

ВЕСТНИК



Кыргызско-Российского
Славянского университета

ISSN 1691-506 X

Векские горы, величавый храм
Помещик, приваженный храм
Во ступи, сии ступица иудейские
И лесной, парадисов храм
и сиротой, баи приобретаете

Александр Пушкин

2006

Том 6, № 7

В Е С Т Н И К
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКОГО
СЛАВЯНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

КЫРГЫЗ РОССИЯ СЛАВЯН
УНИВЕРСИТЕТИНИН
КАБАРЧЫСЫ

Ежеквартальный научный журнал

Учредитель:

Кыргызско-Российский
Славянский университет

Журнал зарегистрирован
Министерством юстиции
Кыргызской Республики.
Свидетельство о регистрации
№ 437 от 16 февраля 2001 г.

Адрес редакции:

720000, Кыргызская Республика,
г. Бишкек, ул. Киевская, 44

тел.: 66 25 67
факс: (996.312) 28 28 59, 28 27 76
E-mail: krsu@krsu.edu.kg

Главный редактор

В. И. Ницадзе

Заместители главного редактора:

К. И. Исаков

Э. О. Карабаев

В. М. Лелевкин (отв. за выпуск)

М. А. Рудов

Члены редколлегии:

В. Б. Гайдимако, А. Г. Зарифьян,

А. О. Орусбаев, В. М. Плоских,

Ю. Д. Суродин, Л. Ч. Сыдыкова,

Л. В. Тарасова, С. Ф. Усманов,

В. А. Юриков, Л. М. Стрельникова
(ответственный секретарь).

В подготовке номера

принимал участие

К. А. Биялиев (перевод на кырг. яз.)



Журнал основан в 2001 году

© КРСУ, 2006 г.

МАЗМУНУ

ГЕОМЕХАНИКА

<i>И.Т. Айтматов.</i> Тоо кендеринин массивинде калдык чыңалуулар талааларынын мыйкиндик вариациялары.....	3
<i>И.Т. Айтматов, К.Т. Тажибаяев, Ф.О. Казакбаева.</i> Моделдөөнүн поляризациялык-оптикалык методунун негизинде тоо кендериндеги калдык чыңалууну изилдөө.....	13
<i>К.Ч. Кожогулов, М.Дж. Джамишбаев, Ю.П. Барбат, Г.Н. Фалалеев.</i> <i>С.Б. Омуралиев.</i> Жаан-чачымдарды инфильтрациялоо боюнча лабораториялык жана талаалык эксперименттердин натыйжына баалоосу.....	19
<i>Б.Ц. Манжиков.</i> Тоо капталдарынын туруктуулугунун статистикалык баалоосу.....	23
<i>К.Т. Тажибаяев, М.С. Акматалиева, Д.К. Тажибаяев.</i> Калдык чыңалууларды аныктоонун ультра тыбыш аркылуу зыктоо ыкмасы.....	30
<i>Г.С. Исаева, З.С. Шамбетов.</i> Акыркы элементтер методу аркылуу грунттун динамикасын жептөө программасы.....	36
<i>Р.Н. Ялымов.</i> Тянь-Шандын бүктөлүп-бүктөлүп жаткан тоо областтарында кендердин массивдеринин чыңалган абалынын геомеханикалык модели.....	41
<i>Б.Э. Эмильбеков, Б.Ц. Манжиков, К. Тилегенов, А.С. Сыдыкова.</i> Токтогул ГЭСинин районунда тоо капталдарынын сезондорго карата деформациялары жөнүндө.....	45
<i>Д.К. Шатмиров, К.Т. Тилегенов.</i> Тоо кендеринин релаксациясы абалында акустикалык эмиссиянын өзгөчөлүктөрү.....	51
<i>Б. Жумабаев, А.А. Аманалиев, Б. Ботаканова.</i> Тоолуу аймакта гидротехникалык туннелдин сейсмикалык жактан чыңалган абалы жөнүндө.....	56
<i>Ф.Ю. Гатаулин.</i> Кыргызстандын бүктөлүп-бүктөлүп жаткан тоо областтарында темир жолдорду долбоорлоп жана куруп жаткан учурда тоо бетинин капчысынан урардын азайтуу боюнча алдын ала иш-чараларды тандоо жана негиздөө.....	60

