

УДК 621.226

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР КОЛЕБАНИЙ

© И. И. Серых, к.т.н., Н. А. Новик, к.т.н., доцент,
Ю. В. Елисеев, к.т.н., доцент, В. А. Гнитецкий, к.т.н.,
НТУУ «КПИ», Киев, Украина

Приведені результати експериментального дослідження двоканального електрогідрравлічного генератора коливань. Показано, що у всьому діапазоні частот поршень гідрравлічної коливальної системи здійснює стійкі коливальні рухи завдяки введенню в структуру генератора датчика стабілізації середнього положення привода. Підтверджено можливість регулювання амплітуди коливань вихідної ланки привода двома способами: безпосереднім регулюванням подачі насосної установки або за рахунок зміни величини керуючого сигналу, що подається на електрогідрравлічний підсилювач від блоку керування.

The results of experimental research of twochannel electro-hydraulic generator of vibrations are resulted. It is showed that in all of range of frequencies the piston of the hydraulic oscillating system carries out stable fluctuating motions due to introduction to the structure of generator of sensor of stabilizing of midposition there is a drive. Possibility of adjusting of amplitude of vibrations of output link is confirmed there is a drive two methods: direct adjusting of serve of the pumping setting or due to the change of size of managing signal which is given on an electro-hydraulic strengthener from the block of management.

Постановка проблемы

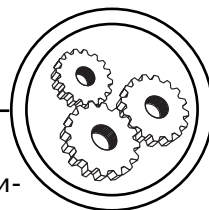
Для выявления резонансных частот гидравлических трубопроводов больших сечений часто используются генераторы гармонических колебаний, работающих в диапазоне частот (0,5 ...30) Гц и амплитудой колебаний до 0,18 м. Испытания таких генераторов колебаний показали, что при их работе происходит смещение средней точки колебаний поршня (дрейф нуля). При этом в одном из крайних положений возникают удары поршня о стенки крышки, что приводит к искажению формы колебаний, сниже-

нию долговечности и надежности генератора. Поэтому создание и экспериментальное исследование гидравлических генераторов с заданными характеристиками является актуальной проблемой. Создание таких генераторов колебаний дает возможность экспериментально определять резонансные частоты гидравлических трубопроводов и, тем самым, повысить надежность их эксплуатации.

Анализ предыдущих исследований

Известные электрогидравлические генераторы колебаний

МАШИНЫ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



[3] по своей природе относятся к классу структурно-неустойчивых систем, так как один из множителей упрощенной передаточной функции генератора представляет интегрирующее звено. В процессе работы гидравлических генераторов такого типа в зависимости от изменения нагрузки на шток гидроцилиндра наблюдается смещение средней точки колебаний в ту или иную сторону (так называемый «дрейф нуля»). Это приводит к тому, что поршень в процессе работы генератора может ударяться в крышку (жесткий упор). Это вызывает искажение характеристик колебательного процесса и может привести к разрушению устройства.

Цель работы

Целью настоящей работы является создание и экспериментальное исследование двухканального электрогидравлического генератора гармонических колебаний, имеющего возможность фазового сдвига выходных сигналов обоих каналов на любой частоте рабочего диапазона. Надежное получение выходного сигнала гармонической формы за счет введения в структуру генератора датчика обратной связи для стабилиза-

ции колебаний штока относительно среднего положения выходного звена. Возможность регулировки амплитуды и частоты за счет изменения параметров управляющего сигнала от блока управления. Кроме того, амплитуда выходного сигнала может изменяться непосредственной настройкой параметров насосной установки.

На кафедре конструирования станков и машин НТУУ «Киевский политехнический институт» создан двухканальный электрогидравлический генератор колебаний (ЭГГК), предназначенный для возбуждения моно- и полигармонических колебаний жидкости в испытуемых трубопроводах больших сечений. Блок-схема ЭГГК представлена на рис. 1. ЭГГК представляет собой систему двух идентичных гидроприводов (ГП), нагруженных на испытуемые трубопроводы (ИТ), электронный блок управления и контроля (БУ), связанный с гидроприводами электрическими кабелями. Электронные устройства, установленные в блоке управления, позволяют дистанционно управлять работой ЭГГК, вести контроль функционирования его узлов, устанавливать заданную амплитуду и частоту колебаний жид-

