

## *Инструкция по эксплуатации*

### **Модель серии 4300**

**Вибрационный струнный тензиометр (EX, VX, NX)**



Никакая часть данной инструкции по эксплуатации никоим образом не может быть воспроизведена без письменного согласия компании Geokon, Inc.

Подразумевается, что информация, содержащаяся в данном документе, является точной и надежной. Тем не менее, компания Geokon, Inc. не несет ответственность за ошибки, упущение и неправильное истолкование. Данная информация может быть изменена без уведомления.

## **Положение о гарантии**

Компания Geokon, Inc. предоставляет гарантию на отсутствие дефектов материалов и производственных дефектов при нормальной эксплуатации устройства в течение 13 месяцев с даты приобретения. В случае неисправности устройства его следует вернуть на завод для проведения экспертизы, стоимость перевозки должна быть оплачена до отправки. После проверки компанией Geokon, если будет установлено, что устройство дефектное, оно будет бесплатно отремонтировано или заменено. Однако, ГАРАНТИЯ считается УТРАТИВШЕЙ СИЛУ, если будут выявлены признаки неправильного использования, или оно было повреждено в результате избыточной коррозии или избыточного тока, тепла, влаги или вибрации, непригодных технических характеристик, неправильного применения или использования, или других условий эксплуатации, находящихся вне контроля компании Geokon. Гарантия не распространяется на компоненты устройства, которые изношены или повреждены в результате неправильного использования. Это относится к предохранителям и батареям.

Компания Geokon выпускает научные приборы, неправильное использование которых может быть опасно. Такие приборы должны устанавливаться и эксплуатироваться только персоналом с надлежащей квалификацией. Других гарантий, кроме указанной в данном документе, не предусмотрено. Также отсутствуют и другие гарантии, выраженные явно или подразумеваемые, в том числе и подразумеваемые гарантии товарного состояния и пригодности для использования по назначению. Компания Geokon не несет ответственность за какие-либо повреждения или ущерб, причиненный другому оборудованию, прямой, косвенный, случайный, специальный или являющийся следствием, который покупатель может понести в результате установки или использования изделия. Единственное средство правовой защиты покупателя за любое нарушение данного соглашения компанией Geokon или нарушение любой гарантии компанией Geokon не должно превышать цену покупки, уплаченную покупателем компании Geokon за изделие или изделия, или оборудование, на которое непосредственно повлияло такое нарушение. Ни при каких обстоятельствах компания Geokon не возместит заявителю претензии потери, понесенные при перемещении и/или повторном монтаже оборудования.

При подготовке инструкций и/или программного обеспечения были предприняты все меры для обеспечения точности, тем не менее, компания Geokon, Inc не несет ответственность ни за какие-либо упущения или ошибки, которые могут появиться, ни за повреждения или ущерб, который появился в результате использования изделия в соответствии с информацией, содержащейся в инструкции по эксплуатации или в программном обеспечении.

## Оглавление

1. Принцип работы.....	3
2. Установка.....	5
2.1. Требования к скважине.....	5
2.2. Предварительные проверки.....	6
2.3. Присоединение узла клин/плита.....	6
2.4. Установка тензиометра (восстанавливаемый тип).....	7
2.5. Восстановление тензиометра.....	9
2.6. Сращивание проводов и распределительные коробки.....	9
3. Считывание показаний.....	11
3.1. Измерительный блок GK-404.....	11
3.2. Измерительный блок GK-405.....	12
3.2.1. Подсоединение датчиков с прилагаемым 10-пиновым соединителем стоечного типа.....	12
3.2.2. Датчики с оголенными выводами.....	12
3.2.3. Эксплуатация устройства GK-405.....	12
3.3. Измерительный блок GK-403 (Устаревшая модель).....	13
3.3.1. Подсоединение датчиков с прилагаемым 10-пиновым соединителем стоечного типа.....	13
3.3.2. Подсоединение датчиков с оголенными выводами.....	13
3.3.3. Эксплуатация устройства GK-403.....	13
3.4. Измерение температуры.....	13
4. Обработка данных.....	14
4.1. Изменение в расчетах напряжения.....	14
4.2. Факторы влияния окружающей среды.....	14
4.3. Коэффициенты чувствительности измерительного устройства.....	15
4.4. Поправки на изменения температуры.....	16
5. Поиск и устранение неисправностей.....	17
Приложение А. Технические характеристики.....	19
А.1 Тензиометр модели 4300.....	19
А.2 Термистор (смотрите также Приложение Б).....	19
Приложение Б. Температурные отклонения термистора.....	20
Приложение В. Изменения двухосного напряжения.....	21
Список литературы:.....	22

# 1. Принцип работы

Вибрационный струнный тензиометр производства компании Geokon в основном предназначен для проведения продолжительных измерений изменений напряжения в скальных породах посредством использования вибрационного струнного датчика, используемого для измерения деформаций толстостенного стального кольца, предварительно помещенного в буровую скважину в сборке с клином и опорной плитой, как показано на Рисунке 1.

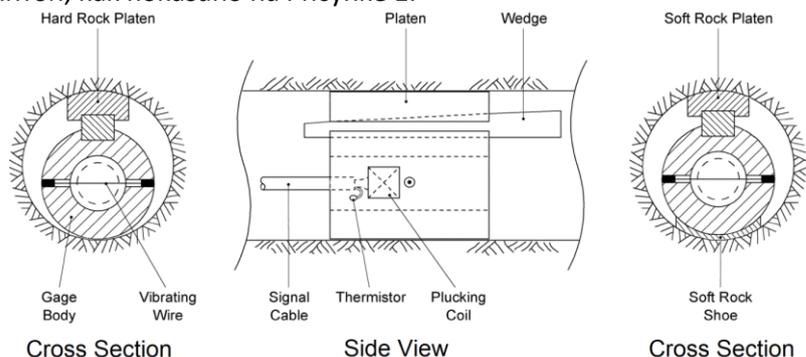


Рисунок 1 – Вибрационный струнный тензиометр

Hard rock platen =	Плита твердых пород	Side view =	Вид сбоку	Thermistor =	Термистор
Platen =	Плита	Gage body =	Корпус измерительного устройства	Plucking coil =	Электромагнитная катушка
Wedge =	Клин	Vibrating wire =	Вибрирующая струна	Soft rock shoe =	Башмак мягкой породы
Soft rock platen =	Плита мягких пород	Signal cable =	Сигнальный кабель	Cross section =	Поперечное сечение

При использовании, изменение напряжения в скальной породе вызывает изменения нагрузки на корпус измерительного устройства, вызывая деформацию корпуса, такая деформация отмечается как изменения напряжения и резонансной частоты вибрации вибрирующей струны. Квадрат частоты вибрации прямо пропорционален изменению диаметра измерительного устройства, и с помощью калибровки, также пропорционален изменению напряжения в скальной породе.