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Р.Ю. Ернеев.</i> Тик калыу пласттарды иштетүүдө көмүрдүн өзүнөн-өзү күйүшүнүн себебин аныктоо.....	65
<i>Б. Толобекова.</i> Тоо долбоорлорунун динамикалык баалоосунда натыйжалуу иштетилген запастардын санын көбөйтүү.....	68

ГЕОЭКОЛОГИЯ

<i>Ю.Г. Алешин, И.А. Торгоев, Р. Мамырова.</i> Аймакты тоо өндүрүштүк комплекстүү өздөштүрүүдөгү геоэкологиялык тибокөл кытуулар (Майлуу-Суунун мисалында).....	74
---	----

УДК 622.831.32; 624.131.543 (575.2) (04)

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

К.Т. Тажибаев – докт. техн. наук,
М.С. Акматалиева – научн. сотрудник,
Д.К. Тажибаев – научн. сотрудник

On parameters of spreading of different polarizable diametrical ultrasonic waves in isotropic and quasi isotropic solid deformable mediums the directions of residual stresses are determined.

Ультразвуковые методы определения свойств и структуры анизотропных материалов, в том числе горных пород, позволяют получать результаты высокой точности и надежности на малом и большом объеме проб, особенно при акустополаризационных явлениях, сопровождающихся распространением сдвиговых (поперечных) колебаний [1, 2].

В изотропных средах вне зависимости от направления могут распространяться две объемные волны продольных и сдвиговых (поперечных) колебаний. В волне продольных колебаний направления смещения среды совпадает с направлением ее распространения. В волне сдвиговых колебаний смещение среды происходит в направлении, перпендикулярном распространению волны.

В изотропных средах в одном направлении, как правило, наблюдается распространение трех изонормальных объемных волн. Одна из них, имеющая наибольшую скорость распространения, является квазипродольной, две другие – квазисдвиговыми. В квазипродольной волне направление смещения частиц среды может отличаться от направления распространения, а в квазисдвиговых – от нормали к направлению распространения.

Схема прибора для измерения скорости распространения ультразвуковых колебаний и

акустополаризационных характеристик горных пород (акустополарископ) представлена на рис. 1. Точность акустополаризационных измерений зависит от качества сборки и регулировки акустополарископа. Например, при синхронном или одиночном поворотах верхнего и нижнего преобразователей должна соблюдаться строгая параллельность между контактными поверхностями преобразователей. Для проверки соответствия этим требованиям преобразователи смазывают и соединяют, устанавливая груз. Затем их синхронно поворачивают в пределах угла 360° . На отрегулированном акустополарископе отклонение амплитуды не превышает 10%.

Для наших исследований рассматривали три объемные модели изготовленные из оптически активного однородного материала (эпоксидная смола ЭД-6): первая модель не имеет остаточных напряжений (призма: высота – $H=85$ мм, поперечный размер образца №5 – $a=b=50$ мм); вторая модель имеет плоскополяризованное генетическое остаточное напряжение (призма: высота – $H=100$ мм, поперечный размер образца №9 – $a=b=50$ мм); третья модель имеет наведенное термообработкой остаточное напряжение (призма: высота – $H=100$ мм, поперечный размер образца №8 – $a=b=50$ мм). Нами также был исследован