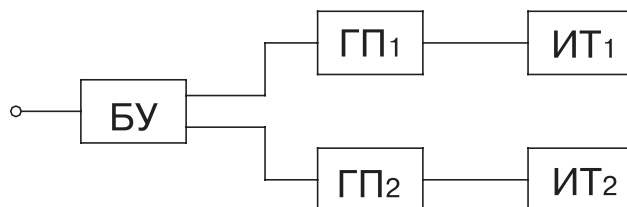
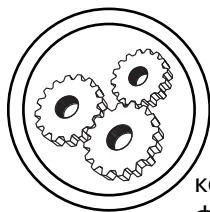


Рис. 1. Блок-схема ЭГГК



МАШИНЫ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

кости в ІТ, а также задавать фазовый сдвиг между обеими каналами на любой частоте рабочего диапазона.

На рис. 2 приведена принципиальная схема одного канала ЭГГК. Электрогидравлический привод включает в себя электрогидравлический усилитель 1 типа АУ38Б и силовой цилиндр двустороннего действия 2, шток которого жестко связан с поршнем 3 колебательной системы и с датчиком перемещения 4. Цилиндр колебательной системы 5 вместе с силовым цилиндром 2 посредством фланца крепится к испытываемому трубопроводу 6, заполненному жидкостью.

Для разгрузки поршня колебательной системы от постоянной силы, возникающей за счет

высоты столба жидкости в трубопроводе, в ЭГГК применяется воздушная система компенсации гидростатического давления (на рисунке не показана), которая подает воздух в штоковую полость колебательной системы.

Герметизация штоков и поршней всей исполнительной части выполняется резинофторопластовыми уплотнениями.

Питание гидропривода осуществляется от насосно-аккумуляторной установки, в которую входят аксиально-поршневой насос 7 типа НР 52М с ручной и автоматической регулировкой подачи рабочей жидкости, фильтр тонкой очистки 8, обратный и предохранительный гидроклапаны 9 и 10, двухпозици-

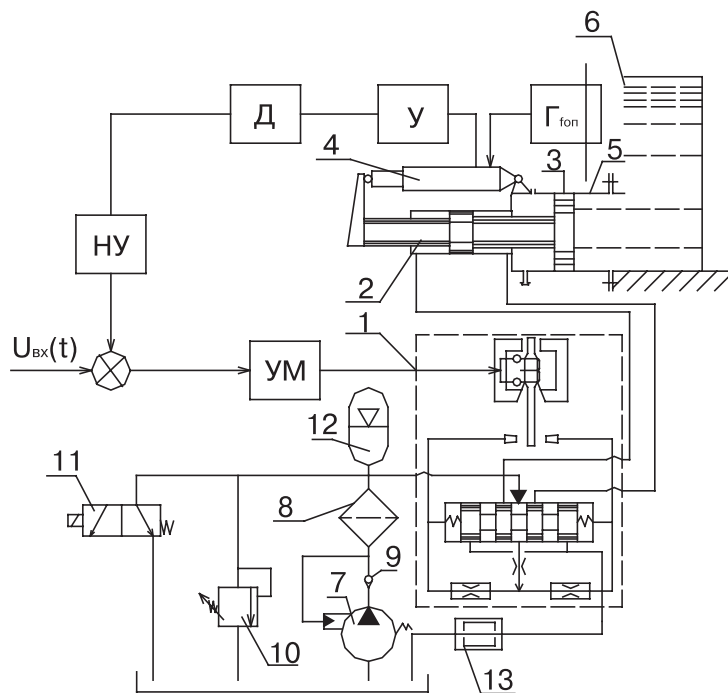
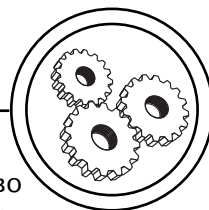


Рис. 2. Принципиальная схема одного канала ЭГГК

МАШИНЫ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

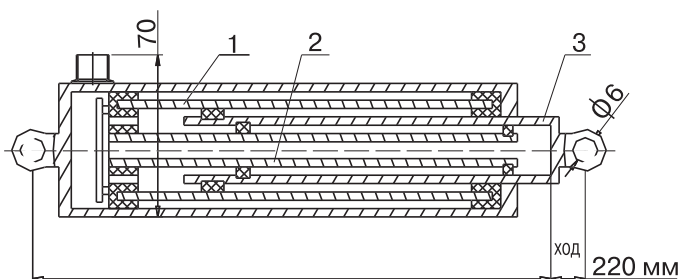


онный гидрораспределитель 11 с электромагнитным управлением, гидроаккумулятор мембранного типа 12, гаситель гидравлического удара 13.

