different TEST programs are at disposal.

2. The first step of processing is performing the static and dynamic corrections, according to predetermined static correction values, resp. velocity function.

3. In the next step traces are gathered on tape according to the stacking array and played back properly; this is the trace gathering (TG) program.

4. After TG play-back static corrections can be adjusted, reverse or "dead" traces can be recognized and eliminated, replacing them by averages of adjoining traces.

Besides these programs several others are under preparation. Such are e.g.: true amplitude recovery, automatic velocity determination, deconvolution, automatic static correction, velocity filtering, migration, etc.

All these are expected to yield better geological information.

REFERENCES

- ATTEWELL, P. B.—RAMANA, Y. V., 1966: Wave attenuation and internal friction as function of frequency in rocks. Geophysics, Vol. 31.
- BERSON, I. S.—YEPINATYEVA, A. M.—PARIISKAYA, G. N.—STARODUBROVSKAYA, S. P., 1962: Dinamicheskie karakteristiki seismicheskikh voln v realnyh sredah (Dynamic characteristics of seismic waves in real media) Izd. AN SSSR.
- HUANG YEN-HU, 1961: A szeizmikus hullám frekvenciaspektrumának kialakulása a gerjesztés, tovaterjedés és észlelés folyamán. Kandidátusi disszertáció (The formation of the frequency spectrum of seismic waves in course of their generation, propagation and observation. Ph. D. thesis), Budapest.
- PEET, W. E., 1960: A shock wave theory for the generation of the seismic signal around a spherical shot hole. Geoph. Prosp. Vol. 8.

POSGAY KÁROLY — KORVIN GÁBOR — VINCZE JÁNOS

DIGITÁLIS SZEIZMIKUS MŰSZER- ÉS MÓDSZERFEJLESZTÉS
AZ ELGI-BEN

A szeizmika feladatai egyre bonyolultabbak lesznek. Ez szabja meg a fejlődést, és ez hozza előtérbe a digitális műszer- és módszerfejlesztést. A tanulmány a szeizmogeológiai viszonyokból kiindulva elemzi a műszerparamétereiket. A terepi digitális berendezések elsősorban a dinamikartomány kiterjesztésével értek el újszerű eredményeket. Abszorpciós adatokból (1. ábra) számítottuk ki a mélység és frekvencia függvényében várható dinamikaviszonyokat. A nagyobb frekvenciák dinamikartománya — gyors csillapodásuk miatt — már viszonylag kis, 2—3000 m-es mélységeknél is túllépi a 180 dB-es dinamika-határt (2. ábra). A rezgékeltés közelében még a 25 Hz-es rezgések tartománya is eléri — 5000 m kutatási mélységnél — a 150—170 dB-t. A gyakorlatban kisebb dinamikartomány elegendő, mivel a közös mélységpontos összegezésnél a szeizmogramok elején levő többszáz millisec-os nagyenergiájú szakaszt elhanyagoljuk. Az SDT-1 digitális terepi szeizmikus berendezés dinamikajellemzőit a két szempont együttes figyelembevételével alakítottuk ki (3. ábra).

Ugyancsak szeizmogeológiai adottság a talaj szűrőkarakterisztikája. Megállapítottuk, hogy a felső 1000 m-es rétegösszetlet 100 és 200 Hz között már rendkívül meredeken, 160 dB/oktávval vág (4. ábra). Ebben a frekvenciatartományban tehát elsősorban felszíni zajokat regisztrálunk. Ezek kirekesztése antialiasing szűrővel, nem okoz veszteséget.

A számítások alapján kifejlesztett SDT-1 (5. ábra) és a fejlesztés alatt álló SDT-2 berendezés, egyaránt alkalmas reflexiós és refrakciós mérésekre, igen nagy mélységben is.

A berendezés visszajátszó egysége a szokványos megoldásokon túlmenően egy, a bináris erősítésváltozásokat visszaállító ABGC egységet is tartalmaz. Az így kapott ellenőrző szeizmogram vizsgálhatóságát a BGC gyors erősítésváltozásai nem nehezítik.

A továbbfejlesztés célja — összhangban az időközben létrejött és kétoldalú szerződésben rögzített nemzetközi kooperációval — a korszerűbb (integrált áramkörös) technikai kivitel mellett, a konverter és a bináris erősítő dinamikartományának növelése.

Az analóg és digitális felvételek digitális feldolgozására a KFKI-vel közösen alakítottuk ki az SDC-1 „minicentrumot” (6. ábra). A berendezés nagy számítógépek tehermentesítésére és expedíciós bázisokon történő feldolgozásra is alkalmas. Statikus korrekciótartománya 8 sec, a dinamikus korrekció 1—7 sec/sec között tetszőlegesen vezérelhető (7. ábra). Jelenlegi állapotában maximálisan 12-szeres fedésű stacking-anyag feldolgozására alkalmas. A digitális szűrés 128 operátorig végezhető.

