

## ПРИБОР КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Черняев А. А., гр.ПЭ-01,  
Руководитель: Ларин В.Ю.

Во многих городах Украины и других странах существуют сооружения, которые находятся в опасной зоне из-за подземных шахтных выработок, плавучих грунтов, размывание фундамента техногенными и почвенными водами, колебаний земной поверхности. Необходим контроль подобных строений. Другой причиной потери жесткости может служить транспорт, который приводит к негативным последствиям (появление трещин) и некачественные строительные материалы. Уже отмечено несколько случаев как у нас в стране, так и за рубежом проседания фундаментов высотных зданий, смещение центра тяжести относительно геометрической оси.

Для того чтобы на ранних стадиях зафиксировать это, предпринять меры и уменьшить вероятность разрушения зданий необходимо создать прибор, фиксирующий малейшие изменения в конструкции здания. Этот прибор должен отвечать высочайшим требованиям надежности, точности и простоте. Для проектирования прибора здание было представлено, как трехмерный объект, имеющий соответственно три координаты. Задачей прибора является первую очередь фиксирование изменения высоты, а координаты положения здания на поверхности земли имеют второстепенную роль.

Самый распространенный способ нахождения высоты считается измерение высоты с помощью барометра. Он имеет ряд недостатков: погрешность порядка – 3м, и необходимость калибровки прибора на атмосферное давление.

Второй способ, который был мною рассмотрен – измерение высоты с помощью JPS приемника. Он имеет, как оказалось, еще большую погрешность – 50м (и это не предел).

Есть еще один способ – выпускать импульс света, принимать его же, и

засекать время между отправкой и приемом. В этом случае необходимо иметь всегда очищенный и постоянный участок грунта на земле, что не всегда возможно.

Необходимо спроектировать электронный прибор, который бы определял высоту конкретных точек на здании с погрешностью не более – 1см.

Если на некоторые части здания (углы и др.) снабдить приемниками сигнала и с их помощью фиксировать излучение, поступающее под определенным углом к ним от источника, то мы по углу приема информации можем судить о высоте, на которой установлен приемник (а соответственно и высоте определенной точки на здании). В этом случае остается найти только источник сигнала с фиксированной высотой - это и есть наиболее сложная задача. Если использовать искусственно созданные источники на земной поверхности, то необходимо следить за его эталонной высотой что также непросто. С высокой точностью как источник сигнала можно использовать объекты, несвязанные с Землей - это спутники, Луна, Солнце. В этом случае мы будем получать высоту над уровнем океана при получении информации от приемника, что более целесообразно. Зная угол падения солнечных лучей в определенное время суток и скорость движения поверхности Земли относительно её оси можно измерить высоту точки.

Предлагается использовать в качестве приемника какой-нибудь быстродействующий фотоэлемент. Он должен работать таким образом, чтобы фиксировать излучение только под определенным углом, поэтому к нему необходимо прикрепить непрозрачную колбу с узкой щелью (рис 1). Такая конструкция позволяет с достаточной точностью фиксировать время попадания излучения в отверстие. Как ориентир я предлагаю использовать Солнце и, поскольку оно имеет внушительные размеры, то фиксировать можно как попадание солнечного света в приемник, так и его исчезновение. Это увеличит точность прибора.

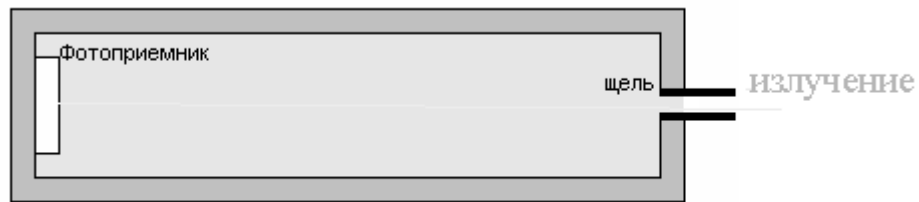


Рис 1

Приемник необходимо оснастить двумя или одним фиксатором времени. Все приемные элементы должны объединиться в вычислительном блоке, который будет сравнивать их показания с теоретическими, и, при достаточной разнице, сигнализировать об аварийном состоянии. Теоретические данные могут быть получены в результате электронного просчета, выполненного отдельным подблоком прибора, или заноситься в память устройства при затруднительном просчете. Этот блок также может указывать о высоте точек здания, на которых установлены приемники сигналов для постоянного контроля. Для большей точности измерения можно проводить два раза в сутки: утром (когда Солнце поднялось невысоко над горизонтом) и вечером (когда оно еще не зашло за горизонт). Поскольку горизонт не совсем ровный и часто не является эталонным нулем высоты, то устанавливать датчики лучше под малым углом к нему, а погрешность при этом учесть поправкой во времени.