Фактическая калибровка измерительного устройства зависит от множества факторов, включая постоянную упругости основной породы, предварительное напряжение во время установки, ориентацию тензиометра по отношению к основному направлению напряжения в горной породе и площадь контакта плиты. Таким образом, точность показаний измерительного устройства весьма неопределенная, а индицируемая величина напряжения может быть только приблизительной.

Узел катушки и магнита, расположенный вблизи к струне, используется как для возбуждения струны, так и для определения результирующей частоты вибрации. При подсоединении устройства измерения импульс изменяющейся частоты подается на узел катушки и магнита, что заставляет струну вибрировать на ее резонансной частоте. Струна продолжает вибрировать, и сигнал на частоте измерительного устройства индуцируется в воспринимающей катушке и передается на измерительный блок, в котором он обрабатывается и отображается.

В теории, эффективный модуль тензиометра (приблизительно 28 Гпа (4 x 10<sup>6</sup> фунтов на квадратный дюйм) более чем в два раза превышает модуль основной породы, преобразование показаний в изменение давления не требует знания точной величины модуля скальной породы, и это является причиной использования термина тензиометр для данного устройства. Однако, в большинстве скальных пород, и особенно в более твердых породах, модуль необходимо знать для повышения точности измерения напряжения, а приведенные здесь калибровочные кривые дают коэффициент чувствительности для материалов с различными модулями. Следует отметить, что как только модуль

скальной породы изменяется с коэффициентом равным 10, то коэффициент измерительного устройства изменяется только в 2 раза.

Тензиометр представляет собой униаксиальное устройство. Для полной оценки изменений давления в данной плоскости следует установить три тензиометра с ориентацией в 0°, 45° и 90°.

Струна измерительного устройства тензиометра модели Серии 4300 колеблется перпендикулярно направлению, в котором загружен корпус измерительного устройства с целью минимизировать влияние сосредоточенной нагрузки, внецентренной нагрузки, и так далее. Это обеспечивает измерительному устройству очень высокий диапазон, так как при увеличении нагрузки струна натягивается, и струна никогда не ослабевает.

Установка измерительного устройства выполняется посредством вбивания клина между корпусом измерительного устройства и плитой, которая контактирует со стенками скважины. Предварительное нагружение выполняется дальнейшим вбиванием клина с раскрепляющим устройством. В мягких породах для увеличения площади контакта применяется плита мягкой породы и башмак мягкой породы.

Измерительное устройство выполнено из коррозионностойких материалов и должно иметь безграничный срок службы даже в самых суровых условиях.

## 2. Установка

### 2.1. Требования к скважине

Тензиометры предназначены для использования в алмазобуровых скважинах с ровными стенками. Тензиометры могут устанавливаться в скважины, выполненные ударным бурением, и в скважины, выполненные с помощью бура для мягких пород, при условии, что особое внимание уделяется получению надлежащего диаметра скважины с ровными стенками. Если стенки не ровные, это может оказать больше влияние на чувствительность (калибровку) измерительного устройства.

Стандартные конфигурации скважин для каждой из модели приведены ниже:

**Модель 4300EX** предназначена для использования в алмазобуровых скважинах EX диаметром 60 мм, в диапазоне диаметра скважины от 59 мм до 61 мм, при использовании стандартного сборочного узла клин и плита.

**Модель 4300BX** предназначена для использования в алмазобуровых скважинах BX диаметром 38 мм, в диапазоне диаметра скважины от 37 мм до 39 мм, при использовании стандартного сборочного узла клин и плита.

**Модель 4300NX** предназначена для использования в алмазобуровых скважинах NX диаметром 76 мм, в диапазоне диаметра скважины от 75 мм до 77,5 мм, при использовании стандартного сборочного узла клин и плита. Имеются в наличии плиты более крупного размера для скважин более крупного размера. (Более подробную информацию можно получить на заводе).

После бурения скважину следует тщательно очистить посредством промывки водой или продувкой сжатым воздухом. Затем следует проверить диаметр скважины с помощью измерительных устройств GO / NO-GO (проходной калибр/не проходной калибр) следующим образом:

- 1) Прикрутить проходной калибр к секции буровой штанги  $\frac{1}{4}$ " с левой резьбой H-20 с одной стороны, вращая его против часовой стрелки. (Примечание: все вставные концы буровых штанг  $\frac{1}{4}$ " обычно имеют правое резьбовое соединение за исключением первой секции, у которой левая резьба).
- 2) Протолкните проходной калибр в скважину.
- 3) Добавьте секцию  $\frac{1}{4}$ " буровой штанги к узлу, вставляя вставной конец в охватывающую соединительную часть и поверните по часовой стрелке.
- 4) Продолжайте добавлять секции  $\frac{1}{4}$ " буровой штанги, проталкивая измерительное устройство в скважину до тех пор, пока оно не достигнет желаемой глубины установки тензиометра. Если диаметр скважины верный, то проходной калибр будет соответствовать скважине на всем пути к глубине установки тензиометра. Если проходной калибр не соответствует скважине или не доходит до глубины установки, скважина слишком мала.
- 5) Уберите проходной калибр из скважины и открутите его от буровой штанги  $\frac{1}{4}$ ", поворачивая его по часовой стрелке.
- 6) Прикрутите непроходной калибр к буровой штанге  $\frac{1}{4}$ ", вращая его против часовой стрелки.
- 7) Попробуйте протолкнуть непроходной калибр в скважину. При правильном диаметре скважины непроходной калибр не будет соответствовать скважине на предполагаемой глубине установки. Если непроходной калибр соответствует скважине, значит диаметр скважины слишком велик.
- 8) Вытащите непроходной калибр из скважины и открутите его от буровой штанги  $\frac{1}{4}$ ", поворачивая его по часовой стрелке.
- 9) Если скважина не прошла успешно через вышеприведенные тесты, ее следует переделать.
- 10) Повторяйте вышеприведенные процедуры до тех пор, пока скважина не будет иметь правильные размеры.