A nagyszámítógépes digitális feldolgozás előkészítéjére egy MINSZK-2 gépen végeztünk kísérleteket (8. ábra). A szerzett tapasztalatokat a Földtani Számítógépközpont közeljövőben felállítandó MINSZK-32 gépen kívánjuk felhasználni. Több program használatbavétele folyamatban van. Ilyenek pl.: automatikus sebességhatározás, dekonvolúció, automatikus statikus korrekció, sebességszűrés. Ezekről és a továbbiakban kidolgozandó programokról (pl. migráció) várjuk, hogy a digitálisan kiértékelt kép még tovább tisztuljon, földtanilag még pontosabban és finomabban értelmezhető legyen.

К. ПОШГАЙ — Г. КОРВИН — Й. ВИНЦЕ

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ И МЕТОДИКИ
В ЭЛГИ

Задачи сейсморазведки становятся все более сложными. Это обстоятельство определяет необходимость развития и выдвигает работы по созданию цифровой аппаратуры и методики на передний план. Исходя из сейсмогеологических условий, авторы подвергают анализу параметры цифровой аппаратуры. Полевые цифровые станции достигли новых результатов прежде всего за счет расширения динамики. Условия динамики, ожидаемые в зависимости от глубины и частоты, расчислялись по данным поглощения (рис. 1). Динамический диапазон больших частот — в связи с быстрым затуханием — уже при относительно небольших глубинах порядка 2—3000 м превышает предел динамики, равный 180 дБ (рис. 2). Вблизи возбуждения колебаний даже диапазон колебаний 25 гц достигает 150—180 дБ при глубине исследования, равной 5000 м. В практике достаточно пользоваться меньшим диапазоном динамики, так как при накоплении по методу ОГТ пренебрегается участок высокой энергии в начале сейсмограмм с продолжительностью нескольких сотен миллисекунд. Динамические характеристики цифровой сейсмической станции типа СДТ-1 определялись при учете этих двух условий (рис. 3).

Фильтрационная характеристика почвы также представляет собой заданное сейсмогеологическое условие. Было установлено, что верхняя часть толщи мощностью 1000 м срезают исключительно круто уже между 100 и 200 гц, причем крутизна среза равна 160 дБ за октаву (рис. 4). В этом диапазоне частот регистрируются прежде всего поверхностные волны. Устранение этих шумов при помощи антиальсяного фильтра не приводит к потерям.

Станция СДТ-1 (рис. 5), разработанная в результате расчетов, а также станция СДТ-2, которая в настоящее время разрабатывается, предназначены в одинаковой мере для проведения измерений по методам отраженных и преломленных волн, даже при очень больших глубинах исследования.

Воспроизводящее устройство станции, выходя за пределы стандартных конструкций, содержит блок БАРУ, восстанавливающий изменения бинарного усиления. Проверимость полученных таким путем контрольных сейсмограмм не затрудняется за счет быстрых изменений усиления БРУ.

Целью дальнейшей разработки — в соответствии с договором по двухстороннему сотрудничеству — является расширение динамического диапазона преобразователя и бинарного усилителя при усовершенствовании конструкции (внедрение интегральных схем).

Для цифровой обработки аналоговых и цифровых записей был создан «миницентр» типа СДЦ-1 в сотрудничестве с Центральным физическим исследовательским институтом (КФКИ) (рис. 6). Аппаратура дает возможность разгружать большие вычислительные машины и проводить обработку на базах экспедиций. Диапазон статической поправки составляет 8 сек, и динамическая поправка устанавливается в пределах 1 и 7 сек/сек (рис. 7). В настоящем состоянии миницентр позволяет обработать материалы накопления с максимально 12-кратным перекрытием. Цифровая фильтрация осуществляется до 128 операторов.

Для подготовки цифровой обработки на ЭВМ проводились эксперименты на ЭВМ Минск-2 (рис. 8). Приобретенный опыт будет использоваться на ЭВМ Минск-32, которая будет установлена в близком будущем в Геологическом вычислительном центре. В настоящее время осуществляется внедрение нескольких программ, в том числе: автоматического определения скорости, деконволюции, автоматического введения статической поправки, скоростной фильтрации. Они вместе с программами, которые будут еще разрабатываться (напр. программа миграции), должны способствовать все более ясному и точному геологическому истолкованию результатов цифровой обработки.