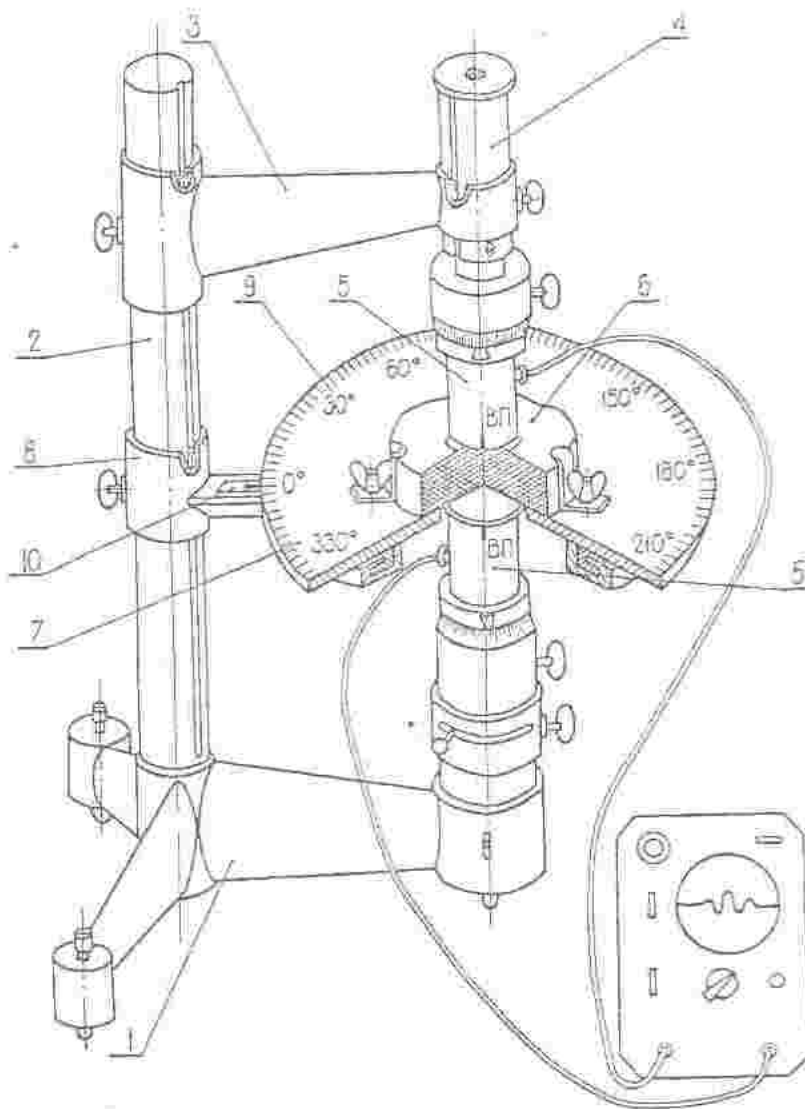


Рис. 1. Конструкция акустополарископа с поворотной платформой: 1 – основание; 2 – стойка; 3 – кронштейн; 4 – подвижный штوك; 5 – преобразователи; 6 – образец; 7 – поворотная платформа; 8 – дополнительный кронштейн; 9 – шкала углов; 10 – указатель.

цилиндрический образец квазиизотропной (не светлой) горной породы Кумторского месторождения (метасамшит, скважина D778, глубина 131 м, диаметр образца 60 мм, высота 156 мм) и образец горной породы месторождения Ингичке (мраморизованный известняк, неоднородный, с прослойками, диаметр цилиндрического образца 60 мм, высота 89 мм).

Установлено, что в однородных моделях остаточные напряжения пропорциональны

разности времени прохождения ортогонально поляризованных поперечных ультразвуковых волн, тогда

$$T_A = T_{\Delta(\text{пр})} - T_{\Delta(\text{пер})} \quad (1)$$

где $T_{\Delta(\text{пр})}$, $T_{\Delta(\text{пер})}$ – соответственно время прохождения поперечной волны через определенную базу при параллельных и скрещенных векторах поляризации излучателя и приемника. В соответствии с этим можно записать

$$\begin{aligned} T_{\Delta(X)} &= X \sigma_{\text{ср}(X)} \frac{\lambda}{fK_T}, \\ T_{\Delta(Y)} &= Y \sigma_{\text{ср}(Y)} \frac{\lambda}{fK_T}, \\ T_{\Delta(Z)} &= Z \sigma_{\text{ср}(Z)} \frac{\lambda}{fK_T}. \end{aligned} \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{ср}(X)}$, $\sigma_{\text{ср}(Y)}$, $\sigma_{\text{ср}(Z)}$ – среднее значение напряжений по направлению и расстоянию X , Y , Z соответственно; λ , f – длина и частота ультразвуковой волны; K_T – коэффициент, имеющий размерность силы.

