



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 872743

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 05.11.79 (21) 2837335/22-03

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.10.81. Бюллетень № 38

Дата опубликования описания 15.10.81

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

Е 21 В 47/12

(53) УДК 622.242  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

Э. А. Айзуппе, В. Л. Воронель, Н. Н. Лебедева, Б. А. Молойчино,  
Т. И. Тибушкина и С. А. Уланова

(71) Заявитель

Всесоюзный научно-исследовательский институт разработки  
и эксплуатации нефтепромысловых труб

(54) СКВАЖИННАЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

1

Изобретение относится к бурению и добыче нефти и может быть применено для исследования работы трубных колонн.

Известна телеметрическая система для измерения усилий в трубных колоннах [1].

Известна также телеметрическая система, содержащая встроенный в колонну труб упругий элемент с установленными на нем датчиками осевых перемещений и глубинную измерительную аппаратуру, соединенную линией связи с приемным устройством и регистрирующими приборами [2].

Недостатком данного устройства является невысокая точность, так как для определения осевой нагрузки используется приближенная формула Барлоу, применимая только для случая тонкостенных труб.

Цель изобретения - повышение точности измерения осевого усилия.

2

Цель достигается тем, что система снабжена установленными на упругом элементе датчиками радиальных перемещений, датчиком давления в затрубном пространстве и функциональным преобразователем, входы которого связаны с выходами приемного узла, а выходы - с регистрами.

Приемное устройство линией связи соединено с глубинной измерительной аппаратурой. При одновременном действии перепада давления и осевой силы упругий элемент удлиняется и приобретает бочкообразную форму. Последняя изменяет характеристику, осевое перемещение - осевое усилие, а наличие осевой силы влияет на характеристику радиальное перемещение - перепад давления.

Введены обозначения:  $G$  - осевое усилие, кгс;  $P_1$  - внутреннее внутри-трубное давление, кгс/см<sup>2</sup>;  $P_2$  - наружное (затрубное) давление, кгс/см<sup>2</sup>;  $\Delta P$  - перепад давления, кгс/см<sup>2</sup>.

$\Delta P = P_1 - P_2$ ,  $\sigma_1$  - осевое перемещение датчика, см;  $l$  - первоначальная длина упругого элемента, см;  $\sigma_r, \sigma_t, \sigma_z$  - напряжения соответственно радиальные, окружные и осевые, возникающие в теле трубы при комплексном нагружении (наружное и внутреннее давление, осевое усилие), кг/см<sup>2</sup>;  $\epsilon_z$  - осевая деформация трубы (относительная);  $R$  и  $r$  - соответственно наружный и внутренний радиус трубы, см;  $E$  - модуль упругости материала трубы, кг/см<sup>2</sup>;  $\mu$  - коэффициент Пуассона;  $\sigma_r$  - радиальное перемещение датчика, установленного на наружной поверхности трубы, см.

В результате комплексного нагружения тело трубы находится в сложном напряженном состоянии, в связи с этим труба деформируется и получает перемещения, фиксируемые датчиком  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ .

Осевое перемещение определяется по формуле

$$\sigma_1 = \int_0^l \epsilon_z dz \quad \sigma_1 = \epsilon_z l.$$

В данном случае  $\epsilon_z = \text{const}$ , следовательно,  $\sigma_1 = \epsilon_z l$ . (1)

Согласно обобщенному закону Гука,

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} (\sigma_z - \mu \sigma_r - \mu \sigma_t). \quad (2)$$

По формуле Гука

$$\sigma_z = \frac{Q}{\pi(R^2 - r^2)}. \quad (3)$$

Согласно формулам Ляме, напряжения  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  на наружной поверхности трубы определяются следующими зависимостями:

$$\sigma_r = -P_r; \quad \sigma_t = \frac{P_1 r^2 - P_2 R^2}{R^2 - r^2} + \frac{(P_1 - P_2) r^2}{R^2 - r^2}.$$

