

Инструкция по эксплуатации

Модель серии 4900

Вибрационный струнный датчик напряжений (ячейка)



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.

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. Введение	4
1.2. Конструкция датчика напряжения (ячейки)	6
1.2.1 Деформация опорных плит и конструкция опорных плит	7
1.2.2. Трение между опорной плитой и датчиком напряжения	7
1.2.4. Упругие свойства	8
1.2.5. Влияние температуры	8
2. Установка	9
2.1. Предварительные проверки	9
2.2. Установка датчика напряжения	9
2.2.2. Снятие начального показания без нагрузки	9
2.3. Прокладка кабеля и его сращивание	11
2.4. Электрический шум	11
2.5. Факторы окружающей среды	11
3. Считывание показаний	13
3.1. Измерительный блок GK-404	13
3.1.1. Эксплуатация блока GK-404	13
3.2. Измерительный блок GK-405	14
3.2.1 Подсоединение датчиков с прилагаемым 10-штырьковым соединителем стоечного типа	14
3.2.2. Подсоединение датчиков напряжения к свободным выводным проводам	14
3.2.3. Эксплуатация устройства GK-405	14
3.3. Измерительный блок GK-403 (Устаревшая модель)	16
3.3.1. Подсоединение датчиков напряжения со свободными выводами	16
3.3.2. Использование модуля датчика напряжения (ячейки)	16
3.3.3. Улучшения эмуляции терминалов	17
3.4. Измерение температуры	17
4. Обработка данных	18
4.1. Расчет нагрузки	18
4.2. Температурный поправочный коэффициент	19
5. Поиск и устранение неисправностей	22
Приложение А. Технические характеристики	23
А.1. Технические характеристики датчика напряжения (ячейки) модели 4900	23
А.2. Термистор (Смотрите также Приложение Б)	23
Приложение Б. Температурные отклонения термистора	24
Приложение В. Схема разводки проводов и выводов разъемов	25
В.1. Разъем и кабели датчика напряжения (ячейки) (стандартная схема)	25
С.2. GK-403 к разъему модуля	25

Приложение Г. Перерасчет калибровочного коэффициента для датчика напряжения (ячейки).....	26
Г.1. Обзор.....	26
Г.2. Процедура.....	26
Приложение Д. Калибровки датчика напряжения (ячейки) – влияние искривления опорной плиты.....	27
Д.1. Введение	27
Д.2. Процедуры калибровки датчика напряжения (ячейки).....	27
Д.3. Организация работы в полевых условиях	27
Д.4. Влияние размера гидравлического цилиндра на показания датчика напряжения (ячейки)	28
Д.5. Выводы.....	29
Литература:	29
Приложение Е. Использование регрессивного нуля при использовании линейного калибровочного коэффициента	30

1. Введение

1.1. Принцип работы

Датчики напряжения (ячейки) Geokon представляют собой кольцеобразную конструкцию, предназначенную преимущественно для использования на анкерных трубах и анкерных болтах. Также они могут использоваться во время испытаний нагрузкой несущей способности сваи и для мониторинга нагрузок в подпорках, опорах в туннелях, и так далее. Практически во всех случаях датчики напряжения (ячейки) используются вместе с гидроцилиндрами, которые прикладывают нагрузку, и с опорными плитами, расположенными с каждой стороны датчика напряжения (ячейки).

Устройства Geokon модели 4900 часто используются в следующих целях:

- Подтвердить нагрузку, определяемую гидравлическим давлением, прилагаемым к цилиндру во время проверочных испытаний анкерных труб и анкерных болтов, и так далее.
- Предоставить перманентное средство мониторинга нагрузки в течение рабочего цикла анкерных труб, анкерных болтов, подпорок или опор, и так далее.
- Обеспечить электронный выходной сигнал для автоматического сбора данных.

Примечание: Для защиты подводящих проводов, проложенных в пазах на одной стороне датчика напряжения (ячейки), компания Geokon не разрешает использовать прокладки, изготовленные из свинца, меди, резины или других мягких материалов, плотно прилегающих к этой поверхности. Если используется мягкая прокладка, следует убедиться, что она используется с другой стороны, то есть с той стороны, на которой нет кольцевых пазов, заполненных эпоксидной смолой.

Датчики напряжений (ячейки) располагаются таким образом, чтобы усилие растяжения в анкерной трубе или анкерных болтах, вырабатывало нагрузку на сжатие на датчик напряжения (ячейку). Это осуществляется захватом датчика напряжения (ячейки) между двумя опорными плитами, расположенными между цилиндром и конструкцией, или ниже головки анкера для постоянной установки или выше головки анкера для проверочных испытаний. На Рисунках 1 и 2 показаны два различных варианта установки.

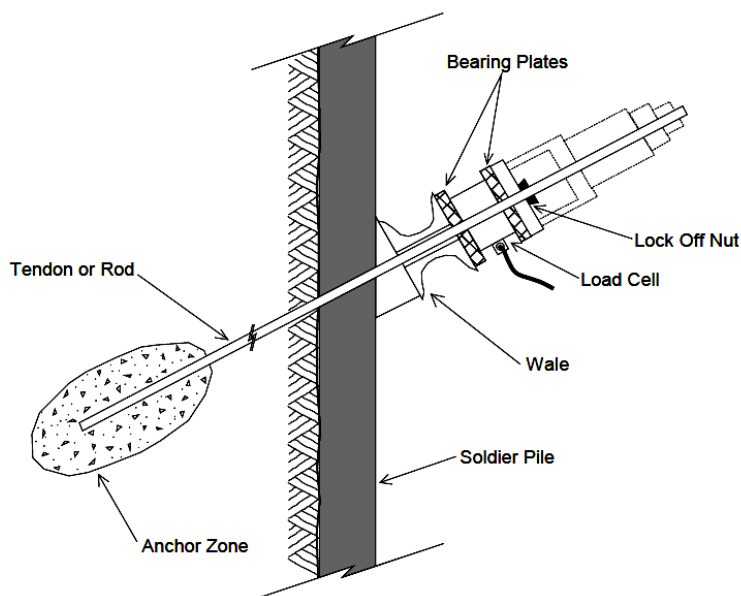


Figure 1 - Load Cell on Tieback for the Permanent Monitoring of Load

Рисунок 1. Датчик напряжения (фчейка) на анкерной трубе для длительного мониторинга нагрузки

Tendon or rod =	Элемент напрягаемой арматуры	Bearing plates =	Опорные плиты
Lock off nut =	Крепежная гайка	Load cell =	Датчик напряжения
Wale =	Насадка	Soldier pile =	Анкерная свая
Anchor zone =	Зона анкера		

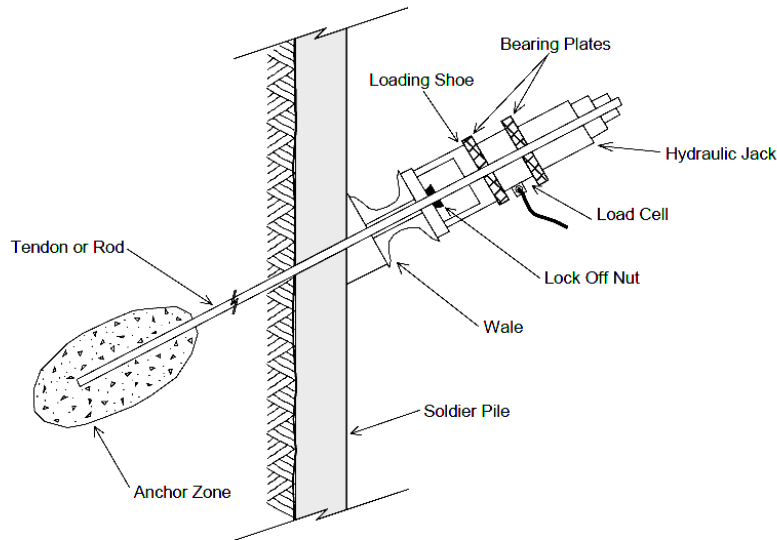


Figure 2 - Load Cell on Tieback for Proof Testing Only

Рисунок 2. Датчик напряжения (ячейка) на анкерной трубе только для проверочного испытания

Tendon or rod =	Элемент напрягаемой арматуры или штанга	Bearing plates =	Опорные плиты
Lock off nut =	Крепежная гайка	Load cell =	Датчик напряжения
Wale =	Насадка	Soldier pile =	Анкерная свая
Anchor zone =	Зона анкера	Load cell =	Датчик напряжения (ячейка)
Loading shoe =	Нагрузочная плита		

На рисунке 3 показаны датчики напряжения (ячейки), используемые для мониторинга нагрузки во время испытания несущей способности сваи нагрузкой.