При прозвучивании поляризованной поперечной волной, путем поворота излучателя и приемника, устанавливались положения вектора поляризации и измерялись время $T_{\Delta(AB)}$,

$T_{\Delta(BC)}$ и скорости прохождения поляризованной поперечной волны для параллельного $Vs(n)$ и скрещенного $Vs(c)$ состояния преобразователей. При этом для каждой стороны AB (I); BC (II); CD (III); DA (IV) поперечного сечения призмы (модели ЭД-6) проводили измерения времени прохождения поляризованной поперечной волны через каждый 30° , начиная от 0° до 360° по часовой стрелке. Отсчет при 0° соответствует перпендикулярному положению к рассматриваемой стороне, например AB (I), а при измерениях в образце 8 (с наведенными остаточными напряжениями) отсчет при 0° соответствует диагонали поперечного сечения призмы из угловой точки, например A .

Для определения направления и знака напряжения (сжимающий –, растягивающий +) путем прозвучивания поляризованной поперечной ультразвуковой волной можно принять следующие правила.

1. Для случая, когда вектор поляризации преобразователей (излучателя и приемника) параллельны (ВП), максимальное значение времени прохождения волны через постоянную базу (при разных углах поворота) соответствует максимальному значению сжимающего напряжения, а минимальное – максимальному значению растягивающего напряжения;

2. Для случая, когда вектор поляризации преобразователей (излучателя и приемника) скрещены (ВС), максимальное значение времени прохождения волны через постоянную

базу (при разных углах поворота) соответствует максимальному значению растягивающего напряжения, а минимальное – максимальному значению сжимающего напряжения.

Результаты определения времени прохождения поляризованных поперечных волн в моделях, не имеющих и имеющих генетические и наведенные остаточные напряжения, а также в образцах горных пород месторождений Кумтор и Ингичке приведены на рис. 2–6.

В пределах моделей, содержащих остаточные напряжения, в рассматриваемых направлениях значения разности (T_Δ) времени прохождения “перпендикулярно” поляризованной (скрещенной) поперечной волны – $T_{\Delta(BC)}$ и “параллельно” поляризованной поперечной волны – $T_{\Delta(AB)}$ изменяются существенно (рис. 3, 4).

Например, линейное изменение разности времени прохождения ортогонально поляризованных волн (T_Δ) связано только наличием во второй модели (образец №5) неоднородных остаточных напряжений, так как в этой однородной, фотоупругой, прозрачной модели нет никаких трещин и выработки (рис. 2). Поэтому указанную разность мы назвали показателем напряженности – dVs (с,п), тогда

$$T_\Delta = T_{\Delta(BC)} - T_{\Delta(AB)}.$$

Результаты первого этапа исследований, когда во всех трех моделях отсутствовали остаточные напряжения, показали, что указанная разность (показатель напряженности) во всех измерениях (в продольном и поперечном направлениях) равно нулю. Это свидетельствует о том, что разность скоростей ортогонально поляризованных поперечных волн действительно отражает механическую напряженность, в данном случае уровень остаточных напряжений среды.

При наличии в пределах модели выработки (пустоты) и отсутствии остаточных напряжений, скорости прохождения параллельно – $Vs(n)$ и перпендикулярно – $Vs(c)$ поляризованных поперечных волн одинаково уменьшаются в направлении напротив выработки (пустоты) и поэтому их разность равна нулю, а при наличии остаточных напряжений данная разность изменяется значительно, причем она может приобретать как положительное, так и отрицательное значение.