Обозначим  $k = \frac{r}{R}$  и  $P_1 = P_2 + \Delta P$ , получим

$$\sigma_t = \frac{2 \Delta P k^2}{1 - k^2} P_2.$$

Представляя значения  $\sigma_r$ ,  $\sigma_t$  и  $\sigma_z$  в формулы (2) и (1), получим выражение для перемещения  $\sigma$ :

$$\sigma_1 = \frac{l}{k} \left( \frac{Q}{\pi(R^2 - r^2)} - 2\mu \frac{\Delta P k^2}{1 - k^2} + 2\mu P_2 \right).$$

Радиальное перемещение на наружной поверхности трубы в результате

действия осевого усилия и перепада давления определяется по формуле

$$\sigma_2 = \frac{1 - \mu}{E} \frac{P_1 k^2 - P_2}{1 - k^2} R + \frac{(1 + \mu) \Delta P k^2 R}{E (1 - k^2)} - \frac{\mu Q R}{E \pi(R^2 - r^2)}.$$

После преобразования получаем

$$\sigma_2 = \frac{R}{E} \left[ -\frac{\mu Q}{\pi(R^2 - r^2)} + 2 \frac{\Delta P k^2}{1 - k^2} - P_2 (1 - \mu) \right]. \quad (5)$$

Решая совместно уравнения (4) и (5), получим выражение для  $Q$  и  $\Delta P$

$$\Delta P = \frac{(1 - k^2)}{2k^2(1 - \mu^2)} \times \left[ E \left( \frac{\mu \sigma_1}{l} + \frac{\sigma_2}{R} \right) - P_2 (2\mu^2 + \mu - 1) \right], \quad (6)$$

$$Q = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{(1 - \mu^2)} \left[ E \left( \frac{\sigma_1}{l} + \frac{\mu \sigma_2}{R} \right) - P_2 (1 + \mu) \mu \right]. \quad (7)$$

Таким образом, устанавливая дополнительно датчики радиальных перемещений и наружного давления, можно с учетом формулы (7) точно определить действительное значение осевого усилия.

На фиг. 1 изображена блок-схема скважинной телеметрической системы; на фиг. 2 - функциональный преобразователь, один из вариантов выполнения.

Телесистема включает упругий элемент 1, встроенный в колонну труб, на котором размещены датчики осевого перемещения 2 и датчики радиального перемещения 3. Датчик наружного давления 4 установлен в затрубном пространстве. Для исключения влияния изгибающего усилия на упругом элементе установлены три датчика осевого усилия, расположенные через 120° и соединенные последовательно. Аналогично установлены и датчики радиальных перемещений. Глубинная измерительная аппаратура содержит генераторы 5-7, в соответствующие контуры которых включены обмотки датчиков 2-4, суммирующее устройство 8, входы которого соединены с выходами генераторов, и усилитель 9, подключенный к выходу суммирующего устройства. Глубинная измерительная аппаратура линейной связи 10 соединена с приемным узлом (ПУ). Приемное устройство содержит три полосовых фильтра 11-13, которые соедине-

ны с демодуляторами 14-16. Выходы демодуляторов соединены с функциональным преобразователем 17, к выходам которого подключены индикаторы осевого усилия, перепада давления и наружного давления.

Система работает следующим образом.

При проведении измерения внешние усилия (осевое усилие, внутреннее и затрубное давление) воздействуют на соответствующие датчики. Изменяя их индуктивности  $L_1 \pm \Delta L_1$ ;  $L_2 \pm \Delta L_2$ ;  $L_3 \pm \Delta L_3$ ; генераторы формируют измерительные сигналы  $f_1 \pm \Delta f_1$ ;  $f_2 \pm \Delta f_2$ ;  $f_3 \pm \Delta f_3$ , которые через суммирующее устройство 8 и усилитель 9 поступают в линию связи 10. В приемном устройстве сигнал разделяется фильтрами 11-13, дешифруется в блоках 14-16 и поступает на функциональный преобразователь 17. На входы демодуляторов поступают частотно-модулированные сигналы, на выходе получаем напряжения  $U_1, U_2, U_3$ , пропорциональные глубинным измерительным сигналам. Для точного определения осевого усилия и радиального напряжения сигналы с выходов демодуляторов поступают в функциональный преобразователь, где выполняются математические операции в соответствии с выражениями (6) и (7). В функциональном преобразователе напряжения  $U_1, U_2$  и  $U_3$  через соответствующие сопротивления  $R_1, R_2$  и  $R_3$  поступают на сопротивление  $R_5$ . Сопротивления подбираются таким образом, чтобы выполнялись математические операции в соответствии с выражением (7). Одновременно сигналы  $U_1, U_2$  и  $U_3$  поступают через  $R_3, R_4$  и  $R_7$  на сопротивление  $R_6$ . Перечисленные сопротивления выбираются так, чтобы выполнялись математические операции в соответствии с выражением (6). Далее сигналы снимаются с  $R_5$  на регистрирующий прибор  $G_{ос}$ , с  $R_6$  на прибор  $\Delta P$ , с демодулятора 16-прямо на прибор  $P_H$ .

