

Изобретение относится к области измерительной техники, в частности, к конструкции измерителей колебаний давления оптическими методами.

Известна конструкция измерителя колебаний давления (Микробарограф НЕЯИ 406222.001 ТУ), содержащего приемник давления, преобразователь давления в виде мембран и выходного устройства.

Недостатком прибора является недостаточный диапазон частот измерения давления (0,003 - 10Гц) и низкая чувствительность (1Па).

Известна конструкция лазерного интерферометра для измерения деформаций оптическими методами (Авт. св. СССР №958851, кл. G01B11/16, 1981), выбранного в качестве прототипа, содержащего источник монохроматического сигнала, светоделитель, опорное плечо интерферометра, рабочее плечо интерферометра, фотоприемное устройство, электронную схему обработки, установленные на основании два подпружиненных штока, расположенные в рабочем плече четыре зеркала (два на основании, два на торцах штоков).

Недостатком известной конструкции является наличие сложной механико-оптической части. Применение подпружиненных штоков с зеркалами в рабочем плече не дает нужной точности измерения и большое количество зеркал делает сложной настройку интерферометра.

В основу предлагаемого изобретения прецизионного измерительного комплекса инфразвуковых колебаний давления в прозрачных средах поставлена задача повышения точности измерения колебаний давления и расширение рабочего диапазона по частоте за счет использования герметичного участка с гибкой диффузорной внешней оболочкой, что обеспечивает повышение чувствительности измерительного комплекса и увеличивает рабочий диапазон устройства по частоте.

Техническая задача реализуется за счет того, что в рабочем плече интерферометра Майкельсона использовано два герметичных участка, первый (внешний) участок имеет внешнюю гибкую диффузорную оболочку и жесткую внутреннюю оболочку, второй (внутренний) участок заключен в жесткую оболочку, которая является внутренней для первого участка и оптическая длина этого участка, в исходном состоянии равна оптической длине первого участка. При воздействии давления на гибкую оболочку изменяется показатель преломления в первом участке. Согласно принципу Ферма оптическая длина участка будет равна

$$L = n * S,$$

где L - оптическая длина участка;

n - показатель преломления среды;

S - геометрическая длина участка.

Так как во втором участке давление не изменяется, то показатель преломления остается прежний. Следовательно и оптическая длина второго участка не изменяется. Изменение разности оптических путей в двух участках вызывает различные изменения фаз интерференционных сигналов. После преобразования и обработки в вычислительном блоке на выход поступает информация, соответствующая изменению давления относительно начального (нулевого) отсчета.

Изобретение поясняется фиг.1 и 2, на которых представлен интерферометрический датчик

(фиг.1) и электронная схема обработки (фиг.2).

Лазерный интерферометрический датчик (фиг.1) содержит источник монохроматического излучения 1, расположенный на основании интерферометра, расщепитель луча 2, установленный на основании на выходе источника излучения, модулятор опорного плеча 3 и отражатель опорного плеча 4, расположенные на торце опорного плеча, стеклянная оболочка опорного плеча 5, гибкая диффузорная оболочка 6, которая устанавливается с внешней стороны рабочего плеча, отражатель рабочего плеча 7, находящийся на торце рабочего плеча интерферометра, светоделитель 8, расположенный на пересечении рабочего и опорного плеча, стеклянная оболочка рабочего плеча 9, внутренний герметичный участок рабочего плеча 10, внешний герметичный участок рабочего плеча 11, фотоприемники 12 и 13, которые электрически связаны соответственно с формирователями 14 и 15, вычислительный блок 16, на который поступает информация в виде импульсов с формирователей. Интерферометр 17 включает в себя опорное и рабочее плечо и светоделитель.

Система обработки информации (фиг.2) включает блок аналоговых фильтров 1, на которые поступает информация с интерферометра, блок первичных преобразователей 2, вход которого соединен с выходом блока аналоговых фильтров, ЭВМ 3, соединенная с выходом блока первичных преобразований, выходы ЭВМ подключены ко входам накопителя на гибких магнитных дисках (НГМД) 4, накопителя на магнитной ленте (НМЛ) 5, устройства печати 6, дисплея 7 и графопостроителя 8.

Предлагаемая конструкция работает следующим образом. Пучок света от источника монохроматического излучения 1, проходя расщепитель луча 2, делится на два параллельно распространяющихся пучка. Светоделитель 8 разделяет каждый из падающих пучков света на два луча. Отраженные от светоделителя лучи направляются на отражатель 4 и модулятор 3 опорного плеча.

В измерительном плече лучи распространяются следующим образом.