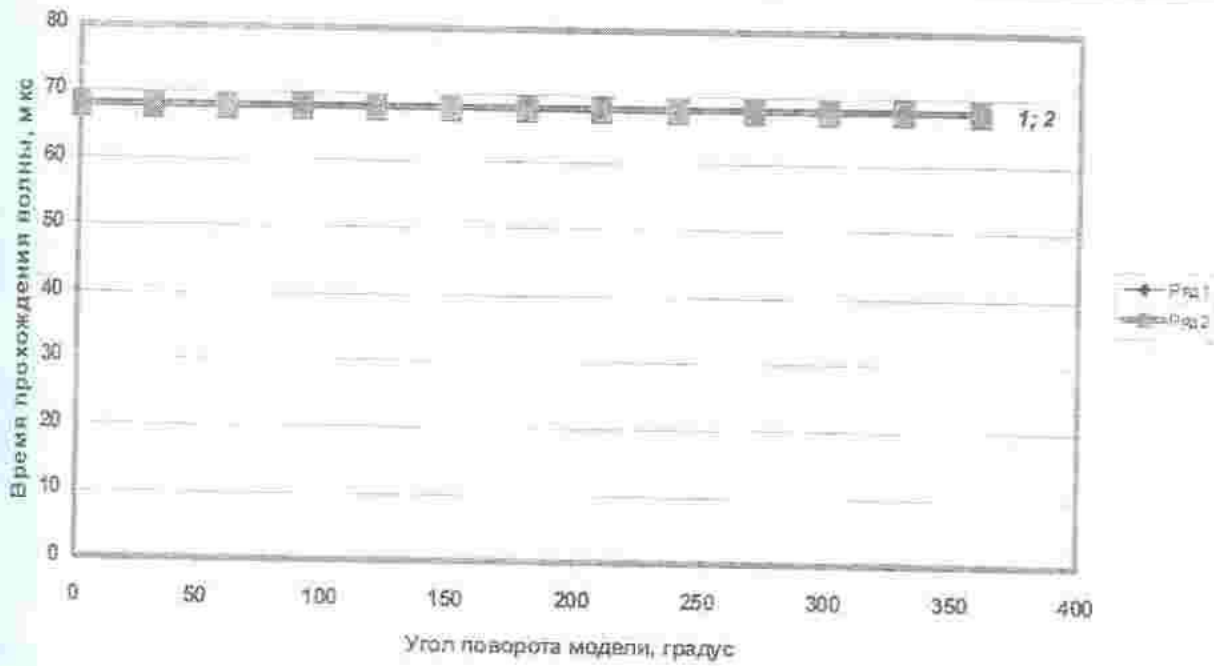


Рис. 2. Зависимости времени прохождения поляризованных поперечных волн (ВП: ВС) от угла поворота модели (призма, ЭД-6, обр. 5, без остаточных напряжений, высота 85 мм, сторона АВ).