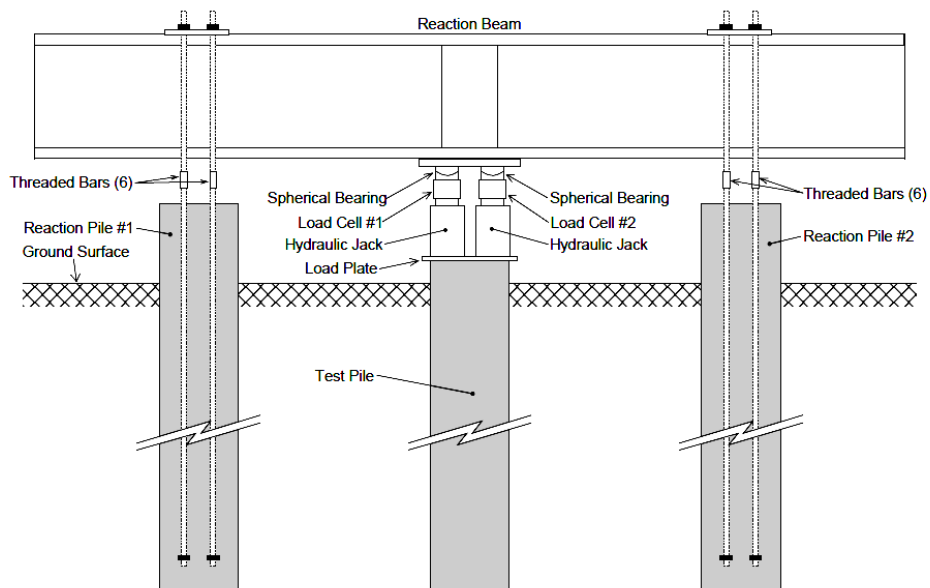


Figure 3 - Load Cells for Load Monitoring During Pile Load Test

Рисунок 3. Датчики напряжения (ячейки) для мониторинга нагрузки во время испытания несущей способности сваи нагрузкой

Reaction beam =	Балка гашения крутящего момента	Threaded bars =	Резьбовая арматура	Reaction pile #1 =	Анкерная свая
Ground surface =	Поверхность земли	Spherical bearing =	Сферический подшипник	Load cell #1 =	Датчик напряжения (ячейка)
Hydraulic jack =	гидроцилиндр	Load plate =	Плита, воспринимающая нагрузку	Test pile =	Испытуемая свая

1.2. Конструкция датчика напряжения (ячейки)

Корпус датчика напряжения (ячейки) модели 4900 выполнен в виде цилиндра из высокопрочной стали, в котором размещено от 3 до 6 вибрационных струнных тензодатчиков, для измерения изменений напряжения в цилиндре, когда он попадает под нагрузку. Необходимо иметь несколько датчиков, чтобы учесть влияние внецентровой или эксцентрической нагрузки. На Рисунке 4 показан типовой датчик напряжения (ячейка).

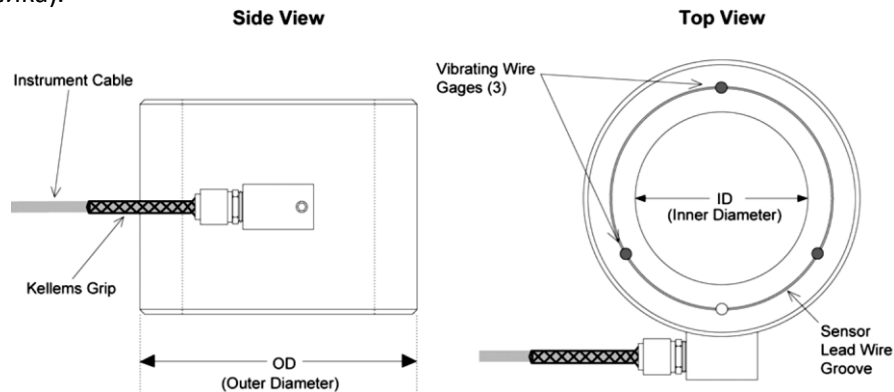


Рисунок 4 – Струнный вибрационный датчик напряжения (ячейка) модели Model 4900 (три тензодатчика)

Side view =	Вид сбоку	Top view =	Вид сверху	Instrument cable =	Измерительный кабель
Vibrating wire gages (3) =	Вибрационные струнные тензодатчики	Kellems grip =	Накладка Келлема	ID Inner diameter =	Внутренний диаметр
OD Outer diameter =	Внешний диаметр	Sensor lead wire groove =	Паз для подводящего провода к датчику		

Кабель присоединяется к датчику напряжения (ячейке) через водонепроницаемый сальник или разъем. Если датчик напряжения (ячейка) оснащен водонепроницаемым сальником, то эластичная муфта в месте ввода кабеля в виде накладки Келлема воспрепятствует тому, чтобы кабель был вытянут из датчика напряжения (ячейки). Стандартные кабели имеют толстую ПВХ-оболочку и их можно подсоединить к разъему для соединения в клеммных коробках или считывающих устройствах. В Приложении В приведена схема кабельных соединений и разъемов.

Дополнительную защиту кабеля можно осуществить с помощью использования армированного кабеля, или размещения кабеля внутри гибкого кабельного канала. На Рисунке 5 изображена типовая система датчиков напряжения.

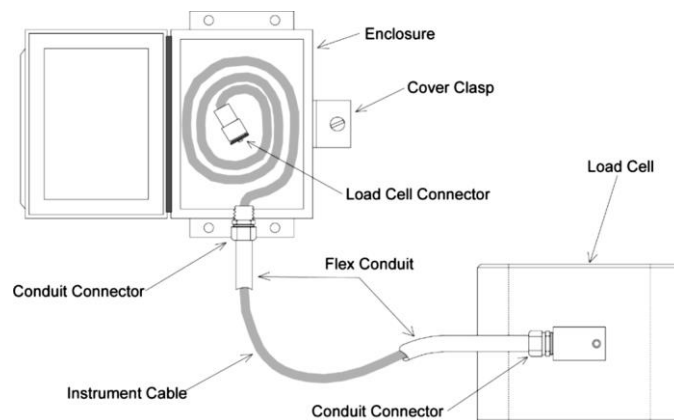


Рисунок 5 – Типовая система датчиков напряжения

Enclosure =	Кожух	Cover clasp =	Застегивающаяся крышка	Load cell =	Датчик напряжения (ячейка)
Load cell connector =	Разъем датчика напряжения	Conduit connector =	Разъем кабельного канала	Flex conduit =	Гибкий кабельный канал
Instrument cable =	Кабель КИП				

Кольцевые датчики напряжения (ячейки) из-за своей конструкции по определению чувствительны к изменяющимся условиям торцевой нагрузки в отличие от сплошных датчиков напряжения (ячеек), которые могут иметь конструкцию с торцом в форме пуговицы, что позволит нагрузке всегда распространяться равномерно и предсказуемо. Таким образом, выходной сигнал и калибровка кольцевого датчика напряжения могут подвергаться воздействию факторов, обсуждаемых в нижеприведенных подразделах. Следует отметить, что все эти воздействия могут быть аккумулирующими и могут привести к тому, что калибровка может изменяться на $\pm 20\%$, если не предпринять специальных мер.

1.2.1 Деформация опорных плит и конструкция опорных плит

Деформация (искривление) опорных плит в основном происходит из-за несоответствия размера между гидроцилиндром и датчиком напряжения (ячейкой). Гидроцилиндр, который больше чем датчик напряжения, стремится обернуть являющуюся помехой опорную плиту вокруг датчика напряжения, придав ей форму «песочных часов» или вклиниться вовнутрь, что приведет к тому, что датчик напряжения будет давать заниженные данные, ниже диапазона (under-register).

И наоборот, гидроцилиндр, который меньше чем датчик напряжения, постарается протолкнуть являющуюся помехой опорную плиту через центр датчика напряжения, что приведет к смещению центра цилиндрической оболочки датчика напряжения наружу, что также приведет к тому, что датчик напряжения будет давать завышенные данные, за пределами диапазона (over-register). Эти эффекты усиливаются слишком тонкими опорными плитами. Более подробная информация по этой теме приведена в Приложениях В и Г.

Примечание: Для защиты выводных проводов, проложенных в пазах с одной стороны датчика напряжения (ячейки) компания Геокон не разрешает использовать прокладку, изготовленную из свинца, меди или резины, или других мягких материалов, опирающихся на эту поверхность. Если используется прокладка из мягкого материала, убедитесь, что она используется только с другой стороны, то есть со стороны, на которой отсутствует кольцевой паз, заполненный эпоксидной смолой.

Минимальная толщина опорной плиты равна 1 дюйму (25 мм), при которой размер датчика напряжения (ячейки) соответствует размеру гидравлического цилиндра, то есть несущее нагрузку кольцо датчика напряжения (ячейки) находится в пределах несущего нагрузку кольца гидравлического цилиндра. Для любых других условий несоответствия размеров толщина опорных плит должна быть как минимум два дюйма или даже еще больше, когда несоответствие размеров максимально или нагрузки велики.