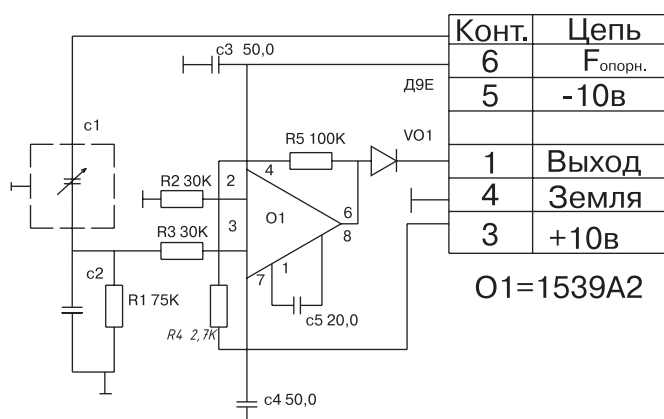
Электрогидравлический генератор колебаний является структурно-неустойчивой динамической системой, т. к. его передаточная функция в упрощенном виде включает сомножитель, описывающий интегрирующее звено [1].

Поэтому в ЭГК введено устройство для удержания поршня силового цилиндра (поршня колебательной системы) в сред-

нем положении. Устройство стабилизации среднего положения поршня представляет собой цепь стабилизирующей отрицательной обратной связи по перемещению выходного штока силового цилиндра. В состав этого устройства (рис. 2) входят: датчик перемещения 4 емкостного типа [2], линейный усилитель сигнала датчика (У), детектор (Д), интегрирующий усилитель (ИУ) и усилитель мощности (УМ). От генератора опорного сигнала ($\Gamma_{\text{оп}}$) осуществляется питание датчика перемещения 4.