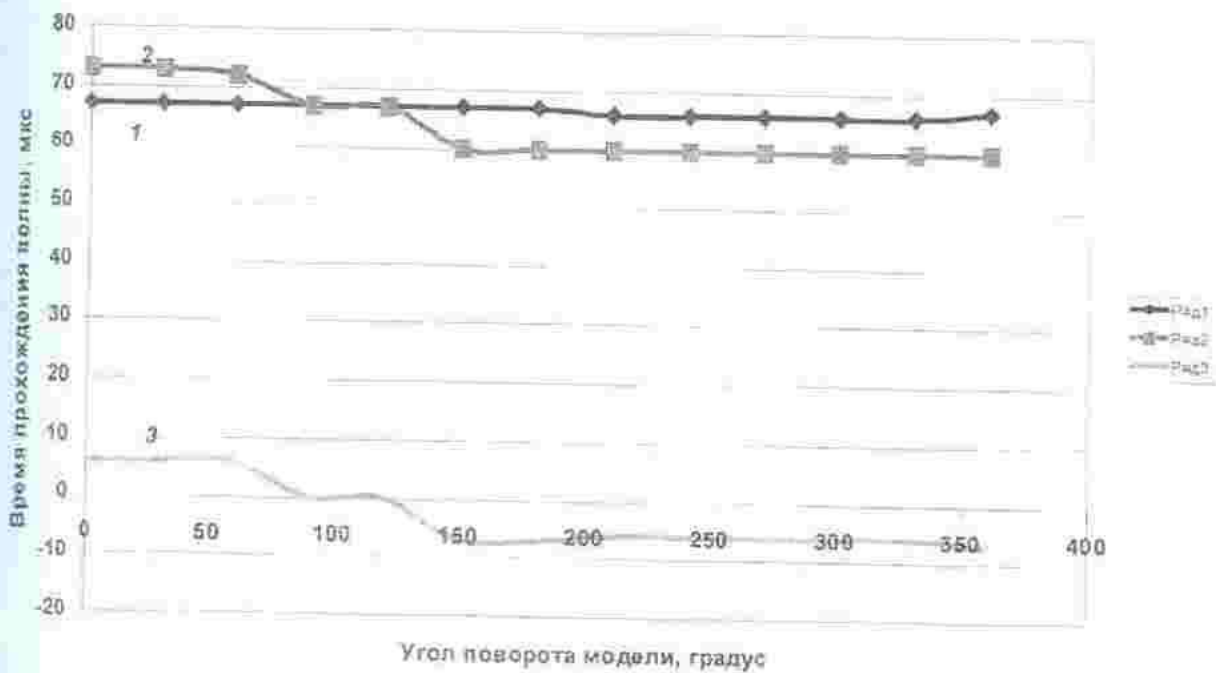


Рис. 3. Зависимости времени прохождения поляризованных поперечных волн (1-ВП; 2-ВС) и их разности (3-Тен) от угла поворота модели (призма, ЭД-6, обр. 9 с несимм. остат. напряж., высота 100 мм, сторона АВ).



Рис. 4. Зависимости времени прохождения поляризованных поперечных волн (1-ВП; 2-ВС) и их разности (3-Т_{рп}) от угла поворота модели (призма, ЭД-6, обр.8 с наведенными остаточн. напряж., высота 100 мм, попер. размеры а=в=50 мм, диагональ D).

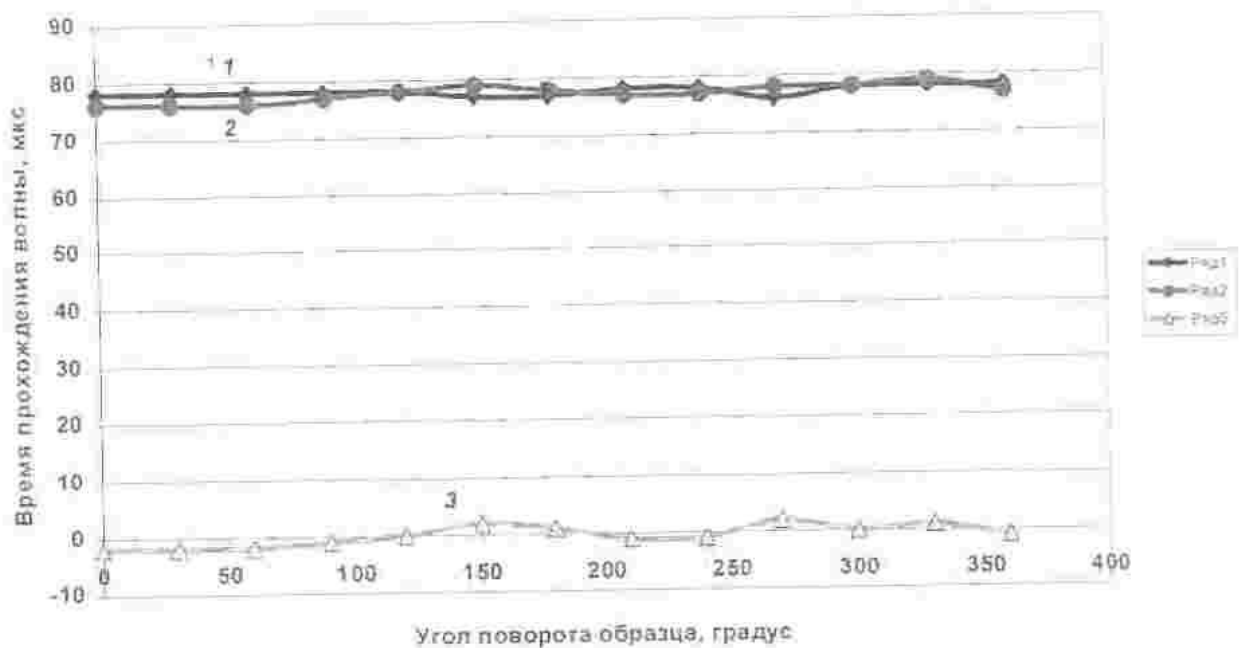


Рис. 5. Зависимости времени прохождения поляризованных поперечных волн (1-ВП; 2-ВС) и их разности (3-Т_{рп}) от угла поворота образца (мраморизованный известняк, Ингичке, обр.3, высота 89 мм, диаметр 60 мм, сторона С, середина).