Опорные плиты должны быть плоскими и гладкими. Поверхность пластины из обычно катанной стали вполне достаточна. Не обязательно, чтобы поверхность была отшлифована или механически обработана. Когда плиты отрезаются от более крупных плит с помощью резательной горелки, края следует тщательно зачистить, чтобы удалить сварочную окалину и куски застывшей оплавки.

Необходимо обратить внимание на калибровку датчика напряжения с использованием тех же самых опорных плит, которые будут использоваться в полевых условиях. К тому же, возможно смоделировать размер гидравлического цилиндра, используя металлическую шайбу подходящего размера между верхней плитой установки для испытаний (материалов) и верхней опорной плитой. Датчики напряжения (ячейки), откалиброванные таким образом, будут более вероятно соответствовать в полевых условиях гидравлическому насосу.

1.2.2 Трение между опорной плитой и датчиком напряжения

Трение между опорной плитой и датчиком напряжения оказывает существенное воздействие на характеристики датчика напряжения (ячейки). Помещение деформируемых пластин или смазки между опорными плитами и датчиком напряжения (ячейкой) в полевых условиях может привести к завышению регистрируемых данных, за пределы диапазона (over-register) датчиком напряжения (ячейкой)

возможно на 10%. Для обеспечения наилучших результатов очень важно откалибровать датчик напряжения (ячейку) в лаборатории в таких же условиях нагружения, которые будут в полевых условиях. Концевые эффекты такой природы можно уменьшить, используя более высокие датчики напряжения (ячейки). Примерное практическое правило для конструкции хорошего датчика напряжения (ячейки) предусматривает, чтобы высота датчика напряжения была как минимум в 4 раза больше толщины стенок нагружаемого кольца. В некоторых случаях, когда имеют место пространственные ограничения, требующие плоской конструкции датчика напряжения, трение между опорными плитами и датчиком напряжения может послужить причиной явлений сильного гистерезиса между циклами нагрузки и разгрузки.

1.2.3 Внецентренное нагружение

Внецентренное нагружение датчиков напряжения (ячеек) происходит как правило, а не как исключение. Достаточно редко имеет место, что оси анкерной трубы, анкерного болта, распорки располагаются под правильным углом к поверхности, на которую опирается анкерная плита или распорка. В случае анкерных труб, использующих элементы напрягаемой арматуры, часто бывает, что напряжения в отдельных элементах напрягаемой арматуры существенно отличаются друг от друга, несмотря на все прилагаемые усилия. К тому же, распорки весьма редко располагаются под правильным углом к направляющим сваям, которые могут быть опорными.

Эти факторы все вместе создают условия, в которых датчики напряжения (ячейки) испытывают более высокие нагрузки с одной стороны, чем с другой. Этот эффект компенсируется тензометрическими датчиками, встроенными в стенку датчика (ячейки), и с которых отдельно считываются показания и вычисляется среднее напряжение. Таким образом, более высокие напряжения с одной стороны уравновешиваются более низкими напряжениями с другой стороны, не оказывая влияния на усредненное напряжение. Следовательно, даже большие величины эксцентricности напряжения могут вызвать только небольшие ($\pm 5\%$) изменения в выходном сигнале датчика напряжения (ячейки) и калибровке.

Внецентренное нагружение можно минимизировать за счет использования сферических опорных плит, но это дорого и применяется редко. Сферические опорные шайбы могут представлять определенную ценность при проведении испытаний нагрузкой несущей способности сваи, когда желательно иметь однородность нагрузки на верхнюю часть сваи.

1.2.4. Упругие свойства

Датчики напряжения (ячейки) компании Geokon модели 4900 предназначены для того, чтобы выдерживать нормальное расчетное напряжение, которое на 30% ниже предела текучести материала датчика напряжения (ячейки).

Датчики напряжения (ячейки) могут выдерживать перегрузки от 120% до 150% от расчетной нагрузки до проведения калибровки, таким образом, если датчик напряжения (ячейка) никогда не перегружался выше этого диапазона, то считывание показаний без нагрузки не изменится. Обычная перегрузочная способность стального датчика напряжения от 300 до 400%, прежде чем он выйдет из строя.

Если датчик напряжения (ячейка) перегружен и считывание показаний без нагрузки сдвинулись вследствие пластической податливости датчика, то датчик (ячейку) следует вернуть на завод для проверки и перекалибровки. Однако, следует отметить, что, в то время, как нуль без нагрузки может сместиться, калибровочная постоянная останется без изменений.

1.2.5. Влияние температуры

Компенсация влияния температуры осуществляется посредством использования вибрационных струнных датчиков, тепловой коэффициент которых такой же, как и коэффициент материала датчика напряжения (ячейки). В большинстве случаев поправка не обязательная, благодаря маленькому температурному коэффициенту датчика напряжения (примерно -1 цифра/°C). (В особых случаях, если необходимо, коэффициент может быть измерен на заводе). Тем не менее, следует запомнить, что изменения температур на нагруженных анкерных болтах, анкерных трубах или распорках могут

приводить к реальным изменениям напряжения, что будет зарегистрировано датчиком напряжения (ячейкой). Более подробная информация о корректировке влияния температура приведена в Разделе 4.2.

2. Установка

2.1. Предварительные проверки

Перед установкой датчик напряжения (ячейку) следует проверить, подсоединив его к измерительному блоку и сняв показания без нагрузки. Показание после сравнения с показанием, приведенными в калибровочных данных, предоставляемых вместе с датчиком напряжения, покажет правильно ли работает датчик. Два показания должны совпадать в пределах ± 50 знаков (предполагается, что для снятия обоих показаний используется один и тот же измерительный блок). Более подробные инструкции приведены в Разделе 3.

2.2. Установка датчика напряжения

2.2.1. Транспортировка

При транспортировке датчиков напряжения (ячеек) нельзя тянуть их за кабель или **переносить, держа за кабель**. На более крупных по размеру датчиках на концах имеются резьбовые отверстия для установки болтов с проушиной для их использования для подъема устройства.

2.2.2. Снятие начального показания без нагрузки

Перед установкой датчика напряжения (ячейки), снимите показание без нагрузки. Это показание играет очень важную роль, оно будет вычитаться из всех последующих показаний для вычисления напряжения. Следует отметить, что каждый отдельный датчик напряжения (ячейка) имеет свое показание без нагрузки, отличающееся от других датчиков, и которое не равно нулю. Более подробная информация приведена в Разделе 3 «Эксплуатация измерительных блоков».

2.2.3. Установка анкерных труб и анкерных болтов.

Примечание: Для защиты выводных проводов, проложенных в пазах с одной стороны датчика напряжения компания Геокон не разрешает использовать прокладку, изготовленную из свинца, меди или резины, или других мягких материалов, опирающихся на эту поверхность. Если используется прокладка из мягкого материала, убедитесь, что она используется только с другой стороны, то есть со стороны, на которой отсутствует кольцевой паз, заполненный эпоксидной смолой.

Датчики напряжения (ячейки) следует устанавливать между плоскими стальными опорными плитами достаточной толщины: один дюйм там, где датчик напряжения и гидравлический цилиндр примерно одного размера, и от двух до трех дюймов там, где несовпадения размеров существенное. Плиты должны быть плоскими с механически обработанной поверхностью. Убедитесь, что опорные плиты полностью покрывают опорную поверхность датчика напряжения (ячейки). Отцентрируйте анкерный болт или анкерную трубу внутри датчика напряжения (ячейки). Там, где внутренний диаметр датчика напряжения значительно больше, диаметра анкерного болта или анкерной трубы, можно использовать центрирующую втулку (центратор).

В случаях, когда анкерный блок из нескольких элементов напрягаемой арматуры опирается непосредственно на датчик напряжения (ячейку), убедитесь в том, что опорная поверхность датчика напряжения (ячейки) полностью покрыта анкерным блоком. Если датчик напряжения (ячейка) не полностью покрыт, убедитесь в том, что была выполнена калибровка при использовании анкерного блока. Если калибровка была выполнена без анкерного блока, то для получения наилучших результатов следует подумать о повторной калибровке с анкерным блоком.

Экранируйте кабель от возможных повреждений в результате взрывных работ или перемещения. Защитите конец кабеля или кабельного разъема от грязи, или используйте защитную крышку на разъем или помещая конец кабеля и/или разъем внутрь небольшой коробки. На Рисунке 5 показана типовая система датчика напряжения.

2.3. Прокладка кабеля и его сращивание

Кабель следует прокладывать таким образом, чтобы минимизировать возможность его повреждения вследствие передвижения оборудования, обломками породы и так далее. Кабель можно защитить, используя гибкий кабельный канал, который может поставить компания Geokon.