## 2.2. Предварительные проверки

Перед установкой измерительных устройств выполните предварительную проверку следующим образом:

- 1) Подсоедините измерительное устройство к измерительному блоку (более подробная информация приведена в Разделе 3).
- 2) Снимите показание. Нулевые показания на объекте должны совпадать с заводскими показаниями в пределах нескольких цифр после того, как сделаны поправки на температуру. (Информация о температурных поправках приведена в Разделе 4).
- 3) Проверку целостности электрической цепи можно произвести с помощью омметра. Сопротивление между двумя подводящими проводами (обычно красный и черный) должно быть около 180 Ом для моделей 4300VX и 4300NX, 90 Ом для модели 4300EX. Не забудьте добавить сопротивление кабеля примерно равное 48,5 Ом/км при 20°C. Эту величину надо умножить на 2 чтобы учесть оба направления.
- 4) С помощью омметра проверьте сопротивление между двумя проводами термистора (обычно белый и зеленый). Используя Таблицу 5 в Приложении Б преобразуйте сопротивление в температуру. Сравните полученный результат с окружающей температурой в данный момент.

## 2.3. Присоединение узла клин/плита.

Узлы клин/плита поставляются отдельно. Они скреплены нейлоновым винтом и гайкой. Снимите гайку, а затем используйте нейлоновый винт для подсоединения узла клин/плита к корпусу тензиометра. Установите клин таким образом, чтобы его узкий конец был направлен в том же самом направлении, что и кабель (Рисунок 2 в следующем разделе). Хорошо затяните нейлоновый винт в резьбовом отверстии на корпусе. Не переусердствуйте при этом, чтобы не повредить винт; винт изготовлен из нейлона, то есть он может легко подвергаться деформации после установки.

(Примечание: тензиометры типоразмеров VX и NX используют один и тот же клин. Однако, на клине имеется два отверстия. Отверстие, ближайшее к концу клина предназначено для типоразмера VX, а которое дальше от конца – для NX).

## 2.4. Установка тензиометра (восстанавливаемый тип)

Вставьте тензиометр в раскрепляющее устройство, проталкивая резьбовые нейлоновые штифты на тензиометре в ответные отверстия на головке раскрепляющего устройства. Проталкивайте вперед, прилагая умеренное усилие. Убедитесь, что штифты вставлены полностью и отсутствует зазор между тензиометром и раскрепляющим устройством.

Протащите провода измерительного устройства через щелевое отверстие на посадочной головке.

Подсоедините первую секцию  $\frac{1}{4}$ "-20 с левосторонней резьбой на одном конце к вилкообразному хомуту на тонком конце клина, поворачивая штангу против часовой стрелки.

Прикрепите первую секцию  $\frac{3}{4}$ " установочной штанги к задней части головки раскрепляющего устройства. Протолкните тензиометр в отверстие с помощью установочной штанги. Выступы на соединителях установочной штанги указывают на ориентацию узла клин/плита, например, для того, чтобы снять показания в вертикальном направлении, следует держать эти выступы на верхней части штанги.

По мере проталкивания установочной штанги  $\frac{3}{4}$ " в отверстие добавляйте новые секции штанги, как  $\frac{3}{4}$ " так и  $\frac{1}{4}$ ", до тех пор, пока не достигните заданной глубины. (При осуществлении данной процедуры рекомендуется использовать перчатки для защиты большого пальца во время нажатия на выступы на штанге  $\frac{3}{4}$ ").

Переместите ударный съемник по последней секции штанги  $\frac{1}{4}$ ", затем накрутите промежуточный боек на наружный конец штанги  $\frac{1}{4}$ ". Подсоедините измерительный блок к выводным проводам и снимите начальные показания. (В разделе 3 приведены инструкции по снятию показаний).

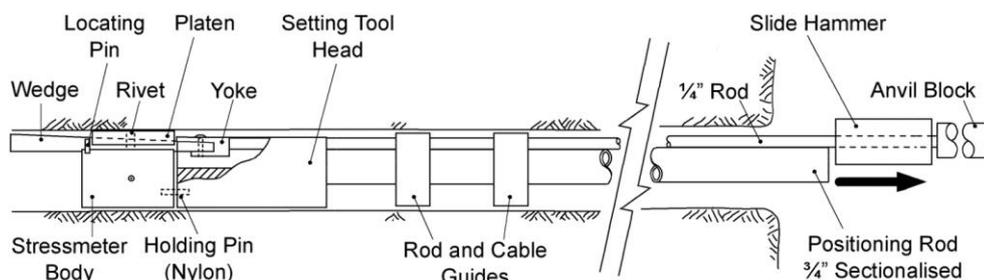


Рисунок 2. Установочный инструмент для вибрационного струнного тензиометра в сборе.

Locating pin =	Направляющий штифт	Platen =	Плита	Setting tool head =	Головка раскрепляющего устройства
Slide hammer =	Ударный съемник	Wedge =	Клин	Rivet =	заклепка
Yoke =	Вилкообразный хомут	Rod =	Буровая штанга	Anvil block =	Промежуточный боек
Stressmeter body =	Корпус тензиометра	Rod and cable guides =	Направляющие штанги и кабеля	Positioning rod $\frac{3}{4}$ " sectionalized	Секционная установочная штанга
Holding pin (nylon) =	Фиксирующие штифт (нейлоновый)				

Надежно удерживая установочную штангу на требуемой глубине и с нужной ориентацией, переместите ударный съемник назад к штанге  $\frac{1}{4}$ ", затем быстро примкните его назад к промежуточному бойку резким ударом. Это срежет заклепку, удерживающую клин у плиты и протянет клин в плиту, тем самым расширяя его по отношению к стенке скважины.

После первого удара снимите показания измерительного блока и наблюдайте изменения в показаниях. Рекомендованные предварительные натяги следующие: для типоразмера EX изменение показания в 2000 знаков на канале F, для типоразмера VX изменение показания в 400 знаков для канала B, для типоразмера NX изменение показания в 200 знаков на канале B. (Примечание: начальные показания тензиометра возможно слегка понизятся через день или два, после надежного расположения

прибора на месте).

Для достижения этого показания используйте так много ударов ударного съемника, сколько необходимо. Прекратите вбивание, когда последовательные удары оказывают слабое влияние на изменение показаний или вообще не оказывают влияния! При достижении заданного показания или, если последовательные удары приводят к слабым изменениям, или не приводят к изменениям вообще, отсоедините штангу ¼” от вилкообразного хомута клина. Вытащите штангу ¼” из отверстия, а затем отсоедините установочное устройство от тензиометра, вытягивая его.

Для множественных установок измерительных устройств в одной скважине проведите выводные провода от более глубоко расположенных измерительных устройств через прорезь на боку головки установочного инструмента.

При необходимости, после установки измерительных устройств и получения окончательных показаний, протолкните выводы назад в скважину и загерметизируйте скважину с помощью анкерного болта или короткого болта (выдвижного стержня). Это воспрепятствует вандализму, если это может иметь место.

## 2.5. Восстановление тензиометра

После тестов тензиометр можно убрать из скважины с помощью установочного инструмента.