Вместо датчиков радиального перемещения возможна установка датчика перепада давления. Однако установка датчика в теле упругого элемента между внутритрубной и затрубной полостями связана с конструктивными трудностями, с необходимостью сверления упругого элемента, тщательной герметизации датчика. Установка датчиков радиальных перемещений значительно проще, а для увеличения радиальных перемещений используется механический усилитель.

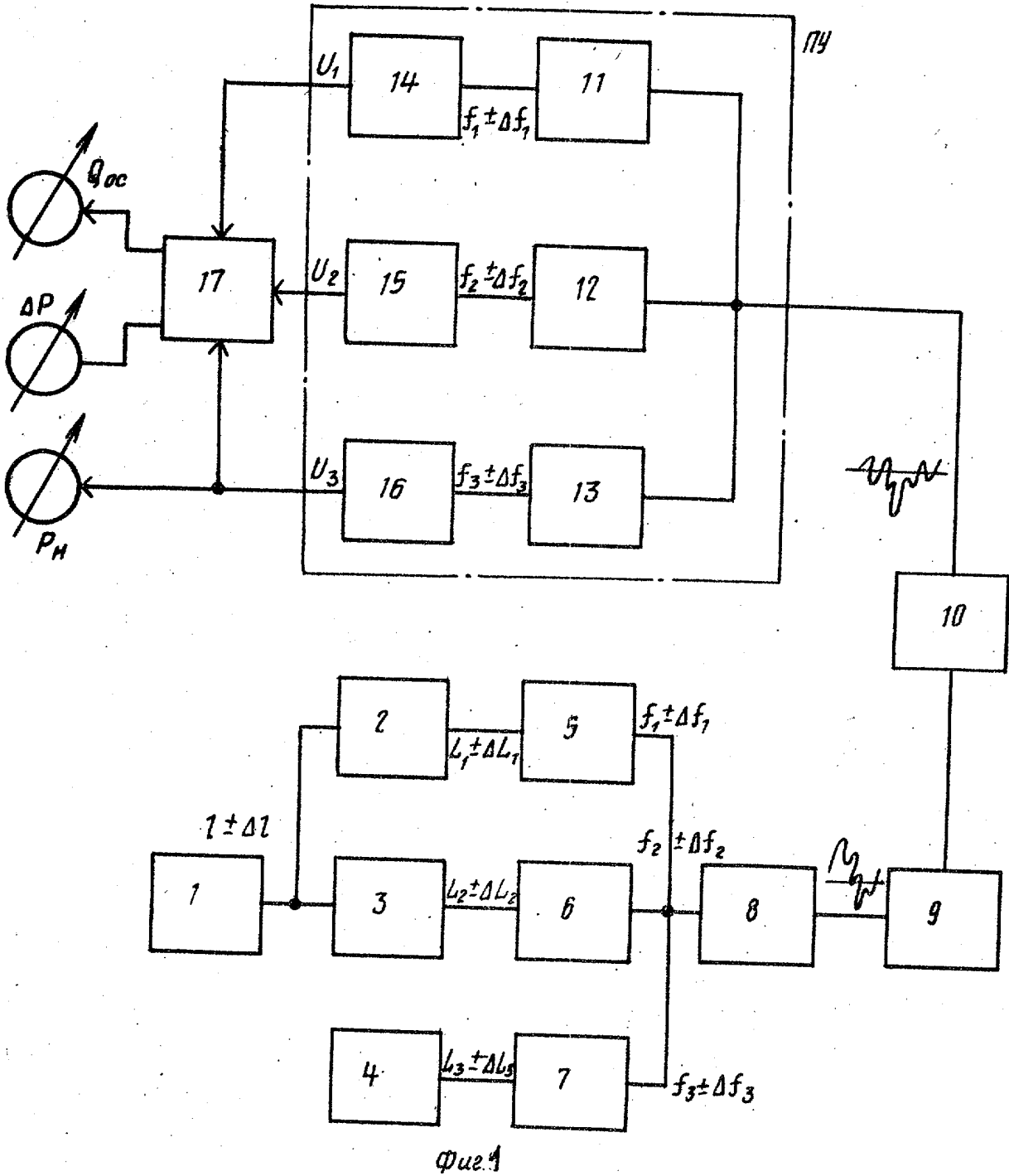
Телеметрическая система имеет следующие технико-экономические преимущества: осуществляет корректировку показаний осевого усилия в процессе измерения, что повышает точность измерений; контролирует радиальные напряжения в зависимости от перепада давления с учетом осевого усилия; контролирует затрубное давление.