Также в компании Geokon имеются в наличии клеммные коробки с герметичными кабельными вводами для любых применений. Это позволит подсоединить много измерительных устройств в одном месте с полной защитой вводных проводов. На внутренней панели клеммной коробки имеются встроенные штекерные разъемы или соединитель с поворотным переключателем. Более подробную информацию можно получить в компании Geokon.

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.

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 срачивались вместе.** Также следует соблюдать полярность, при сращивании, соблюдая совпадение цвета.

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

Оконцовку кабеля можно проводить посредством зачистки концов кабеля и облуживанием отдельных проводников, а затем подсоединяя их в соединительный шнур (патч-корд) или к измерительному блоку. Как вариант можно использовать разъем, который вставляется непосредственно в измерительный блок или в приемную часть на специальном соединительном шнуре (патч-корде).

2.4. Электрический шум

При прокладке приборного кабеля следует прокладывать его как можно дальше от возможных источников электрических помех, как например, линий электропитания, генераторов, двигателей, трансформаторов, аппаратов дуговой сварки и так далее. Кабели никогда нельзя закапывать или прокладывать вдоль линий электропитания переменного тока, так измерительный кабель будет реагировать на помехи от силового кабеля, что вероятно приведет к нестабильным показаниям. На заводе можно получить информацию о вариантах применения фильтров для использования с регистраторами данных и считывающими устройствами компании Geokon.

2.5. Факторы окружающей среды

Так как целью установки датчика напряжения 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 и водоемов, уровни копания и заполнения и чередования, дорожное движение, изменения температуры и атмосферного давления, изменения персонала, ведение строительных работ поблизости, сезонные изменения, и так далее.

2.6. Грозовая защита

В отличие от других типов измерительных приборов, имеющихся в компании Geokon, датчики напряжения (ячейки) не оснащены какими-либо встроенными компонентами грозовой защиты, как например, ограничители напряжения или плазменные разрядники для защиты от атмосферных перенапряжений. Как правило, это не представляет собой проблемы, однако, если приборный кабель находится вне укрытия (наружный), то может быть полезно установить компоненты грозовой защиты, так как скачок напряжения может пройти по кабелю к измерительному устройству и повредить его.

Рекомендуются следующие средства грозовой защиты:

- Если измерительный прибор подсоединен к клеммной коробке или концентратору, такие устройства, как разрядник для защиты от атмосферных перенапряжений (искровой разрядник) можно установить в клеммную коробку/концентратор для обеспечения защиты от переходных процессов. В клеммных коробках и концентраторах, имеющихся в наличии в компании Geokon, предусмотрено место для установки вышеназванных компонентов.
- Также в наличии в компании Geokon имеются платы молниеотводов и кожухи. Эти устройства устанавливаются там, где приборный кабель выходит из конструкции, находящейся под наблюдением. Кожух снабжен съемной верхней крышкой, чтобы обеспечить пользователю доступ к компонентам устройства или замену платы в случае повреждения блока ударом молнии. Кожух заземляется посредством грунтового заземления, чтобы способствовать удалению переходных процессов от датчика напряжения.
- Разрядники для защиты от атмосферных перенапряжений можно залить в эпоксидную смолу на приборном кабеле, рядом с датчиком напряжения. Затем шина заземления соединяет разрядник с грунтовым заземлением, таким, как например, колышек заземления.

Дополнительную информацию об имеющихся в наличии средствах грозовой защиты можно получить на заводе.

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 Geokon, и устройство может отображать показания в цифровом виде, в частоте (Гц), периодах (мс) или микронапряжениях (мкВ). Блок GK-404 также отображает температуру датчика напряжения (встроенный термистор) с разрешением 0.1 °С.

3.1.1. Эксплуатация блока GK-404

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 6 - Разъем Lemo для блока GK-404.

Коммутационные кабели можно заказать в компании Geokon, для того, чтобы дать возможность датчикам напряжения (ячейкам) с разъемами подсоединиться к кабелю считывания данных для снятия показаний блоком GK-404.

Если на кабеле датчика напряжения (ячейки) нет разъема, выводы датчика напряжения (ячейки) можно подсоединить к выводным проводам блока GK-404. Отдельные выводы должны идентифицироваться как показано на схеме соединений в Приложении В1. Каждый датчик считывается по очереди, закреплением красного или черного зажима типа крокодил на вывод, отмеченный "common" (общий) и черного или красного зажима типа крокодил по очереди к выводам, отмеченным #1, #2, #3, и так далее. Синий зажим типа крокодил следует подсоединить к экрану кабеля, а зеленый и белый зажимы типа крокодил к кабельным выводам, отмеченным «термистор».

Включите блок, нажав кнопку "ON/OFF" (Вкл/Выкл) на передней панели устройства. На дисплее отобразится 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 и клавишу MODE для выбора Dg (цифры). 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-штырьковым соединителем стоечного типа

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

3.2.2. Подсоединение датчиков напряжения к свободным выводным проводам

Подсоедините свободные провода GK-403-2 к блоку GK-405, выравнивая пазы на разъеме свободных проводов (вставной) с разъемом (охватывающим) на блоке GK-405, отмеченном «Sensor» (Датчик). Протолкните разъем на место, затем поверните внешнее кольцо разъема (вставного) до его фиксации на месте установки.

Подсоедините свободные провода блока GK-405 к выводам датчика напряжения. Отдельные провода будут идентифицироваться в соответствии со схемой соединений в Приложении В1. Каждый датчик считывается по очереди, подсоединением красного или черного зажима типа крокодил на вывод, отмеченный «common» (общий) и черного или красного зажима типа крокодил по очереди к выводам, отмеченным #1, #2, #3, и так далее. Синий зажим типа крокодил следует подсоединить к экрану кабеля, а зеленый и белый зажимы типа крокодил к кабельным выводам, отмеченным «термистор».

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 дисплея В. На Рисунке 4 показан типовой выходной результат вибрационного струнного датчика в численных величинах и выход термистора в градусах Цельсия в режиме В.

Для датчиков напряжения (ячеек), подсоединенных к 10-штырьковому разъему стоечного типа, выберите индекс датчика «AVG» (Усредненное). На дисплее будет отображаться средняя величина показаний тензодатчиков в датчике напряжений.

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

Из-за длительного периода разогрева для первого включения блока, лучше всего оставить считывание в спящем режиме, если берутся многократные считывания показаний в течение дня. Это выполняется нажатием сначала 'Menu' (меню), затем выбрать 'Close GK-405' (Закрыть GK-405), затем немедленно нажать кнопку питания карманного ПК. Для того, чтобы полностью выключить измерительный блок подержите в течение нескольких секунд нажатой кнопку питания до тех пор, пока не прозвучит звуковой сигнал.

Для дальнейшей передачи данных в электронные таблицы наилучшим подходом является записывание данных в полевой журнал. Более подробная информация о хранении показаний в память приведена в инструкции по эксплуатации GK-405. Если считывание требуется в единицах нагрузки, следует обратиться в раздел 3.2.4.

3.2.4 Считывание данных в единицах нагрузки

До того, как показания можно будет сохранить в измерительном блоке, следует создать рабочее пространство, в котором надо идентифицировать датчик напряжения (ячейку) и сконфигурировать его параметры, например, калибровочный коэффициент, нулевое показание, единицы измерения, и так далее. Это потребуются сделать для каждого датчика напряжения (ячейки).

Для каждого датчика напряжения (ячейки) следует создать файл датчика. На экране Рабочего пространства нажмите и удерживайте «Project Sensors» (Датчики проекта), а затем нажмите «Add Sensor» (Добавить датчик).

- 1) Нажмите иконку клавиатуры в нижней части по центру экрана и с ее помощью введите идентификационное имя датчика напряжения (ячейки) и/или номер.
- 2) Из выпадающего меню выберите номер модели датчика 4900.
- 3) Из выпадающего меню введите количество датчиков в датчике напряжения (ячейке).
- 4) Выберите стрелку ► для перехода на следующую страницу.
- 5) Выберите «Linear» (Линейный), (Если выбрать «Polynomial» (Многочленный), то необходимо следовать инструкциям для ввода коэффициентов A, B, и C).
- 6) В выпадающем меню выберите «Output Calculation» (Вычисление) для $G(R_1-R_0)$.
- 7) Используя клавиатуру установите нулевое показание равное начальному Регрессивному Нулю, показанному в калибровочной карте. (Более подробная информация приведена в Приложении E).
- 8) Используя клавиатуру установите «Gauge Factor» (Калибровочный коэффициент) равным калибровочному коэффициенту, приведенному в калибровочной карте. (Не забудьте про отрицательный знак).
- 9) Оставьте «Gauge Offset» (Смещение датчика) на нуле.
- 10) Выберите стрелку ► для перехода на следующую страницу.
- 11) Выберите «Measure» (Измерить) к «Load» (Нагрузка).
- 12) Выберите входные единицу равными единицам калибровочного коэффициента.
- 13) Выберите желаемые выходные единицы измерения, которые будут отображаться на дисплее.
- 14) Выберите стрелку ► для перехода на следующую страницу.
- 15) Для большинства приложений температурный коэффициент не важен, в этом случае оставьте «Sensor Correction» (Корректировка датчика) в положении «disabled» (отключен).
- 16) Выберите «Menu» (Меню) и «Save the Settings» (Сохранить настройки).
- 17) Выберите «Applications» (Приложения).
- 18) Выберите «Live Readings» (Текущие показания).
- 19) Выберите «With Selected Sensor» (С выбранным датчиком) (с тем, который создан в шаге 1).
- 20) Показания должны быть в единицах измерения нагрузки.
- 21) Нажмите иконку «Store» (Сохранить) для сохранения данных. Данные будут сохранены в файле датчика напряжения (ячейки), который был создан в шаге 1).