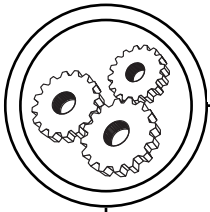


а

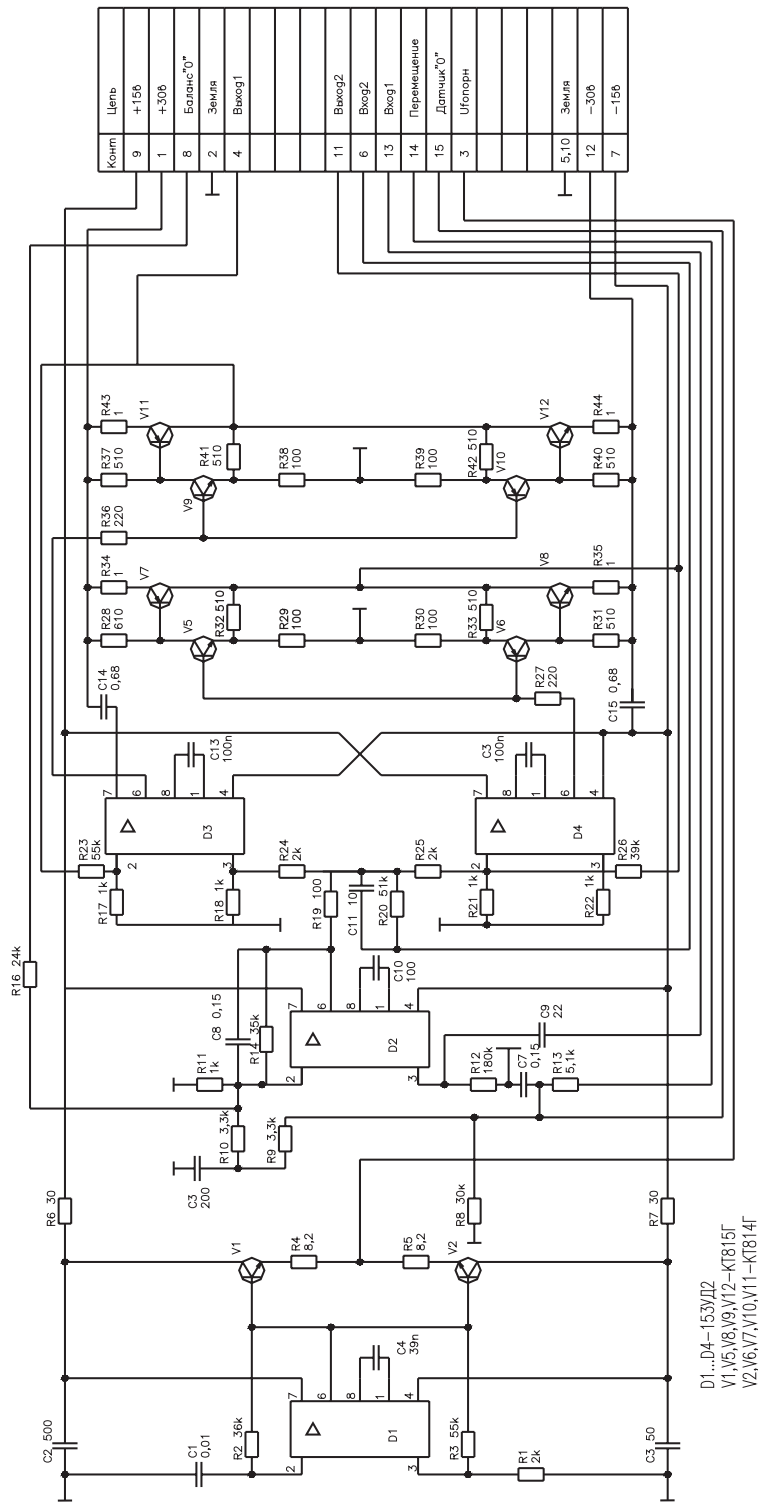


б

Рис. 3. Датчик перемещения емкостного типа: а — конструктивная схема; б — электрическая принципиальная схема



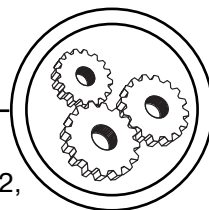
МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



D1...D4—153Д2
 V1,V5,V8,V9,V12—КТ815Г
 V2,V6,V7,V10,V11—КТ814Г

Рис. 4. Принципиальная электрическая схема устройства стабилизации среднего положения поршня

МАШИНЫ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



Конструкция и электрическая схема датчика перемещения [2] с встроенным усилителем и детектором, собранным на микросхеме Д1 и диоде VD1 показана на рис. 3, а и 3, б.

Емкость датчика 4 (рис. 2) изменяется при перемещении экранирующего цилиндра 3 между цилиндрами 1 и 2 (рис. 3, а) в пределах от 100 пФ (вдвинутое положение экрана) до 400 пФ (выдвинутое положение экрана).

Принципиальная электрическая схема устройства стабилизации среднего положения поршня (без датчика перемещения и детектора) приведены на рис. 4. Здесь на микросхеме Д1 и транзисторах V1 и V2 собран генератор опорного сигнала, интегрирующий усили-

тель собран на микросхеме Д2, а парафазный усилитель мощности — на микросхеме Д3, Д4 и транзисторах V5...V12. Все эти узлы размещены на общей печатной плате размером 100×180 мм, установленной в блоке управления генератором.

Экспериментальные исследования ЭГК проводились в лабораторных условиях при высоте столба жидкости в испытуемом трубопроводе 1,5 м. Температура рабочей жидкости поддерживалась в диапазоне 45...55 °С. Подача насоса изменялась за счет ручной регулировки насоса. Ниже приведены результаты для случая максимальной подачи насоса.