Измерительный луч проходит по герметичному участку 11 прозрачной среды с внешней гибкой диффузорной оболочкой 6, а компенсационный луч - по герметичному участку 10 в стеклянной оболочке 5. Оба луча, измерительный и компенсационный, распространяются к отражателю 7, возвращаются и пространственно совмещаются на светоделителе 8 с соответствующими лучами света отраженными отражателем 4 опорного плеча и интерферируют.

Образовавшиеся на выходе интерферометра 17 две пары интерференционных полос регистрируются фотоприемниками 12 и 13, электрические сигналы от которых преобразуются формирователями 14 и 15 в счетные импульсы, поступающие в вычислительный блок 16 на обработку в соответствии с заданной программой.

Одна пара образующихся интерференционных полос отражает изменения разности оптических длин опорного плеча (оптической путь от светоделителя 8 до отражателя 4) и рабочего плеча (оптический путь от светоделителя 8 до отражателя 7 по внешнему участку 11).

Другая пара образующихся интерференционных полос отражает изменения

разности оптических длин опорного (оптический путь от светоделителя 8 до отражателя 4) и рабочего (оптический путь от светоделителя 8 до отражателя 7 по внутреннему участку 12) плеч по герметичному участку в светопроводе.

Перемещения отражателя 4 опорного плеча с помощью модулятора 3 и перемещения частей интерферометра под действием внешних условий приводят к синхронному изменению фаз интерференционных сигналов и возникновению в формирователях 14 и 15 одинакового числа счетных импульсов. Разность числа импульсов, получаемая в вычислительном блоке 16 равна 0 и показания устройства остаются прежними.

При изменении колебаний давления прозрачной среды геометрические пути лучей одинаковы в рабочем плече. Оптические же пути у лучей различны: один луч проходит через измерительный участок 11 с внешней гибкой диффузорной оболочкой 6 (он при изменении показателя преломления, под действием внешнего давления, соответственно меняется), а другой луч - через герметичный участок 10, где показатель преломления остался прежний.

Изменение этих оптических путей вызывает различные изменения фаз интерференционных сигналов. После преобразования и обработки в вычислительном блоке 16 на выход поступает информация, соответствующая изменению давления -относительно начального (нулевого) уровня.

Таким образом, устройство обеспечивает автоматический учет изменения некомпенсированной длины за счет температурных возмущений и учет частотной нестабильности для частотно-нестабилизованного лазера. Благодаря установке светоделителя 8 и отражателей 4 и 7 на одном основании сейсмические колебания не влияют на измеряемую величину.

Для оценки лазерного интерферометрического датчика давления воспользуемся уравнением, характеризующим изменение фаз

$$\delta\varphi = \frac{2 \cdot \omega \cdot l}{c} \cdot \frac{\partial n}{\partial p} \cdot \delta p, \quad (1)$$

где l - разность хода в плечах интерферометра;

c - скорость света в вакууме;

ω - частота излучения лазера;

δp - чувствительность датчика;

$\frac{\partial n}{\partial p}$

- ошибка регистрации.

При нормальных условиях, когда

$$\frac{\partial n}{\partial p} \approx \sim 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ лат}^{-1}, l = 1 \text{ м}, \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda},$$

где $\lambda = 0,63 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ - длина волны лазера

$$\delta\varphi = \frac{4\pi l}{\lambda} \cdot \frac{\partial n}{\partial p} \cdot \delta p.$$