Потребуется только более крупные установочные штанги, вместе с головкой установочного инструмента, которая используется для нанесения ударов по внешнему концу клина. Это приведет к вытаскиванию клина из-под плиты и даст возможность вытянуть тензиометр из скважины, используя электрический кабель. Убедитесь, что установочная головка располагается таким образом, что плоская часть передней стороны лежит напротив клина. Весь тензиометр иногда можно извлечь таким образом, то есть клин, плиту и корпус тензиометра.

Для повторного использования тензиометра потребуется новый нейлоновый винт. (В каждую поставку включено несколько запасных нейлоновых винтов). Тем не менее, вполне возможно, что клин и плита будут сдвинуты в скважине, и таким образом, утеряны, поэтому рекомендуется заказать их также в качестве запасных частей.

(Примечание: тензиометры типоразмера VX и NX используют один и тот же клин. Однако, на клине имеется два отверстия. Ближайшее к кончику отверстие предназначено для типоразмера VX; дальнее отверстие предназначено для типоразмера NX).

## 2.6. Сращивание проводов и распределительные коробки

Так как выходной сигнал вибрирующей струны представлен частотой, а не током или напряжением, то изменения сопротивления кабеля оказывают очень слабое влияние на показания измерительного устройства. Поэтому сращивание кабеля не оказывает влияния, и, в некоторых случаях, может быть полезным. Например, если в скважине установлено несколько тензиометров, а расстояние от скважины до клеммной коробки или регистрирующего устройства достаточно большое, можно сделать сращивание (или использовать распределительную коробку) для подсоединения отдельных кабелей к одному из нескольких тензиометров. Этот многожильный кабель затем можно будет протянуть до считывающей станции. Для таких установок рекомендуется, чтобы тензиометр поставлялся с кабелем достаточной длины, чтобы кабель доходил до глубины установки, плюс дополнительный кабель, проходящий через буровое оборудование (штанги, крепление скважины, и так далее).

В качестве кабеля для сращивания следует использовать высококачественный кабель типа витая пара, 100% экранированный с полностью экранированным проводом заземления. При сращивании очень важно, чтобы экранированные провода заземления разветвлялись вместе. Стыковочные пакеты, рекомендуемые компанией Geokon, включают в себя заготовки (формы), которые располагаются вокруг места сращивания кабеля, а затем заполняются эпоксидной смолой, для обеспечения водонепроницаемости соединений. При надлежащем выполнении такой тип сращивания кабеля не

ухудшает прочности и электрических характеристик кабеля. Дополнительные инструкции относительно материалов для сращивания и проведению сращивания кабеля можно получить в компании Geokon. В компании Geokon имеются в наличии распределительные коробки и клеммные коробки для всех типов использования. К тому же, также имеются в наличии портативные считывающие устройства и устройства регистрации данных. В компании Geokon можно получить информацию относительно специфических видов использования этих устройств.

## 3. Считывание показаний

### 3.1. Измерительный блок GK-404

Измерительный блок для считывания показаний с вибрационной струны модели GK-404 представляет собой портативное, переносное устройство с малой потребляемой мощностью, с возможностью непрерывной работы в течении 20 часов от двух батареек типа АА. Устройство предназначено для считывания данных со всех вибрационных струнных измерительных устройств и преобразователей компании Геокон, и устройство может отображать показания в цифровом виде, в частоте (Гц), периодах (пс) или микронапряжениях (мкВ/м).

Блок GK-404 также отображает температуру тензиометра (посредством встроенного термистора) с разрешающей способностью 0,1 °С.

Перед использованием присоедините свободные концы проводов к блоку GK-404, выравнивая красный кружок на серебряном разъеме Lemo свободных проводов с красной линией на верхней части блока GK-404 (Рисунок 3). Вставьте разъем Lemo в блок GK-404 до его фиксации.



Рисунок 3. Разъем Lemo для блока GK-404.

Подсоедините разъемы проводов типа крокодил к проводникам датчика (соответствующего цвета), синий цвет – это экран (без изоляции).

Включите блок, нажав кнопку “ON/OFF” (Вкл/Выкл) на передней панели устройства. На дисплее отобразиться начальный экран.

Примерно через секунду блок GK-404 начнет считывать показания и отображать их в соответствии с настройками клавиш POS (Положение) и MODE (Режим).

На дисплее (слева направо) отображается следующая информация:

- Текущее положение: устанавливается клавишей POS, отображается буквами от А до F.
- Текущие считываемые данные: устанавливается клавишей MODE, отображаются в виде числовых данных, за которым следует единица измерения.
- Температура подсоединенного измерительного устройства в градусах Цельсия.

Используйте клавишу POS для выбора положения В для моделей ВХ и NХ, или положения F для модели ЕХ.

Используйте клавишу MODE для выбора Dg (цифры). (Также можно выбрать и другие функции, как это описано в инструкции для блока GK-404).

Блок GK-404 продолжит снимать измерения и отображать показания до тех пор, пока его не выключат, или вручную, или автоматически (если активирован таймер автоматического выключения Auto-Off). Если показания не отображаются или считывание нестабильное, поищите возможную причину в

разделе 5 «Поиск неисправностей»). Более подробная информация приведена в инструкции для блока GK-404.

### 3.2. Измерительный блок GK-405

Измерительный блок для считывания показаний с вибрационной струны модели GK-405 представляет собой двухкомпонентное устройство: измерительный блок, состоящий из карманного компьютера (работающего под Windows Mobile) и запускающего приложения для работы измерительного блока GK-405 и удаленного модуля, размещаемого в водонепроницаемом кожухе и подсоединенного с помощью кабеля к вибрационному струнному измерительному устройству, показания с которого следует измерить. Обе части блока связаны друг с другом по беспроводной связи. Измерительный блок может работать с подставки (крэдла) удаленного модуля, или, если это более удобно, его можно снять с подставки и работать на удалении до 20 метров от дистанционного модуля.

#### 3.2.1. Подсоединение датчиков с прилагаемым 10-пиновым соединителем стоечного типа

Выровняйте желобки на разъеме датчика (вставляемый) с соответствующим разъемом измерительного блока (разъем охватывающего типа, помеченный датчик или датчик напряжений (sensor или load cell). Протолкните разъем на его место, затем поверните внешнее кольцо вставляемого разъема, пока разъем не зафиксируется на месте.