На рис. 5 представлены амплитудно-частотные характеристики ЭГК по перемещению

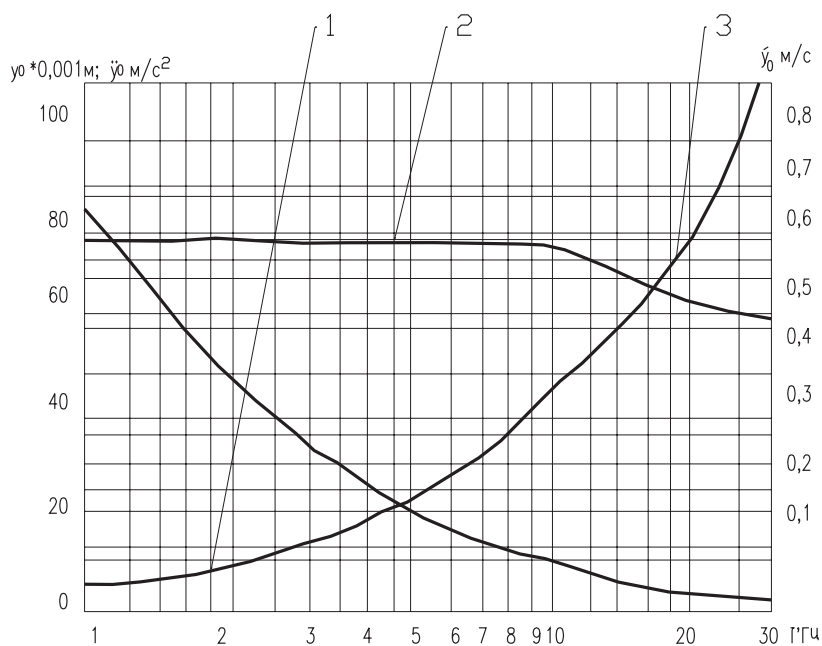
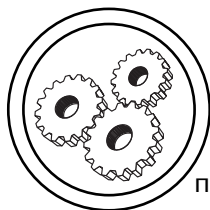


Рис. 5. Амплитудно-частотные характеристики ГГК: 1 — по перемещению поршня; 2 — по скорости перемещения поршня; 3 — по ускорению



МАШИНЫ И АВТОМАТИЗОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

поршня $y_0(f)$, по скорости его перемещения $\dot{y}_0(f)$ и по ускорению $\ddot{y}_0(f)$. Величина тока управления при снятии этих характеристик поддерживалась постоянной и соответствовала 80 мА в диапазоне частот 5...30 Гц, в нижнем диапазоне частот 1...2 Гц — величина тока управления составляла 40 мА, т.к. при большом уровне сигнала в этом диапазоне частот наступает насыщение по расходу электрогидравлического усилителя.

Амплитуда перемещения поршня колебательной системы (кривая 1) в диапазоне частот 1...10 Гц уменьшается обратно пропорционально круговой частоте ω , а амплитуда его ускорения увеличивается прямо пропорционально ω , т.к. в этом диапазоне частот поддерживается постоянная колебательная скорость $\dot{y} = \text{const}$. Начиная с частоты колебаний поршня колебательной системы $f = 10$ Гц, его колебательная скорость уменьшается с повышением частоты колебаний за счет автоматического регулирования подачи насоса и составляет 0,5 м/с при частоте колебаний поршня $f = 30$ Гц. Соответственно в этом диапазоне частот (10...30 Гц) более интенсивно уменьшается амплитуда перемещения поршня и уменьшается крутизна амплитудно-частотной характеристики по ускорению.

Для определения регулировочной характеристики гидропривода ЭГГК было проведено осциллографирование с регистрацией следующих параметров: управляющий сигнал (i), перемещения поршня (y), ско-

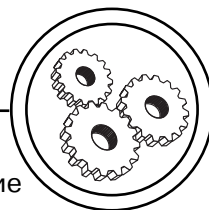
рость перемещения поршня (\dot{y}), давление в испытуемом трубопроводе (p).

Изменения параметров, характеризующих динамику движения поршня колебательной системы, представлены типовыми осциллограммами на рис. 6 а, б, в, г. Из осциллограмм видно, что характер изменения перемещения поршня и его скорости перемещения близок к синусоидальному. Однако наблюдаются незначительные нелинейные искажения колебательной скорости при переходе через нулевую линию, обусловленные перекрытием золотника электрогидравлического усилителя. Большой уровень нелинейных искажений на осциллограмме (рис. 6, г) обусловлен недостаточной жесткостью крепления датчика скорости. Отсутствие изменения амплитуды перемещения поршня на частоте 30 Гц (рис. 6, г) объясняется нечувствительностью датчика перемещения в верхнем диапазоне частот. Давление p , развиваемое ЭГГК для преодоления нагрузки, определяется параметрами возбуждаемого сигнала и приведенным импедансом испытуемого трубопровода [3].