Следует отметить, что, если один из тензодатчиков неисправен, то на дисплее появится предупреждение об этом в красном цвете. При этом измерительный блок будет отображать среднее значение показаний оставшихся тензодатчиков.

В любой момент на экране Live Reading (Текущие показания), когда выбраны «Raw Readings» (Исходные данные), возможно отображать показания по каждому из отдельных тензодатчиков датчика напряжения (ячейки). Это может быть полезным при оценивании степени эксцентricности прилагаемой нагрузки. Более подробная информация приведена в инструкции GK-405.

3.3. Измерительный блок GK-403 (Устаревшая модель)

Блок GK-403 может сохранять показания датчиков и применять калибровочные коэффициенты для преобразования показаний в технические единицы измерений.

3.3.1. Подсоединение датчиков напряжения со свободными выводами

Если у датчика напряжения нет разъема, то отдельные выводы можно идентифицировать в соответствии со схемами соединений, приведенными в Приложении В1. С каждого датчика считываются показания по очереди при подключении свободных концов проводов в клеммную коробку на порте «TRANSDUCER» (Датчик-преобразователь), а затем подсоединяя красный или черный зажим типа крокодил на вывод, отмеченный “common” (общий) и черный или красный зажим типа крокодил по очереди к выводам, отмеченным #1, #2, #3, и так далее. Синий зажим типа крокодил следует подсоединить к экрану кабеля, а зеленый и белый зажимы типа крокодил к кабельным выводам, отмеченным «термистор».

Поставьте селекторный переключатель дисплея в положение «В». Выходной сигнал с датчика будет отображаться в цифровом виде. По очереди снимите показания с каждого канала и запишите их в полевой журнал и/или отжав клавишу «STORE» (Сохранить). При использовании кнопки «STORE» (Сохранить) необходимо использовать джойстик для установки надлежащего I.D. Выделите экран дисплея прежде чем будет отжата кнопка «STORE» (Сохранить) для того, чтобы различать отдельные тензодатчики (и датчики напряжения).

Когда подсоединены выводы термистора, температура на датчике напряжения автоматически отображается на дисплее в °C.

Блок GK-403 автоматически выключится примерно через две минуты.

3.3.2. Использование модуля датчика напряжения (ячейки)

Модуль датчика напряжения (ячейки) модели GK-403 действует как концентратор или автоматический переключатель, который можно использовать для автоматического считывания данных со всех активных датчиков, вычислять изменение средней величины показаний, применять калибровочный коэффициент и отображать нагрузку в технических единицах измерения на экране дисплея. 10-штырьковый разъем датчика напряжения (ячейки) вставляется в модуль, а выходной провод из модуля вставляется в порт «TRANSDUCER» (Датчик-преобразователь) на блоке GK-403. *10-штырьковый разъем датчика напряжения (ячейки) не должен непосредственно вставляться в блок GK-403.*

Текущие показания по всем активным каналам можно посмотреть, переключив переключатель «Display» (Дисплей) на канал В, при этом используя джойстик. При желании, эти текущие показания или активные каналы можно записать непосредственно в полевой журнал и использовать позднее для вычисления нагрузки вручную.

Следует проявлять аккуратность при установке блока GK-403 в автоматический режим считывания нагрузки. Более подробная информация приведена в инструкции по эксплуатации блока GK-403.

3.3.3. Улучшения эмуляции терминалов

Нажатие «ENTER» (Ввод) на основном компьютере при эмуляции терминалов посредством блока GK-403 передаст состояние считывания показаний. Если выбран режим дисплея G, то будут отображаться как отдельные показания для датчика напряжения (ячеек), так и вычисленные средние значения (Рисунок 7). Дисплей будет обновляться каждый пять секунд.

```
<<gk403 STATUS>>
Date & Time: 09/11/92 11:42
Switch Pos: G
REF/COL#: 11 Load Cell Module attached.
Temperature: 22.3
  xx1      xx2      xx3      xx4      xx5      xx6  xx7(avg)
6543.3    6554.3    6654.1    6589.0    6521.2    6522.2  6566.3
.         .         .         .         .         .         .
.         .         .         .         .         .         .
.         .         .         .         .         .         .
```

Рисунок 7. Пример дисплея эмуляции терминалов

STATUS =	Состояние	Date & Time =	Дата и время	Switch Pos =	Положение переключателя
Temperature =	Температура	Load Cell Module attached =	Подсоединенный модуль датчика напряжения (ячейки)		

3.4. Измерение температуры

Все вибрационные струнные датчики напряжения оснащены термистором, который показывает изменение сопротивления при изменении температуры. Измерительные блоки Геокоп считывают показания термистора и отображают температуру в градусах Цельсия.

Считывание температуры с использованием омметра:

1. Подсоедините омметр к выводам термистора, выходящим из датчика напряжения (ячейки). В Приложении В1 приведены схемы подсоединения. (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. Этот фактор надо увеличить в два раза, чтобы учесть оба направления). Посмотрите температуру для измеренного сопротивления в Приложении Б, Таблица 5).
2. Посмотрите температуру для измеренного сопротивления в Приложении Б, Таблица 3).

4. Обработка данных

4.1. Расчет нагрузки

Для измерения и обработки данных от вибрационных, струнных датчиков напряжения компания Geokon использует «цифры». Вычисление цифр основывается на следующем уравнении:

$$\text{Digits} = \left(\frac{1}{\text{Period(seconds)}} \right)^2 \times 10^{-3}$$

Или

$$\text{Digits} = \frac{\text{Hz}^2}{1000}$$

Где:

Digits = цифры (численные значения)

period = период

seconds = секунды

Hz = Гц

Уравнение 1 – Вычисление цифр

Для преобразования численных показаний в нагрузку следует усреднить показания датчиков для каждого датчика напряжения (ячейки), а затем изменение в среднем значении показаний умножить на калибровочный фактор, которые приводится в поставке каждого датчика напряжения (ячейки).

$$L = (R_1 - R_0) \times G \times K$$

Уравнение 2 – Расчет нагрузки при использовании линейной регрессии

где:

L - нагрузка в фунтах, кг, и так далее

R₀ – регрессионное показание без нагрузки в цифрах (усредненное по всем датчикам)

R₁ – текущее показание без нагрузки в цифрах (усредненное по всем датчикам)

G – коэффициент, который приводится в калибровочной карте (Рисунок 8). При увеличении нагрузки показания уменьшаются, что дает G знак отрицательного значения, при вводе в уравнение. (Смотрите приведенный ниже пример).

K – коэффициент преобразования (опционально), приведенный в таблице ниже.

Из→ В↓	фунты	кг	кип	тонны	метрические тонны
фунты	1	2.205	1000	2000	2205
кг	0.4535	1	453.5	907.0	1000
кип	0.001	0.002205	1	2.0	2.205
тонны	0.0005	0.0011025	2.0	1	1.1025
метрические тонны	0.0004535	0.001	0.4535	0.907	1

Например:

Модель 4900 имеет регрессионное показание без нагрузки (R₀) равное 7309, а текущее усредненное показание (R₁) равное 5497, а калибровочный коэффициент равен -397 фунтов на цифру.

Вводя эти значения в уравнение 2, получим:

$$L = (5497 - 7309) \times -397 = 719,400 \text{ фунтов}$$

Следует отметить, что уравнения предполагают линейную зависимость между нагрузкой и показаниями датчика во всем диапазоне, и при использовании методов регрессии получаем линейный коэффициент. Следует отметить, что при использовании калибровочного коэффициента, полученного из формулы регрессии, необходимо использовать регрессивный ноль. Это может привести к существенным ошибкам при очень малых нагрузках. Мера величины нелинейности приведена в калибровочной карте (Рисунок 8) в столбце, озаглавленном «Linearity» (Линейность). Более подробная информация приведена в Приложении Е.