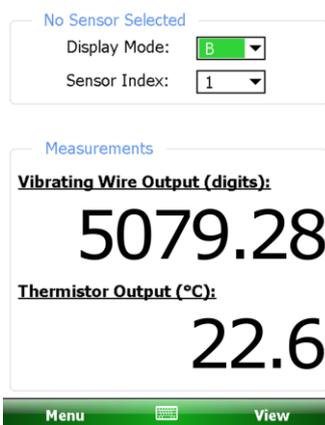
#### 3.2.2. Датчики с оголенными выводами

Подсоедините свободные провода GK-405 к оголенным выводам вибрационного струнного датчика Геокон, присоединив каждый зажим типа крокодил на проводах к проводникам датчика соответствующего цвета, синий цвет – это экран (оголенный).

#### 3.2.3. Эксплуатация устройства GK-405

Нажмите клавишу “POWER ON” (Вкл). Начнет мигать синий индикатор, указывающий на то, что удаленный модуль ожидает соединения с карманным ПК блоком. Запустите программу GK-405 VWRA, нажав на “Start” (Пуск) в главном окне карманного ПК, затем нажав “Programs” (Программы), и затем иконку GK-405 VWRA. Через несколько секунд синий индикатор на удаленном модуле прекратит мигать и станет гореть постоянно. На карманном ПК отобразится окно текущих показаний. Выберите режим В для моделей VX и NX или режим F для моделей EX. На Рисунке 4 показан типовой выходной результат вибрационного струнного датчика в численных величинах и выход термистора в градусах Цельсия в режиме В.

Если показания не отображаются или считывание не стабильное, следует обратиться в Раздел 5 «Поиск и устранение неисправностей». Более подробная информация приведена в инструкции для блока GK-405.



No sensor selected =	Датчик не выбран
Display mode =	Режим дисплея
Sensor index =	Индекс датчика
Measurements =	Измерения
Vibrating wire output (digits) =	Выход вибрационной струны (цифры)
Thermistor output (°C) =	Выход термистора (°C)
Menu =	Меню
View =	Вид

Рисунок 4. Текущие показания – первичные данные

### 3.3. Измерительный блок GK-403 (Устаревшая модель)

Блок GK-403 может сохранять данные показаний измерительного устройства и применять калибровочные множители для преобразования показаний в технические единицы измерений. Ниже приведены инструкции как проводить измерения с измерительного устройства при использовании режима “В”. Более подробная информация приведена в инструкции для блока GK-403.

#### 3.3.1. Подсоединение датчиков с прилагаемым 10-пиновым соединителем стоечного типа

Выровняйте желобки на разъеме датчика (вставляемый) с соответствующим разъемом измерительного блока (разъем охватывающего типа, помеченный датчик или датчик напряжений (sensor или load cell)). Протолкните разъем на его место, затем поверните внешнее кольцо вставляемого разъема, пока разъем на зафиксируется на месте.

#### 3.3.2. Подсоединение датчиков с оголенными выводами

Подсоедините свободные провода GK-403-2 к оголенным выводам вибрационного струнного датчика Геокон, присоединив каждый зажим типа крокодил на проводах к проводникам датчика соответствующего цвета, синий цвет – это экран (оголенный).

#### 3.3.3. Эксплуатация устройства GK-403

- 1). Поставьте селектор дисплея в положение В для моделей VX и NX или в положение F для моделей FX.
- 2). Включите устройство.
- 3). Измерительный блок отобразит выходной сигнал с вибрационного струнного датчика в виде чисел. Последнее значение может изменяться на одну или две цифры во время считывания.
- 4). Считывание данных с термистора будет отображаться в градусах Цельсия над показаниями с датчика.
- 5). Нажмите клавишу “Store” (Сохранить) для того, чтобы записать отображенное значение.

Если показания не отображаются или показания нестабильные, следует обратиться в Раздел 5 «Поиск и устранение неисправностей».

Устройство выключится автоматически примерно через две минуты с целью экономии энергии.

### 3.4. Измерение температуры

Все вибрационные струнные тензиометры оборудованы термистором, который показывает изменение сопротивления при изменении температуры. Белый и зеленый выводы измерительного кабеля обычно подсоединяются к внутреннему термистору.

Измерительный блок считывает данные с термистора и отобразит температуру в градусах Цельсия.

Считывание температуры с использованием омметра: Подсоедините омметр к зеленому и белому выводам термистора, выходящим из тензиометра. (Так как изменения сопротивления при изменении температуры достаточно большие, влияние сопротивления кабеля незначительно. Для длинного кабеля можно применить поправку, равную примерно 48.5 Ом на км при 20°C. Эти фактор надо увеличить в два раза, чтобы учесть оба направления). Посмотрите температуру для измеренного сопротивления в Приложении Б, Таблица 5).

## 4. Обработка данных

### 4.1. Изменение в расчетах напряжения

Для того, чтобы получить изменение в напряжении в любой заданный момент времени применяется следующее уравнение:

$$\sigma = (R_1 - R_0) G$$

#### Уравнение 1 – Изменение напряжения

где;

$\sigma$  = изменение напряжение в фунтах на квадратный дюйм.

$R_0$  = начальное показание после установки измерительного устройства на его место

$R_1$  = показание при последующем напряжении.

$G$  = коэффициент чувствительности, взятый из раздела 4.3.

В Таблице 1 приведены примеры расчетов для различных моделей.

Модель	EX	BX	NX
Начальное отображение показаний ( $R_0$ ) =	10,000	40,000	2,500
Последующее отображение ( $R_1$ ) =	12,000	5,000	3,000
Значения, внесенные в уравнение 1	$\sigma = (12,000 - 10,000) 0.50$	$\sigma = (5,000 - 4,000) 2.5$	$\sigma = (3,000 - 2,500) 6.0$
Изменения в напряжении =			

Таблица 1. Пример вычислений

При использовании измерительного блока GK-403, следует отметить, что GK-403 возбуждает измерительное устройство, измеряет период 255 циклов (или меньше) вибраций измерительного устройства, используя кварцевый генератор 6.144 МГц, и отображает период с разрешением в 0.1 мкс в положении "А". Положения "F" и "B" используются для тензиометра, процессор преобразует показания периодов в единицы частоты в квадрате, что пропорционально напряжению струны, деформации измерительного устройства и прилагаемого напряжения. Показание 10,000 на канале "F" соответствует периоду 316.2 мкс на канале "А".

### 4.2. Факторы влияния окружающей среды

Так как целью установки тензиометра является мониторинг за условиями на данной площадке, то следует наблюдать и регистрировать факторы, которые могут оказать влияние на эти условия. Кажущиеся небольшими эффекты могут оказать реальное влияние на поведение наблюдаемого сооружения, и могут заранее указать на возможные проблемы. Некоторые из этих факторов, но не все, включают в себя: взрывные работы, выпадение осадков, уровни приливов, уровни копания и заполнения и чередования, дорожное движение, изменения температуры и атмосферного давления, изменения персонала, ведение строительных работ поблизости, сезонные изменения, и так далее.