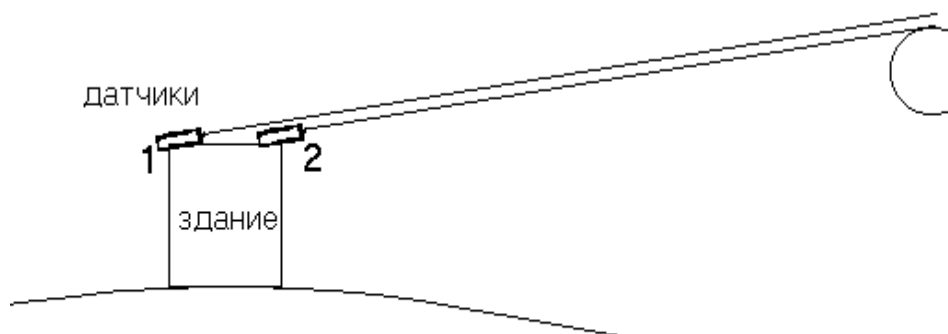


Рис 2

Приведу основные (первоначальные) формулы:

1. Зависимость  $\Delta t$  – изменение времени попадания (отличается от теоретического значения) от  $\Delta y$  – смещение точки по оси Z.

$$\Delta t(\Delta y) := \frac{\sqrt{2 \cdot \Delta y \cdot R - \Delta y^2} \cdot T}{2 \cdot \pi R} \quad (1)$$

Где R- радиус Земли,

T – время полного оборота Земли вокруг своей оси (24 часа).

2. Введена поправка на угол поднятия.

$$\Delta t(\Delta y, \beta, R) := \frac{\sqrt{2 \cdot \Delta y \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi \cdot (90 - \beta)}{360}\right] \cdot R - \left[\Delta y \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi \cdot (90 - \beta)}{360}\right]\right]^2} \cdot T}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad (2)$$

Где  $\beta$  – угол между касательной к оси Земли и углом попадания Солнечных лучей в объектив датчика.

3. Введена поправка угол наклона солнца.

$$\Delta t(\Delta Y, \beta, R2) := \frac{\sqrt{2 \cdot \frac{\Delta Y \cdot R}{R2} \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi \cdot (90 - \beta)}{360}\right] \cdot R2 - \left[\frac{\Delta Y \cdot R}{R2} \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi \cdot (90 - \beta)}{360}\right]\right]^2} \cdot T}{2 \cdot \pi \cdot R2} \quad (3)$$

R2 – это радиус, характеризующий географическое положение точки на Земле.

В результате были получены графики

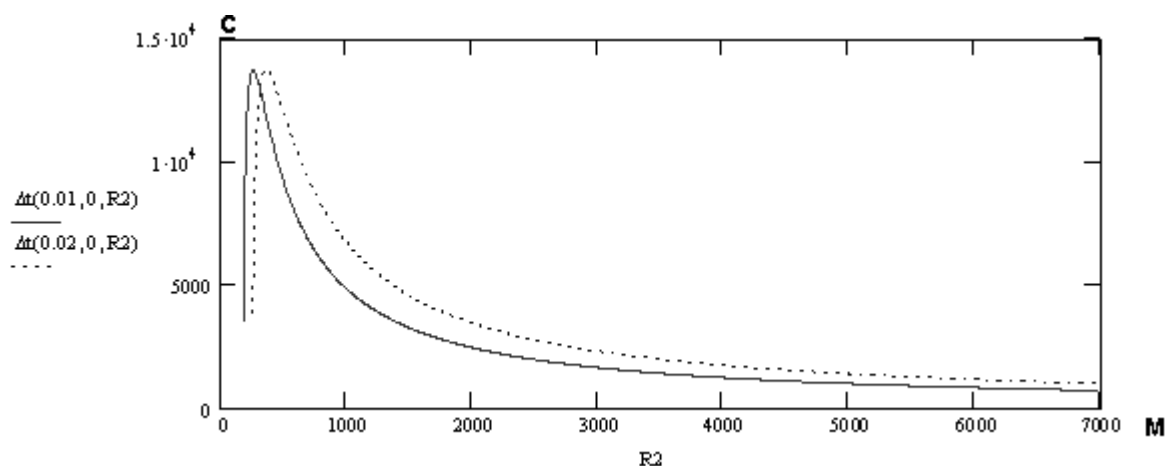


Рисунок 3. Зависимость изменения времени попадания от географического положения (возле полюсов) при двух разных фиксированных

вертикальных смещениях датчика.