Для получения большей точности исходные данные можно представить в полиномиальном виде или их можно рассматривать как ряд сегментов по всему диапазону нагрузки. Например, используя типовую калибровочную карту, показанную на Рисунке 8, нагрузку от 0 до 180,000 фунтов можно представить уравнением:

$$L = ((7304 - 6860) \times -405 = 179,820 \text{ тон.})$$

Калибровочный коэффициент -405 фунт/цифра рассчитывается из наклона линии между нагрузкой 0 и 180,000 фунтов, то есть, $(0 - 180,000)/(7304 - 6860) = -405$ фунт/цифра

Полиномиальное (многочленное) выражения для согласования с данными, приведено ниже

$$L = AR_1^2 + BR_1 + C$$

Уравнение 3 – Расчет нагрузки при использовании полинома

Где:

L - нагрузка в фунтах, кг, и так далее

R₁ – текущее показание (усредненное со всех датчиков)

A, B и C - коэффициенты, полученные из калибровочных данных

Сначала вычислите C из показания начального среднего нуля в полевых условиях.

Например, если C = 7305, тогда $0 = -0.00247 * 73052 - 367 * 7305 + C$, из чего следует, что C = +2,812,740.

Поэтому, когда приложенная нагрузка равна 360,000, R₁ = 6409, вычисленная нагрузка = $-0.00247 * 64092 - 367 * 6409 + 2,812,740 = 359,180$ фунтов.

4.2. Температурный поправочный коэффициент

В случае изменения температуры можно сделать небольшую поправку. При увеличении температуры усредненные показания всех датчиков снижаются примерно на одну цифру на °C. Для вычисления нагрузки, скорректированной на температуру, используйте уравнение 4.

$$L = G [(R1 - R0) + (T1 - T0)]$$

Уравнение 4 – Нагрузка. Скорректированная на температуру

Влияние температуры, описанное выше, относится к датчику напряжения (ячейке), который еще не установлен, и это влияние весьма незначительное. Данные о том, каким может быть влияние температуры на датчик напряжения (ячейку), который установлен на буровую штангу под напряжением или натянутый кабель, отсутствуют. Это будет зависеть от длины буровой штанги или кабеля, от свойств окружающего грунта. Реальное влияние температуры можно получить только эмпирическим путем посредством одновременных измерений нагрузки и температуры в течение короткого периода времени.



48 Spencer St. Lebanon, NH 03766 USA

Vibrating Wire Load Cell Calibration Report

Model Number: 4900X-900-0 Calibration Date: May 04, 2012
 Serial Number: 1139947 Calibration Instruction: CI-4900GP
 Max. Range (lbs): 900000 Technician: Stewart Hannah
 Cable Length: N/A

Initial Cycling Data

Load (lbs):	0	0	900000	0
Reading:	7358	7305	3902	7303

Applied Load in lbs	First Cycle				Second Cycle				Average (2 Cycles)	Linearity % Max Load	Polynomial Error (%FS)
	Gage 1	Gage 2	Gage 3	Average	Gage 1	Gage 2	Gage 3	Average			
0	7298	7311	7300	7303	7299	7312	7301	7304	7304	0.24	0.07
180000	6880	6899	6795	6858	6883	6899	6797	6860	6859	-0.14	-0.09
360000	6510	6481	6232	6408	6514	6479	6234	6409	6408	-0.27	-0.10
540000	6095	6044	5708	5949	6096	6033	5722	5950	5950	-0.03	0.13
720000	5689	5607	5189	5495	5691	5597	5202	5497	5496	-0.01	0.04
900000	5278	5170	4668	5039	5279	5161	4681	5040	5040	0.12	-0.05
0	7299	7311	7300	7303	7300	7312	7303	7305	7304		

GK-401 Pos. B Readout

Linear Gage Factor (G): -397.0 lbs/digit Regression Zero (R₀):* 7309

Polynomial Gage Factors: A: -0.00247 B: -367 C:

Calculate C by setting L=0 and R₁ = initial field zero reading in the polynomial equation

Calculated Load: Linear, $L = G (R_1 - R_0)$

Polynomial, $L = AR_1^2 + BR_1 + C$

Linearity = ((Calculated Load - Applied Load) / Max. Applied Load) x 100%

For additional accuracy the data could be analysed in segments, calculating gage factors for each segment

* Note: The above calibration uses a linear regression method. The Zero Reading shown is ideal for straight line computation and does not usually agree with the actual no-load reading.

The above named instrument has been calibrated by comparison with standards traceable to the NIST, in compliance with ANSI Z540-1.

This report shall not be reproduced except in full without written permission of Geokon Inc.

5. Поиск и устранение неисправностей

Как правило, проблемы с датчиком напряжения (ячейкой) связаны с повреждением кабеля или попаданием влаги в систему. Обе эти проблемы можно минимизировать с помощью защиты кабеля от повреждений, визуальной проверкой кабеля при появлении проблем, а также необходимо всегда, чтобы контакты разъема были чисты и сухие. **Предупреждение! Датчик напряжения (ячейку) нельзя носить за кабель!**

Ниже приведен список возможных проблем и методов их устранения. Дополнительную помощь в поиске и устранение неисправностей можно получить, обратившись на завод.

Симптом: Показания датчика напряжения (ячейки) нестабильные

- ✓ Правильно ли настроено положение измерительного блока? (Смотрите Раздел 3.1.). При использовании регистратора данных для автоматической записи, правильны ли настройки возбуждения качающейся частотой? Работает ли измерительный блок или регистратор данных с другим датчиком напряжения (ячейкой)? Если нет, то, возможно, у измерительного блока/регистратора данных сели батарейки или он неисправный.
- ✓ Не находится ли вблизи источник электрических помех? Возможные такие источники включают в себя: генераторы, двигатели, антенны.
- ✓ Убедитесь, что экранированный провод заземления заземлен. Подсоедините экранированный провод заземления к измерительному блоку используя синий разъем типа крокодил (зеленый для модели GK-401).

Симптом: Не считываются показания датчика ячейки

- ✓ Поврежден ли кабель? Это можно проверить с помощью омметра. Номинальное сопротивление между двумя выводами датчика составляет от 45 до 50 Ом (75, 90 или 180 Ом для некоторых более старых моделей). Не забудьте добавить сопротивление кабеля при проверке (22 AWG многожильный медный провод имеет сопротивление примерно равное 48.5 Ом/км, эту величину следует умножить на 2, чтобы учесть оба направления). Если замеренные сопротивления очень высокие или равны бесконечности (мегаомы), то возможно имеет место обрыв кабеля. Если сопротивление очень низкое (менее 20 Ом), то вероятно кабель закорочен.
- ✓ Работает ли измерительный блок или регистратор данных с другим датчиком напряжения (ячейкой)? Если нет, то возможно измерительный блок или регистратор данных неисправны.

Симптом: Очень высокое сопротивление термистора

- ✓ Имеется ли разрыв цепи? Проверьте все соединения, терминалы и разъемы. Если имеет место разрыв кабеля, выполните сращивание кабеля в соответствии с инструкциями, приведенными выше.

Симптом: Сопротивление термистора слишком низкое

- ✓ Имеет ли место замыкание? Проверьте все соединения, терминалы и разъемы. Если имеет место замыкание кабеля, выполните сращивание кабеля в соответствии с инструкциями, приведенными выше.
- ✓ Вода может попасть внутрь датчика напряжения (ячейки). В этом случае нет средств устранения неисправности.

Приложение А. Технические характеристики

А.1. Технические характеристики датчика напряжения (ячейки) модели 4900

Расчетная производительность: ¹	От 100 до 10,000 кН
Точность: ²	±0.5% полной шкалы
Разрешающая способность:	0.025% полной шкалы
Воспроизводимость:	0.1% полной шкалы
Влияние температуры:	0.02% полной шкалы/°C
Температурный диапазон:	От -20 до +80 °C
Частотный диапазон	1400-3500Гц
Выход за пределы диапазона:	150%
Сопротивление катушки:	От 45 до 50 Ом (70, 90 или 180 Ом для некоторых старых моделей)
Тип кабеля (три датчика): ³	Четыре витых пары (шесть проводников) 22 AWG, пурпурная оболочка, экран из фольги, ПВХ изоляция, номинальный внешний диаметр 9.5 мм)
Тип кабеля (четыре датчика): ³	Четыре витых пары (восемь проводников) 22 AWG, пурпурная оболочка, экран из фольги, ПВХ изоляция, номинальный внешний диаметр 9.5 мм)
Тип кабеля (шесть датчиков): ³	Шесть витых пары (12 проводников) 22 AWG, пурпурная оболочка, экран из фольги, ПВХ изоляция, номинальный внешний диаметр 12.7 мм)

Таблица 2 – Технические характеристики датчика напряжений (ячейки) модели 4900

Примечания:

¹По запросу имеются изделия с другой производительностью и диаметрами.