**Uniaxial Sensitivity Factor  $\psi_i$  / Digit**



Digit

R

## Коэффициент чувствительности струнного вибрационного тензиометра модели Geokon Model 4300NX в зависимости от модуля скальной породы

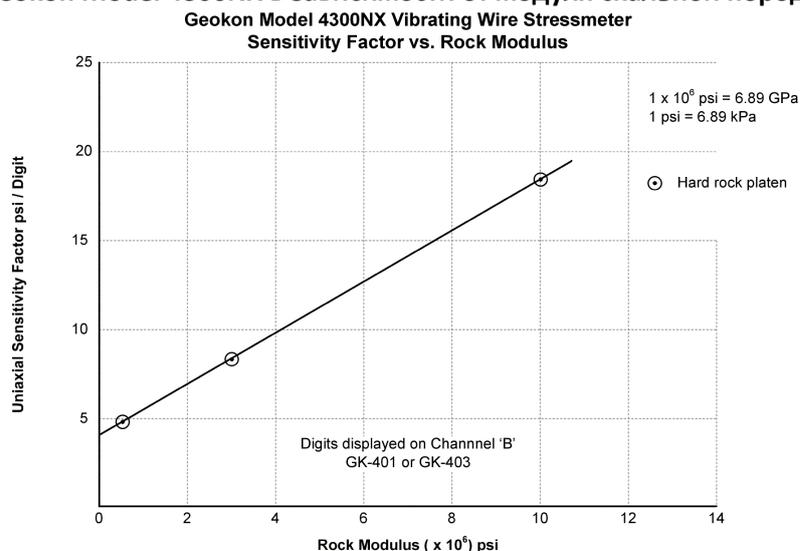


Рисунок 7. Коэффициент чувствительности модели 4300NX в зависимости от модуля скальной породы

Uniaxial sensitivity factor psi/digit =	Одноосевой коэффициент чувствительности	Digits displayed on Channel =	Цифры, отображаемые на канале	Psi = kPa =	Фунт/дюйм <sup>2</sup> кПа
Hard rock platen =	Плита твердой скальной породы	Soft rock platen =	Плита мягкой скальной породы	Rock modulus	Модуль скальной породы

### 4.4. Поправки на изменения температуры

Материал, используемый для изготовления тензиометра, подвержен воздействию изменений температуры окружающей среды. Так как эти измерительные устройства обычно устанавливаются под землей в условиях постоянной температуры окружающей среды, то поправки, как правило, не применяются. Тем не менее, если требуется максимальная точность, или имеет место сильное изменение температуры, то поправки можно применить.

Коэффициент поправки на изменение температуры для считывания показаний измерительного устройства измерительным блоком равны две цифры/°C, что указывает на очевидное уменьшение напряжения в скальной породе с ростом температуры. Поправка напряжения для температуры задается следующим уравнением:

$$\sigma_T = (R_1 - R_0) G + (T_1 - T_0) 2G$$

Уравнение 2 – Температурная поправка

где;

$\sigma_T$  = изменение напряжения, скорректированное на температуру.

$R_0$  = начальное показание после установки измерительного устройства на место.

$R_1$  = показание при последующем напряжении.

$T_0$  = начальная температура, °C

$T_1$  = последующая температура, °C

$G$  = коэффициент чувствительности из раздела 4.3.

Следует отметить, что этот коэффициент поправки на температуру относится к измерительному устройству в свободном поле без ограничивающих факторов. В полевых условиях, когда измерительное устройство надежно располагается в скважине, температурная чувствительность измерительного устройства также зависит от взаимодействия измерительного устройства с скальной породой, и эта взаимосвязь весьма сложная и лежит вне пределов данной инструкции. Для точного определения тепловых характеристик измерительного устройства потребуется калибровка.

## 5. Поиск и устранение неисправностей

Техническое обслуживание и поиск и устранение неисправностей тензиометра сводятся к периодической проверке кабельных соединений и технического обслуживания контактов и разъемов. Установочные штанги должны быть чистыми, а механизм кнопок следует держать слегка смазанным.

После установки, измерительные устройства обычно находятся вне зоны доступа, и ремонтные действия поэтому весьма ограничены. При появлении проблем, обратитесь к нижеследующему перечню неисправностей и возможным методам их устранения. Верните любое неисправное измерительное устройство на завод. Измерительные устройства не должны вскрываться в полевых условиях. Дополнительную поддержку и помощь в поиске и устранении неисправностей можно получить, обратившись в компанию Geokon.

### ***Симптом: Сопротивление термистора слишком высокое:***

- ✓ Возможно цепь разорвана. Проверьте все соединения, контакты и разъемы. Если разрыв в кабеле, выполните сращивание кабеля в соответствии с инструкциями в разделе 2.6.

### ***Симптом: Сопротивление термистора слишком низкое:***

- ✓ Возможно имеет место закорачивание. Проверьте все соединения, контакты и разъемы. Если коротит в кабеле, выполните сращивание кабеля в соответствии с инструкциями в разделе 2.6.
- ✓ Возможно вода попала внутрь тензиометра. В данном случае нет методов устранения неисправности.

### ***Симптом: Показания прибора не стабильны:***

- ✓ Правильно ли установлен положение измерительного блока? При использовании регистратора данных для автоматической записи, правильны ли настройки возбуждения качающейся частотой?
- ✓ Не находится ли вблизи источник электрических помех? Возможные такие источники включают в себя: генераторы, двигатели, сварочное оборудование, высоковольтные линии, и так далее. Если имеют место такие источники, то передвиньте кабель прибора подальше от силовых линий и электрического оборудования, или установите систему электронной фильтрации.
- ✓ Убедитесь, что экранированный провод заземления заземлен. Подсоедините экранированный провод заземления к измерительному блоку используя синий разъем типа крокодил (зеленый для модели GK-401).
- ✓ Работает ли измерительный блок с другим измерительным устройством? Если нет. Возможно сели батарейки или возможно он неисправен.

### ***Симптом: Прибор не считывает данные:***

- ✓ Поврежден ли кабель? Проверьте сопротивление кабеля, подсоединив омметр к выводам измерительного устройства. В таблице 2 приведены ожидаемые значения сопротивления для различных комбинаций проводов; Таблице 3 предоставлена пользователям для записи наблюдаемых значений. Сопротивление кабеля примерно 14.7 Ом на 1000 футов провода 22 AWG (эту величину надо умножить на 2, чтобы учесть оба направления).
- ✓ Если сопротивление очень высокое или бесконечное (Мом), то кабель возможно поврежден или перерезан. Если сопротивление очень низкое (<20 Ом), то возможно закорочены выводы измерительного устройства. Если имеет место обрыв или закорачивание кабеля, то следует провести сращивание кабеля согласно инструкциям, приведенным в разделе 2.6. Если нет, то возможно сели батарейки или имеет место неисправность.
- ✓ Работает ли измерительный блок или регистратор данных с другим измерительным устройством?