Подставляя значения составляющих в выражение (1), получаем

$$\delta\varphi = 7,2 \cdot 10^{-2} \delta p,$$

$$\text{тогда } \delta p = \frac{\delta\varphi}{7,2 \cdot 10^{-2}}.$$

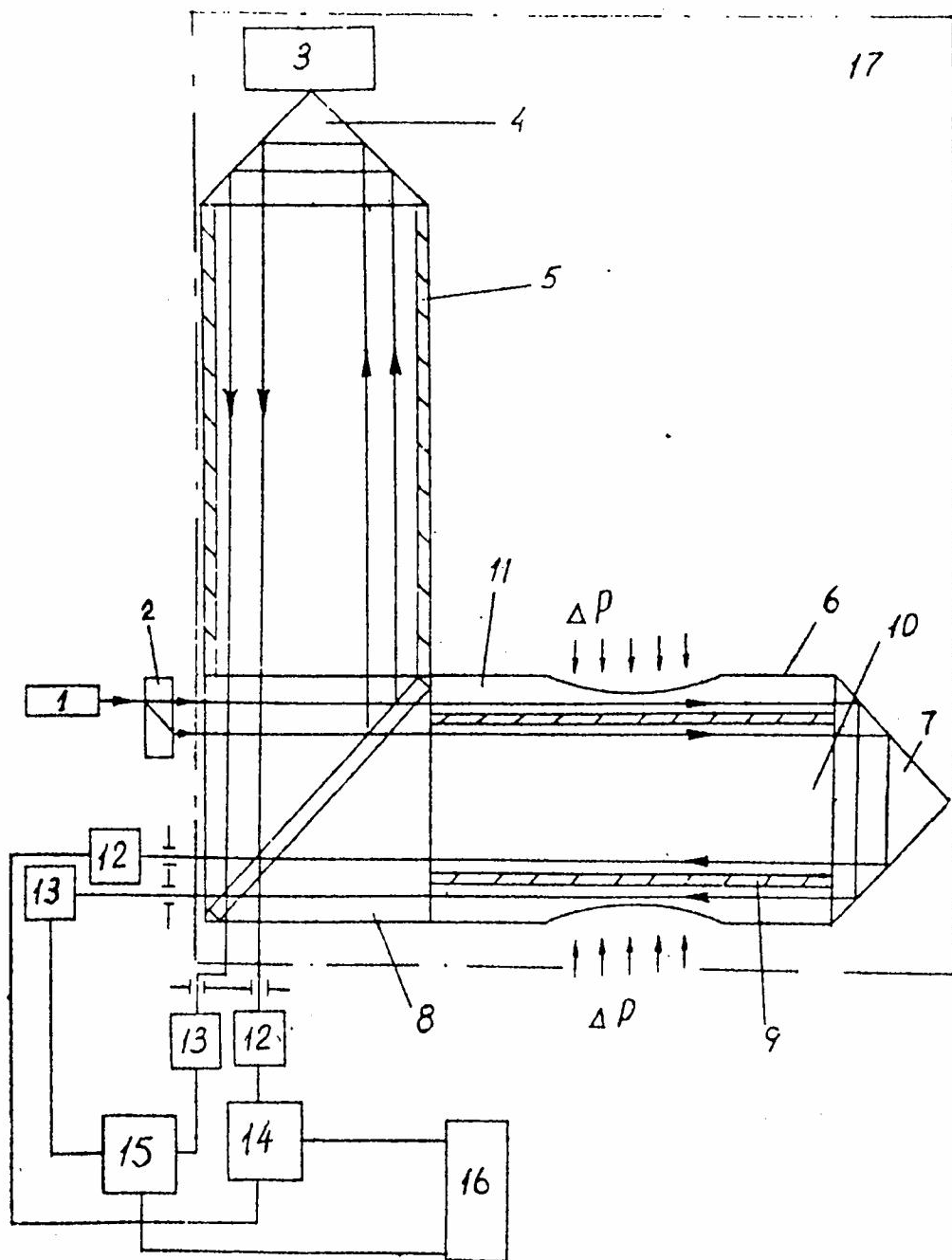
Современная система регистрации двухлучевых интерферометров позволяет измерять перемещения $5 \cdot 10^{-6} \text{ мкм/Гц}$, что соответствует $\delta p \approx 10^{-4}$ раз. В этом случае чувствительность прибора составит $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$.

Сигналы, принимаемые лазерными интерферометрами, поступают в систему обработки информации (фиг.2) через блок аналоговых фильтров 1, настроенный на пропускание заданной полосы частот. В блоке первичных преобразований 2 происходит превращение сигналов в цифровые коды с помощью 12-разрядных АЦП. После предварительной обработки и превращения в цифровые сигналы поступают в ЭВМ 3, к которой подключены внешние устройства: накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД) 4, накопитель на магнитной ленте (НМЛ) 5, устройство печати 6, дисплей 7 и графопостроитель 8.

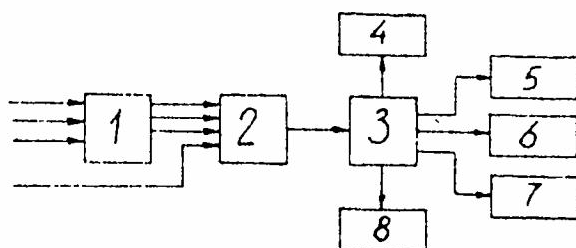
Применение равноплечной схемы лазерного интерферометра в качестве измерителя колебаний давления на порядок повышает точность измерений по сравнению с существующими датчиками.

Значение точных значений давления позволит существенно улучшить коррекцию результатов при измерениях перемещений и направлений с помощью лазерных интерферометров.

Измерение колебаний атмосферного давления путем определения оптической разности хода лучей в рабочем плече интерферометра позволяет увеличить чувствительность до $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ и расширить рабочий диапазон до $6,5 \cdot 10^4 \text{ Гц}$.



Фиг. 1



Фиг. 2