Калибровки, которые превышают контролепригодные производительности по NIST (Национальный институт стандартизации и технологий, США) изделий Geokon примерно равные 10,675кН выполняются по субподрядным договорам аккредитованными испытательными лабораториями.

²Установлено в лабораторных условиях. Точность системы зависит от конечных условий нагрузки.

³В наличии имеются и другие типы кабеля, например, армированный.

А.2. Термистор (Смотрите также Приложение Б)

Диапазон: от -80 до +150 °C

Точность: ±0.5 °C

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 5 – Сопротивление к температуре

Где:

T = температура в °C.

LnR = натуральный Log сопротивления термистора

A = 1.4051 x 10⁻³

B = 2.369 x 10⁻⁴

C = 1.019 x 10⁻⁷

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. Схема разводки проводов и выводов разъемов

В.1. Разъем и кабели датчика напряжения (ячейки) (стандартная схема)

10-контактный разъем Bendix РТ06А-12-10Р	Функция	VW датчик напряжения с тремя датчиками и пурпурный кабель Geokon	VW датчик напряжения с четырьмя датчиками и пурпурный кабель Geokon	VW датчик напряжения с шестью датчиками и пурпурный кабель Geokon
A	Датчик #1	Красный	Красный	Красный
B	Датчик #2	Красно-черный	Красно-черный	Красно-черный
C	Датчик #3	Белый	Белый	Белый
D	Датчик #4	не регулируется	Бело-черный	Бело-черный
E	Датчик #5	не регулируется	не регулируется	Зеленый
F	Датчик #6	не регулируется	не регулируется	Зелено-черный
G	Экран	Все экраны	Все экраны	Все экраны
H	Общий	Бело-черный ¹	Зеленый	Синий
J	Термистор	Зеленый ¹	Синий	Желтый
K	Термистор	Зелено-черный	Сине-черный	Желто-черный

Таблица 4 – Стандартная схема соединений датчика напряжения (ячейки)

Примечание:

¹ Бело-черные и зеленые провода включались на VW датчиках напряжения Geokon с тремя датчиками до серийного номера 3133.

С.2. GK-403 к разъему модуля

10-контактный разъем Bendix РТ06А-12-10Р	Цвет соединительного провода (шесть пар)	Цвет соединительного провода (Belden)	Описание	Подсоединение платы модуля
A	Коричневый	Коричневый	VW датчик	JP1-2
B	Коричнево-черный	Красный	Земля VW датчика	JP1-1
C	Красный	Оранжевый	Термистор	JP1-3
D	Красно-черный	Желтый	Земля термистора	JP1-1
E	Желтый	Зеленый	Экран	JP1-1
F	Желто-черный	Синий	+12 В	JP1-4
G	Зеленый	Фиолетовый	Земля	JP1-9
H	Зелено-черный	Серый	Мультиплексное считывание данных	JP1-9
J	Синий	Белый	Мультиплексный генератор частоты	JP1-8
K	Сине-черный	Черный	Мультиплексный тип	JP1-9

Таблица 5 – Схема соединений модуля

Приложение Г. Перерасчет калибровочного коэффициента для датчика напряжения (ячейки)

Г.1. Обзор

В данном приложении описывается как повторно рассчитать калибровочный коэффициент для датчика напряжения (ячейки), а затем аппроксимировать нагрузку, когда один или более проволочных тензодатчиков в ячейке вышли из строя после установки. Это не является методом «защиты от дурака» (защиты от неосторожного пользования). Например, если распределение нагрузки изменяется во время мониторинга, то вычисления на основе метода, описанного выше, приведут к ошибкам. **Следующая информация применима только для ручного считывания данных. При использовании GK-403 с модулем датчика напряжения (ячейки) отсутствие какого-либо датчика автоматически компенсируется.**

Г.2. Процедура

Если нагрузка прикладывается к датчику напряжения (ячейке) равномерно, то при изменениях нагрузки изменения показаний по каждому датчику будут одинаковые, и при выходе одного из датчиков из строя, калибровочный коэффициент, приведенный в калибровочной карте, можно будет применить для изменения усредненной величины оставшихся датчиков.

Рассмотрим следующий пример, в котором неисправен датчик номер три в датчике напряжения (ячейке) с шестью датчиками. Калибровочный коэффициент датчика напряжения (ячейки) равен 0.2439 тон/цифра. Если нагрузка прикладывается к датчику напряжения (ячейке) равномерно, тогда для вычисления нагрузки этот калибровочный коэффициент будет применяться к изменениям усреднённых показаний, оставшихся пяти активных датчиков. В нижеприведенном примере нагрузка на 7/1/02, которую следует рассчитать, будет равна $0.2439(7298-6139) = 282.7$ тон. Однако, в полевых условиях достаточно редко удастся иметь ситуацию с равномерной нагрузкой на датчик напряжения (ячейку), поэтому, более точные результаты можно будет получить, вычисляя новый калибровочный коэффициент при использовании только активных датчиков.

В случаях внецентренной нагрузки (в настоящем примере изменение показания на датчике № __ было сильнее, чем на других пяти датчиках), новый калибровочный коэффициент можно рассчитать для оставшихся пяти датчиков следующим образом:

Дата	Датчик #1	Датчик #2	Датчик #3	Датчик #4	Датчик #5	Датчик #6	Среднее	Нагрузка
Начальная	7318	7363	7247	7448	7222	7191	7298	0
6/1/02	6485	6363	6220	6618	6362	6331	6396	220.2 тон
7/1/02	6202	6034	Нет показания	6324	6075	6058	6139	293.8 тон

- 1) Рассчитайте новое среднее при нулевой нагрузке, используя только начальные показания пяти оставшихся активных датчиков = **7308**.
- 2) Используя показания только пяти активных датчиков #1, #2, #4, #5 и #6, начиная с момента последнего считывания показаний, когда работали все шесть датчиков (6/1/02) вычислите усредненное показание = **6432**.
- 3) Вычислите новый калибровочный коэффициент для оставшихся пяти активных датчиков, разделив вычисленную нагрузку в последний момент времени, когда все датчики были активными. (6/1/02) на изменение усредненных показаний пяти датчиков, вычисленных в шаге 1 и 2, $= 220.2 / (7308 - 6432) = 0.2514$. Это величина представляет собой новый калибровочный коэффициент, который следует применять ко всем последующим изменениям оставшихся пяти активных датчиков.
- 4) Используя усредненные значения текущих и начальных показаний пяти датчиков, вычислите нагрузку на 7/1/02, используя новый калибровочный коэффициент. Таким образом, на 7/1/02: $(7308 - 6139) \times 0.2514 = 293.9$ тон. Такой подход обеспечивает результат лучше, чем применение старого калибровочного коэффициента для шести датчиков к усредненному показанию пяти активных датчиков. (Прилагаемая нагрузка была 291 тон).
- 5) Повторите шаг 4 для последующего считывания или повторите все шаги, если будут неисправны еще датчики в датчике напряжения (ячейке).

Приложение Д. Калибровки датчика напряжения (ячейки) – влияние искривления опорной плиты

Д.1. Введение

Датчики напряжения (ячейки), используемые для измерения нагрузок при тестировании анкерных труб, забитых свай и пробуренных скважин, дают вычисленные нагрузки, которые часто не соответствуют нагрузкам, вычисленным на основании давления гидравлического цилиндра и площади поршня. Из-за этого, имеется недостаток уверенности в данных с датчика напряжения (ячейки), а ошибки часто приписываются производственным дефектам, или ненадлежащим, неточным процедурам калибровки. Тем не менее, хорошо известно, что влияние внецентренной нагрузки и неровных и/или искривлённых опорных плит будет весьма значительным на показания датчика напряжения (ячейки). Целью данной технической заметки является предоставить некоторое представление об этих эффектах.

Д.2. Процедуры калибровки датчика напряжения (ячейки)

Обычная процедура калибровки представляет собой использование установки для испытаний для прикладывания нагрузки к датчику напряжения (ячейке). Измеренный выходной сигнал с датчика напряжения (ячейки) затем сопоставляется с известной прилагаемой нагрузкой, измеренной посредством установки для испытаний. Обычно, испытательная установка прикладывает гидравлическое давление к поршню с известной площадью поперечного сечения. Испытательная установка периодически проверяется прогонкой тестов на датчике нагрузки регулируемым положениями NIST (Национального Института по стандартизации и технологии, США), и, как правило, практически нет сомнений в точности испытательной установки. Обычной является точность $\frac{1}{4}\%$, $\frac{1}{2}\%$ или 1% полной шкалы.

Как правило, калибровочные испытания выполняются между большими, плоскими параллельными плитами, расположенными в испытательной установке таким образом, чтобы исключить изгибание плит, только, чтобы имело место только упругое сжатие в зоне, непосредственно прилегающей к датчику напряжения (ячейке).