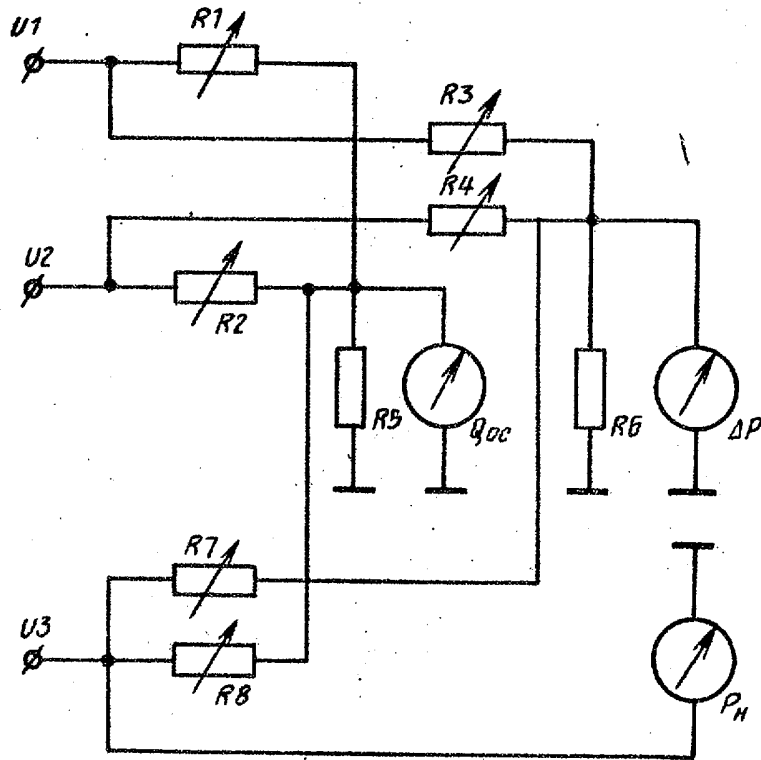
#### Формула изобретения

Скважинная телеметрическая система, содержащая встроенный в колонну труб упругий элемент с установленными на нем датчиками осевых перемещений и глубинную измерительную аппаратуру, соединенную линией связи с приемным узлом и регистраторами, отличающаяся тем, что, с целью повышения точности измерения, она снабжена установленными на упругом элементе датчиками радиальных перемещений, датчиком давления в затрубном пространстве и функциональным преобразователем, входы которого связаны с выходами приемного узла, а выходы - с регистраторами.

Источники информации,

- принятые во внимание при экспертизе
1. Авторское свидетельство СССР № 240587, кл. Е 21 В 47/08, 1970.
  2. Авторское свидетельство СССР № 595482, кл. Е 21 В 47/08, 1977.





Фиг. 2

Редактор М. Догориляк      Составитель В. Булыгин      Техред А. Бабинец      Корректор Г. Решетник

Заказ 8972/50      Тираж 630      Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4