Основные технические данные ЭГГК:

- диапазон рабочих частот — 0,6...30 Гц;
- максимальная амплитуда перемещения поршня колебательной системы — 110 мм;
- максимальный ток управления — 100 мА;
- сдвиг по фазе между сигналами управления в рабочем диапазоне частот — 0...180°;

МАШИНЫ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



— максимальная подача насосной установки при давлении $p_H = 15 \text{ МПа}$ — $1,1 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;

— максимальное давление настройки предохранительного клапана — 19 МПа;

— мощность насосной установки — 18 кВт;

— эффективная площадь поршня колебательной системы — $490 \times 10^{-4} \text{ м}^2$;

— рабочая жидкость — АМГ-10;

— максимальное удаление гидропривода от блока управления — 200 м.

Эксперимент показал, что во всем рабочем диапазоне частот поршень колебательной системы ЭГК совершает устойчивые колебательные движение, что стало возможным благодаря применению в нем качественного устройства стабилизации среднего положения поршня. Характер движения поршня ко-

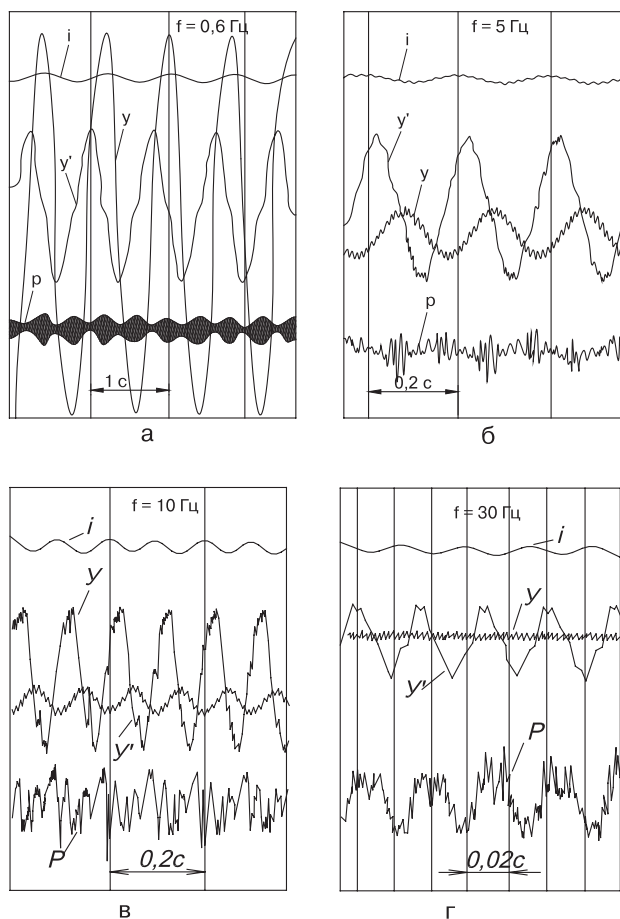
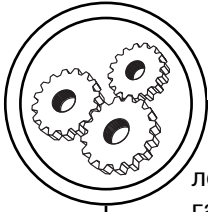


Рис. 6. Экспериментальные осциллограммы колебаний ГГК:
i — управляющий сигнал; *y* — перемещение поршня; \dot{y} — скорость перемещения поршня; *p* — давление в испытуемом трубопроводе



МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

лебательной системы близок к гармоническому. Регулировка амплитуды перемещения поршня может осуществляться как непосредственно на насосной установке, так и дистанционно изменением величины управля-

ющего сигнала (потенциометром на блоке управления). Использование фазовращательного устройства между каналами ЭГГК расширяет возможность применения его для исследовательских целей.

1. И. И. Серых. Влияние подвески излучающего элемента на динамику гидравлического излучателя / И. И. Серых, В. П. Буцорога, В. К. Челпанов // Прикладная механика. — 06.1981. — Т. XVII. — № 7. — С. 141—144. 2. Новик А. И. Измеритель параметров движения с емкостным датчиком / А. И. Новик, В. А. Шевчук, А. В. Рыцарь и др. // Техническая электродинамика. — 1982. — № 5. — С. 95—99. 3. Баранов В. Н. Электрогидравлические следящие приводы вибрационных машин / В. Н. Баранов. — М. : Машиностроение, 1988. — 264 с.

Рецензент — В. К. Буслов,
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 18.02.10