Д.3. Организация работы в полевых условиях

Такое положение вещей может отсутствовать на рабочей площадке, так как опорные поверхности ближайšie к датчику напряжения (ячейке) обычно менее жесткие и подвержены изгибу.

Этот изгибание, в частности, очевидно, если имеется несоответствие размеров между датчиком напряжения (ячейкой) и гидравлическим цилиндром. Если гидравлический цилиндр больше чем датчик напряжения (ячейка), то имеется тенденция для него обволакивать имеющуюся между ними опорную плиту вокруг датчика напряжения (ячейки). Если гидравлический цилиндр меньше чем датчик напряжения (ячейка), он постарается протолкнуть имеющейся между ними опорную плиту в отверстие в датчике напряжения (ячейке).

Более толстые опорные плиты будут изгибаться слабее, но этого эффекта никогда нельзя полностью избежать. Последствия такого изгибания могут быть достаточно сильными, так как влияние на датчик напряжения (ячейку) должно привести или к появлению бочкообразности в его средней части, если гидравлический цилиндр слишком маленький, или пережиманию в его средней части, если гидравлический цилиндр слишком велик. В вибрационных струнных датчиках напряжения (ячейках) датчики обычно располагаются в центре стены ячейки, на нейтральной оси, тем самым минимизируя такие эффекты.

Д.4. Влияние размера гидравлического цилиндра на показания датчика напряжения (ячейки)

Для исследования величины влияния размера гидравлического цилиндра на показания датчика напряжения (ячейки) был проведен ряд испытаний на испытательной установке.

Использовался датчик напряжения (ячейка) с опорной поверхностью с внутренним диаметром 4" и внешним диаметром 5¾".

Моделированный цилиндр А с опорной поверхностью с внутренним диаметром 2" внешним диаметром 4".

Моделированный цилиндр С с опорной поверхностью с внутренним диаметром 4» внешним диаметром 5¾".

Моделированный цилиндр В с опорной поверхностью с внутренним диаметром 6" внешним диаметром 8".

Максимальная прилагаемая нагрузка составляла 150 тон.

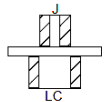
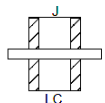
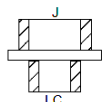
Jack		Load Cell response to applied load (100%)	
		1" thick plate	2" thick plate
A (smaller)		108%	102%
B (same size)		100%	100%
C (bigger)		96%	98%

Figure 9 - Effects of Jack Sizing on Readings

Рисунок 9 – Влияние размеров цилиндра на показания

Jack =	Цилиндр	Smaller =	Меньше	Same size =	Тот же размер
Thick plate =	Толстая плита	Bigger =	Больше	Load cell response to applied load =	Реакция датчика напряжения (ячейки) на прилагаемую нагрузку

Из результатов видно, что если цилиндр меньше чем датчик напряжения (ячейка) то датчик напряжения будет давать **завышенные данные, за пределами диапазона (over-register)**, тогда как если цилиндр больше чем датчик напряжения (ячейка) то он давать **заниженные данные, ниже диапазона (under-register)**. Это влияние сильнее, если опорная плита между цилиндром и датчиком напряжения (ячейкой) тоньше.

Правильная толщина опорной плиты будет зависеть от степени несоответствия между цилиндром и датчиком напряжения (ячейкой). Однако, в соответствии с приблизительным эмпирическим правилом необходимые величины толщины приведены ниже:

Нагрузка 100-200 kip: 25 мм толщина

Нагрузка до 400 kip: 37 мм толщина

Нагрузка до 1000 kip: 50 мм толщина

Нагрузка до 2000 kip: 75 мм толщина

kip = кип = 453,9 кг

Д.5. Выводы

Все вышеизложенное указывает на то, что для получения наилучших результатов калибровку датчика напряжения (ячейки) следует осуществлять вместе с реальным гидравлическим цилиндром, который будет использоваться, помещая одновременно оба эти устройства на испытательную установку. Если это невозможно, то датчик напряжения (ячейку) следует нагрузить через кольцо, у которого диаметры такие же как у опорной поверхности гидравлического цилиндра, располагаемое с другой стороны опорной плиты надлежащей толщины. Таким образом, можно будет устранить одну из переменных величин, воздействующую на соответствие между показаниями датчика напряжения (ячейки) и показаниями гидравлического цилиндра, что приведет к более близкому соответствию.

Данная техническая записка относится только к вопросу несоответствия размеров датчиков напряжения (ячеек) и размеров гидравлических цилиндров.

Существуют и другие важные факторы, оказывающее влияние на соответствие показаний датчика напряжения (ячейки) и гидравлического цилиндра, так, например, потери на трение в пределах гидравлического цилиндра могут привести к регистрации данных ниже пределов диапазона примерно на 15%. (Dunnicliff 1988¹ Раздел 13.2.6)

Также, кольцеобразные датчики напряжения предрасположены к проявлению концевых эффектов и эксцентрично прикладываемых нагрузок. Высота датчика напряжения (ячейки) должна в четыре раза превышать толщину стенок кольца, и как минимум должны использоваться три проволочных тензодатчика, с увеличением их количества до шести по мере увеличения датчика напряжения (ячейки).

Литература:

J. Dunnicliff 1988. «Геотехническая измерительная аппаратура для мониторинга в полевых условиях» (Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance), John Wiley & Sons, New York, NY: 577 стр.

Приложение Е. Использование регрессивного нуля при использовании линейного калибровочного коэффициента

Вполне нормально для датчиков напряжения (ячеек) с кольцеобразной конструкцией и для сплошных датчиков напряжения (ячеек) не иметь полукруглых головок или сферических опорных плит, быть подверженными неравномерным распределением нагрузки при низких нагрузках. Это происходит из-за того, что имеет место процесс притирки, когда поверхности на обоих торцах датчика напряжения (ячейки) приспособляются к поверхностям, на которые они опираются, что приводит к непредсказуемому деформированию, в результате которого появляются странный характер напряжений и неверные показания при низких нагрузках.

Эта неоднородность нагрузки исчезает, как только поверхности датчика напряжения притерлись и с этого момента датчик напряжения (ячейка) характеризуется более линейным поведением, так что имеется постоянная взаимосвязь между прилагаемой нагрузкой и наблюдаемым изменением в показаниях, что количественно выражается линейным калибровочным коэффициентом, приведенным в калибровочной карте.

По этой причине, линейный калибровочный коэффициент, приведенный в калибровочной карте, был рассчитан после исключения часто встречающихся аномальных нулевых показаний в точках замера. Такой калибровочный коэффициент наилучшим образом описывает работу датчика напряжения (ячейки) при умеренных и более высоких нагрузках.

Данный линейный калибровочный коэффициент описывает наклон линии наилучшего соответствия, проведенной через точки калибровочных данных, а показание, где линия пересекается с точкой нулевой нагрузки на оси нагрузки, называется «регрессивный ноль», приведенный в калибровочной карте.

Очень важно, чтобы при использовании линейного калибровочного коэффициента для вычисления нагрузок, чтобы значение R_0 в линейном уравнении было равно регрессивному нулю.

Для повышения точности можно использовать полином второго порядка для отображения точек замера. В этом случае регрессивный ноль заменяется на множитель C , приведенный в калибровочной карте.

По разным причинам (например, если датчик напряжения (ячейка) используется повторно в разных заданиях), может оказаться, что показание без нагрузки может существенно измениться. И снова, для повышения точности можно подогнать значение регрессивного нуля до величины, равной наблюдаемому изменению в нуле без нагрузки, от того значения, которое приведено в калибровочной карте. Аналогично, множитель C в полиноме можно подогнать к величине изменения нулевой нагрузки, умноженной на линейный калибровочный коэффициент, для преобразования его в соответствующее изменение нагрузки.

Приложение Ж. Модель 8032-27 и монтажная схема датчика напряжения (ячейки)

Подсоедините общий VW-проводник от датчика напряжения (ячейки) к устройству 8032-27, приподняв оранжевую защелку, расположенную на противоположной стороне шести черных проводников, вставив общий провод полностью в устройство 8032-27 (Рисунок 10), а затем нажмите на оранжевую защелку, чтобы она вернулась на место. В Приложении В.1 имеется информация о том, какой из проводов датчика напряжения (ячейки) предназначен для VW-сигнала.



Рисунок 10 – Узел джампера проводов Модели 8032-27 Jumper Wire Assembly

После присоединения общего провода от датчика напряжения (ячейки) к устройству 8032-27 черные провода, поставляемые с устройством 8032-27, можно подсоединить к плате терминала или концентратора Геокоп, куда обычно приходит VW-сигнал. Заведите один черный провод из 8032-27 для каждого датчика из датчика напряжения (ячейки).