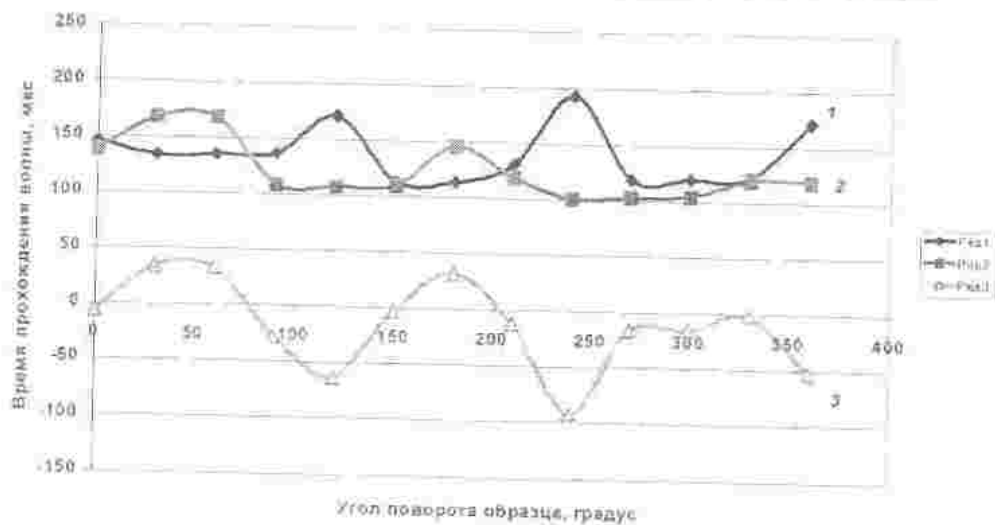


Рис. 6. Зависимости времени прохождения поперечных волн (1-ВП, 2-ВС) и их разности (3-Теп) от угла поворота образца (метаматит, Кумтор, скв. Д778, высота обр. 155 мм, диаметр 60 мм, сторона В).

Следует также отметить, что скорость прохождения поперечной поляризованной волны в значительно меньшей степени изменяется от наличия трещин и пустот (выработок), чем скорость продольной волны.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. По параметрам распространения разнополяризованных поперечных ультразвуковых волн в изотропных и квазиизотропных твердых деформируемых средах можно определять направления остаточных напряжений. В неоднородных и анизотропных твердых средах, при определении их остаточных напряжений, следует учитывать структурные параметры (слоистость, кливаж, трещиноватость).

2. Скорость прохождения продольной ультразвуковой волны более чувствительна к пустотам и трещинам, чем скорость прохождения поляризованных поперечных волн, т.е. в трещиноватых зонах и в зоне пустоты (выработки) скорость продольной волны уменьшается значительно тогда, как скорость поперечной волны уменьшается незначительно.

3. На основании результатов измерений скоростей ортогонально поляризованных (вектор поляризации параллельный $V_s(\pi)$) и скре-

щенный $V_s(c)$ поперечных волн установлено, что разность скорости скрещенной и параллельной волны по заданному единому для обеих волн направлению не зависит от наличия в пути трещин и выработки, а зависит от величины и направления остаточных напряжений.

4. При наличии в пределах модели выработки (пустоты) и отсутствии остаточных напряжений, скорости прохождения параллельно - $V_s(\pi)$ и перпендикулярно - $V_s(c)$ поляризованных поперечных волн одинаково уменьшаются в зоне трещин и выработки (пустоты) и поэтому их разность равно нулю. При наличии остаточных напряжений данная разность изменяется значительно, причем она может приобретать как положительные, так и отрицательные значения.

Литература

1. Горбачевич Ф.Ф. Акустополарископия породообразующих минералов и кристаллических пород - Апатиты: Изд-во Кольск. научн. центра РАН, 2007. - 140 с.
2. Горбачевич Ф.Ф. Акустополаризационные измерения характеристик анизотропии горных пород - Апатиты: Изд-во Кольск. научн. центра РАН, 1985. - 30 с.