<b>Сетка расположения выводов струнного вибрационного датчика – Выборочные Значения</b>					
	<b>Красный</b>	<b>Черный</b>	<b>Белый</b>	<b>Зеленый</b>	<b>Экран</b>
<b>Красный</b>	Нет данных	VX и NX= 1800 EX =900	бесконечный	бесконечный	бесконечный
<b>Черный</b>	VX и NX= 1800 EX =900	Нет данных	бесконечный	бесконечный	бесконечный
<b>Белый</b>	бесконечный	бесконечный	Нет данных	30000 при 25°C	бесконечный
<b>Зеленый</b>	бесконечный	бесконечный	30000 при 25°C	Нет данных	бесконечный
<b>Экран</b>	бесконечный	бесконечный	бесконечный	бесконечный	Нет данных

Таблица 2. Сопротивление образца

<b>Сетка расположения выводов струнного вибрационного датчика – Наименование датчика/№</b>					
	<b>Красный</b>	<b>Черный</b>	<b>Белый</b>	<b>Зеленый</b>	<b>Экран</b>
<b>Красный</b>					
<b>Черный</b>					
<b>Белый</b>					
<b>Зеленый</b>					
<b>Экран</b>					

Таблица 3. Рабочая таблица данных о сопротивлении

## Приложение А. Технические характеристики

### А.1 Тензиометр модели 4300

Модель	ЕХ	ВХ	НХ
Номинальный диапазон <sup>1</sup>	35 - 100 МПа (5,000 – 15,000 фунт/дюйм <sup>2</sup> )		
Разрешающая способность Кпа (ф/д <sup>2</sup> )	2 - 7 (0.25 - 1)	10 - 30 (1.5 - 4)	35 - 140 (5 - 20)
Точность <sup>2</sup>	±20 %		
Рабочая температура <sup>3</sup>	от -20 до +80 °С		
Температурное смещение нуля %	0.02% F.S./°С	0.04% F.S./°С	0.04% F.S./°С
Диапазон резонансных частот	3,000 – 5,000 Гц	2,000 – 3,500 Гц	1,500 – 2,500 Гц
Дина, мм (дюйм)	44 (1.75)	70 (2.75)	76 (3.0)
Внешний диаметр, мм (дюйм)	29 (1.125)	48 (1.875)	64 (2.50)
Внутренний диаметр, мм (дюйм)	13 (0.5)	22 (0.875)	32 (1.25)
Вес, кг, (фунт)	0.45 (1)	0.9 (2)	1.4 (3)
Диаметр скважины, мм (дюйм)	38 (1.485)	60 (2.36)	76 (2.98)
Материал измерительного устройства	Нержавеющая сталь		
Кабель	Двухжильный или четырехжильный, размер 22, экранированный, ПВХ-оболочка, диаметр 5 или 6 мм		

F.S. = полная шкала

Таблица 4. Технические характеристики

Примечания:

<sup>1</sup> Зависит от модуля скальной породы

<sup>2</sup> Точность в большой степени зависит от шероховатости стенок скважины, жесткости измерительного устройства, и степени, с которой плиты располагаются на окружающей материале, тем самым увеличивая площадь контакта. Так же точность зависит от точности, с которой известна величина постоянной упругости скальной породы.

<sup>3</sup> В наличии имеются версии, рассчитанные для работы в условиях высоких температур (от -20°С до 200°С).

### А.2 Термистор (смотрите также Приложение Б)

Диапазон: от -80 °С до +150 °С

Точность: ±0.5 °С

## Приложение Б. Температурные отклонения термистора

Тип термистора: YSI 44005, Dale #1C3001-B3, Alpha #13A3001-B3

Сопротивление к уравнению температуры:

$$T = \frac{1}{A+B(\ln R)+C(\ln R)^3} - 273.15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**Уравнение 3 – Сопротивление к температуре**

Где:

T = температура в °C.

LnR = натуральный Log сопротивления термистора

A = 1.4051 x 10<sup>-3</sup>

B = 2.369 x 10<sup>-4</sup>

C = 1.019 x 10<sup>-7</sup>

Примечание: Коэффициенты рассчитаны для диапазона от -50 до +150° C.

Ом	Темп.	Ом	Темп.	Ом	Темп.	Ом	Темп.	Ом	Темп.
201.1K	-50	16.60K	-10	2417	+30	525.4	+70	153.2	+110
187.3K	-49	15.72K	-9	2317	31	507.8	71	149.0	111
174.5K	-48	14.90K	-8	2221	32	490.9	72	145.0	112
162.7K	-47	14.12K	-7	2130	33	474.7	73	141.1	113
151.7K	-46	13.39K	-6	2042	34	459.0	74	137.2	114
141.6K	-45	12.70K	-5	1959	35	444.0	75	133.6	115
132.2K	-44	12.05K	-4	1880	36	429.5	76	130.0	116
123.5K	-43	11.44K	-3	1805	37	415.6	77	126.5	117
115.4K	-42	10.86K	-2	1733	38	402.2	78	123.2	118
107.9K	-41	10.31K	-1	1664	39	389.3	79	119.9	119
101.0K	-40	9796	0	1598	40	376.9	80	116.8	120
94.48K	-39	9310	+1	1535	41	364.9	81	113.8	121
88.46K	-38	8851	2	1475	42	353.4	82	110.8	122
82.87K	-37	8417	3	1418	43	342.2	83	107.9	123
77.66K	-36	8006	4	1363	44	331.5	84	105.2	124
72.81K	-35	7618	5	1310	45	321.2	85	102.5	125
68.30K	-34	7252	6	1260	46	311.3	86	99.9	126
64.09K	-33	6905	7	1212	47	301.7	87	97.3	127
60.17K	-32	6576	8	1167	48	292.4	88	94.9	128
56.51K	-31	6265	9	1123	49	283.5	89	92.5	129
53.10K	-30	5971	10	1081	50	274.9	90	90.2	130
49.91K	-29	5692	11	1040	51	266.6	91	87.9	131
46.94K	-28	5427	12	1002	52	258.6	92	85.7	132
44.16K	-27	5177	13	965.0	53	250.9	93	83.6	133
41.56K	-26	4939	14	929.6	54	243.4	94	81.6	134
39.13K	-25	4714	15	895.8	55	236.2	95	79.6	135
36.86K	-24	4500	16	863.3	56	229.3	96	77.6	136
34.73K	-23	4297	17	832.2	57	222.6	97	75.8	137
32.74K	-22	4105	18	802.3	58	216.1	98	73.9	138
30.87K	-21	3922	19	773.7	59	209.8	99	72.2	139
29.13K	-20	3748	20	746.3	60	203.8	100	70.4	140
27.49K	-19	3583	21	719.9	61	197.9	101	68.8	141
25.95K	-18	3426	22	694.7	62	192.2	102	67.1	142
24.51K	-17	3277	23	670.4	63	186.8	103	65.5	143
23.16K	-16	3135	24	647.1	64	181.5	104	64.0	144
21.89K	-15	3000	25	624.7	65	176.4	105	62.5	145
20.70K	-14	2872	26	603.3	66	171.4	106	61.1	146
19.58K	-13	2750	27	582.6	67	166.7	107	59.6	147
18.52K	-12	2633	28	562.8	68	162.0	108	58.3	148
17.53K	-11	2523	29	543.7	69	157.6	109	56.8	149
								55.6	150