Возле полюсов не рекомендуется использовать прибор.

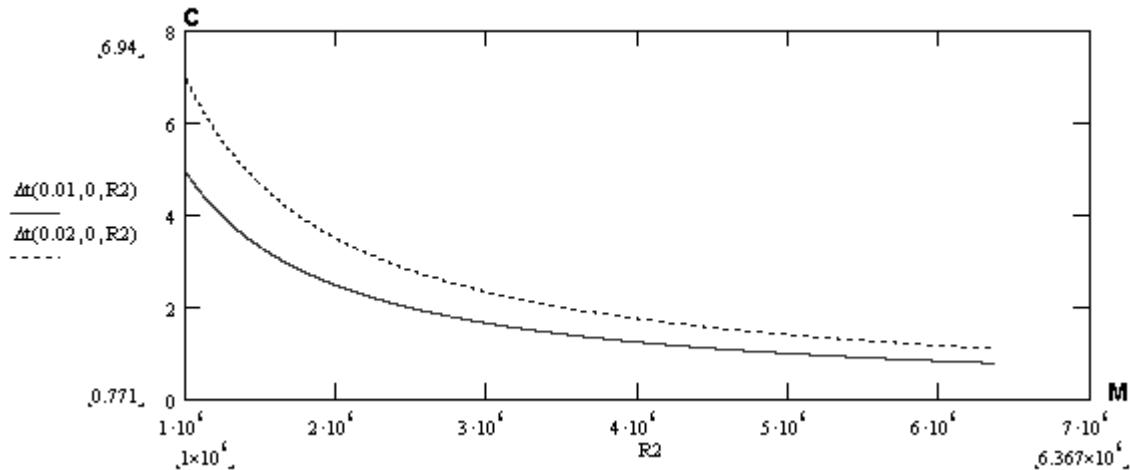


Рисунок 4. Зависимость изменения времени попадания от географического положения ( $R=1000...6367$  км) при двух разных фиксированных вертикальных смещениях датчика.

Этот график показывает, что при смещении равном 1 , 2 см мы получаем изменение времени, равное 0,8 - 5 секунд, в зависимости от географического положения. Это время легко можно зафиксировать.

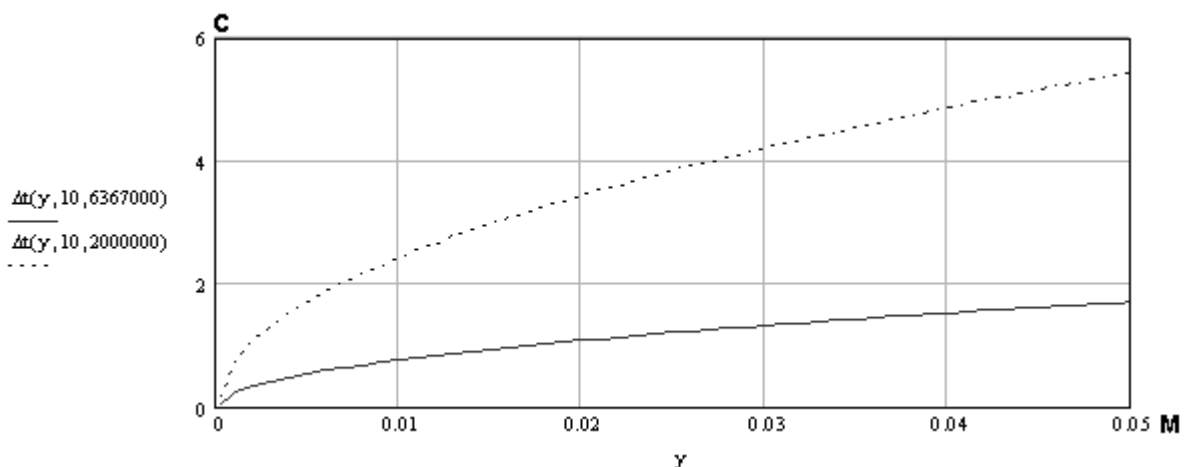


Рисунок 5. Зависимость изменения  $\Delta t$  (изменение время) от  $\Delta y$ (смещения по оси Z) при разных географических координатах ( $R_1=2000$ км  $R_2=6367$ км) и угле поднятия 10гр.

Таким образом, предложено универсальное устройство, способное с высокой точностью фиксировать изменение высоты установки датчика к уровню океана. Характерной особенностью является то, что прибор не требует дополнительных опорных точек, установленных на определенном уровне для измерения высоты относительно их. Прибор может быть использован для осуществления контроля высоты различных объектов. Причем точность прибора, как показал расчет, приемлема.