Таблица 5 – Сопротивление термистора в зависимости от температуры

## Приложение В. Изменения двухосного напряжения

Взаимосвязь между радиальной деформацией скважины,  $U$ , и двумя основными напряжениями в плоскости скважины была определена Хастом (Hast, 1958) и Мерриллом и Петерсоном (Merrill, Peterson, 1961). Уравнение для плоскости выглядит следующим образом:

$$U = d/E_r [(\sigma_1 + \sigma_2) + 2 (\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2 \theta]$$

Уравнение 4 – Двухосное напряжение

где:

$\sigma_1$  и  $\sigma_2$  являются основными напряжениями в плоскости скважины.

$\theta$  – угол, измеренный в направлении против часовой стрелки от направления  $\sigma_1$ .

$d$  – диаметр скважины.

$E_r$  – модуль нормальной упругости скальной породы.

Если предположить, что напряжение, измеренное через тензиометр, пропорционально радиальной деформации, которая имела бы место в этом направлении в случае отсутствия тензиометра, тогда член  $d/E_r$  в этом уравнении можно заменить на член, отражающий связь между модулем скальной породы и модулем измерительного устройства. Хаст (Hast, 1958) показал, что это применимо для униаксиального тензиометра.

Для измерения напряжения  $\sigma_R$  в любом направлении ( $\theta$ ) применяется нижеследующее уравнение.

(Примечание:  $\theta$  измеряется в направлении против часовой стрелки от  $\sigma_1$ ).

$$\sigma_R = 1/3 (\sigma_1 + \sigma_2) + 2/3 (\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2 \theta$$

Уравнение 5 – Напряжение в любом направлении

Используя это взаимоотношение и три измерения изменения униаксиального напряжения под углом  $45^\circ$  друг к другу, вторичные основные напряжения  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  и угол ( $\theta$ ) задаются следующими выражениями:

$$\sigma_1 = 3/2 a + 3/4 b$$

$$\sigma_2 = 3/2 a - 3/4 b$$

$$\theta = 1/2 \sin^{-1} ((a - \sigma_{45})/b)$$

Уравнение 6 – Вторичные основные напряжения и угол

где:

$$a = \sigma_0 + \sigma_{90}/2$$

$$b = [(\sigma_{45} - a)^2 + (\sigma_0 - a)^2]^{1/2}$$

Для определения углов  $\theta$  необходимо определить в каком квадранте лежит находится угол. Для этого используются следующие неравенства:

Если  $\sigma_{45} \leq a$  и  $\sigma_0 \geq 90$ , то  $0 \leq \theta \leq 45^\circ$

Если  $\sigma_{45} \leq a$  и  $\sigma_0 \leq 90$ , то  $45^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$

Если  $\sigma_{45} \geq a$  и  $\sigma_0 \leq 90$ , то  $90^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

Если  $\sigma_{45} \geq a$  и  $\sigma_0 \geq 90$ , то  $135^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$

Примечание:  $\theta$  измеряется в направлении по часовой стрелке для  $\sigma_0$  (и против часовой стрелки для  $\sigma_1$ ).

### Пример:

В скважине установлены три измерительных устройства. Первое под углом  $0^\circ$  ( $\sigma_0$ ), второе под углом  $45^\circ$  ( $\sigma_{45}$ ) и третье под углом  $90^\circ$  ( $\sigma_{90}$ ), измеренные против часовой стрелки от 0. Изменения униаксиального напряжения для каждого измерительного устройства определяются изменением показаний, умноженных на калибровочный коэффициент. Замените постоянные в уравнениях для того, чтобы получить величину (абсолютную) изменений двух вторичных основных напряжений  $\sigma_1$  относительно  $0^\circ$ .

Изменение напряжения:

Измерительное устройство 1,  $\sigma_0 = 600$  фунт/дюйм<sup>2</sup>

Измерительное устройство 2,  $\sigma_{45} = 800$  фунт/дюйм<sup>2</sup>

Измерительное устройство 2,  $\sigma_{90} = 300$  фунт/дюйм<sup>2</sup>

Вычисление значений постоянных a и b:

$$a = \sigma_0 + \sigma_{90}/2 = 600 + 300/2 = 450$$

$$b = [(\sigma_{45} - a)^2 + (\sigma_0 - a)^2]^{1/2} = [(800 - 450)^2 + (600 - 450)^2]^{1/2} = 380.79$$

$$\sigma_1 = 3/2a + 3/4b = 3 \times 450/2 + 3 \times 380.79/4 = 960.59 \text{ фунт/дюйм}^2$$

$$\sigma_2 = 3/2a - 3/4b = 3 \times 450/2 - 3 \times 380.79/4 = 389.41 \text{ фунт/дюйм}^2$$

$$\sin 2\theta = -0.92$$

$$\theta = 33.40^\circ$$

$\sigma_1$  Направление: так как  $\sigma_{45} > a$  и  $\sigma_0 > \sigma_{90}$ , то  $135 < \theta < 180^\circ$ . Поэтому,  $\theta = 180 - 33.40 = 146.6^\circ$ . Это было измерено по направлению часовой стрелки от  $\sigma_0$ .

### Список литературы:

Hast, N.; THE MEASUREMENT OF ROCK PRESSURE IN MINES (Измерение давления скальных пород в шахтах); Sveriges Geologiska Undersokning, Arsbok 52, Series C, 3. 1958.

Merrill, R.H. and Peterson, J.R.; DEFORMATION OF A BORE HOLE IN ROCK (Деформация скважины в скальной породе); U.S. Bureau of Mines, RI 5881.