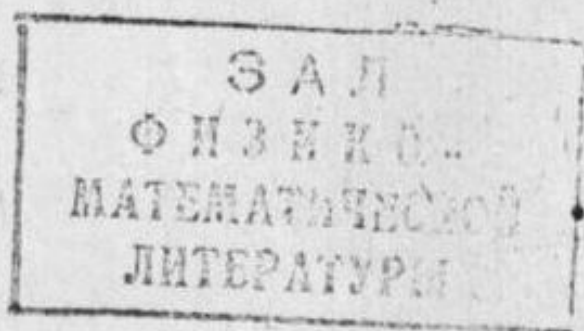


ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Выпуск 8

Под редакцией д-ра техн. наук
профессора К. П. Станюковича



МОСКВА АТОМИЗДАТ 1977

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАПИСЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ДЕТЕКТОРА

В. А. Крысанов, В. Н. Руденко, А. А. Хорев

Поиски гравитационного излучения от космических объектов связаны с наблюдениями за совпадающими всплесками двух независимых, пространственно разнесенных на десятки и более километров гравитационных антенн [1—3]. Автоматизированный счет «совпадений» непосредственно в ходе эксперимента требует канала связи между антеннами. Это сильно усложняет эксперимент и, кроме того, может привести к появлению ложных коррелированных возмущений в электронике антенн. Поэтому в ряде опытов, как и в экспериментах [2, 3], совпадения отыскивались апостериори в ходе анализа записей антенн, снабженных синхронизированными метками времени. Однако обработка многосуточных записей вручную чрезвычайно трудоемка, что практически исключает возможность ее повторения и снижает надежность выводов.

Ниже описывается простая полуавтоматическая система обработки выходного сигнала гравитационного детектора, запи-

санного на фотопленке. Система записи и вид сигнала вместе с временными метками приведены в работах [2, 3]. На фотопленке (с экрана осциллографа) фиксируется шумовая «дорожка», представляющая вариации амплитуды колебаний гравитационного детектора с течением времени.

Методика обработки записи подробно дана в работах [3, 4]. Процедура обнаружения внешнего воздействия на гравдетектор сводится к операции разностного звена с временем задержки, равным длительности воздействия $\hat{\tau}$, и сравнению разности с некоторым порогом, зависящим от шумовой статистики [5].

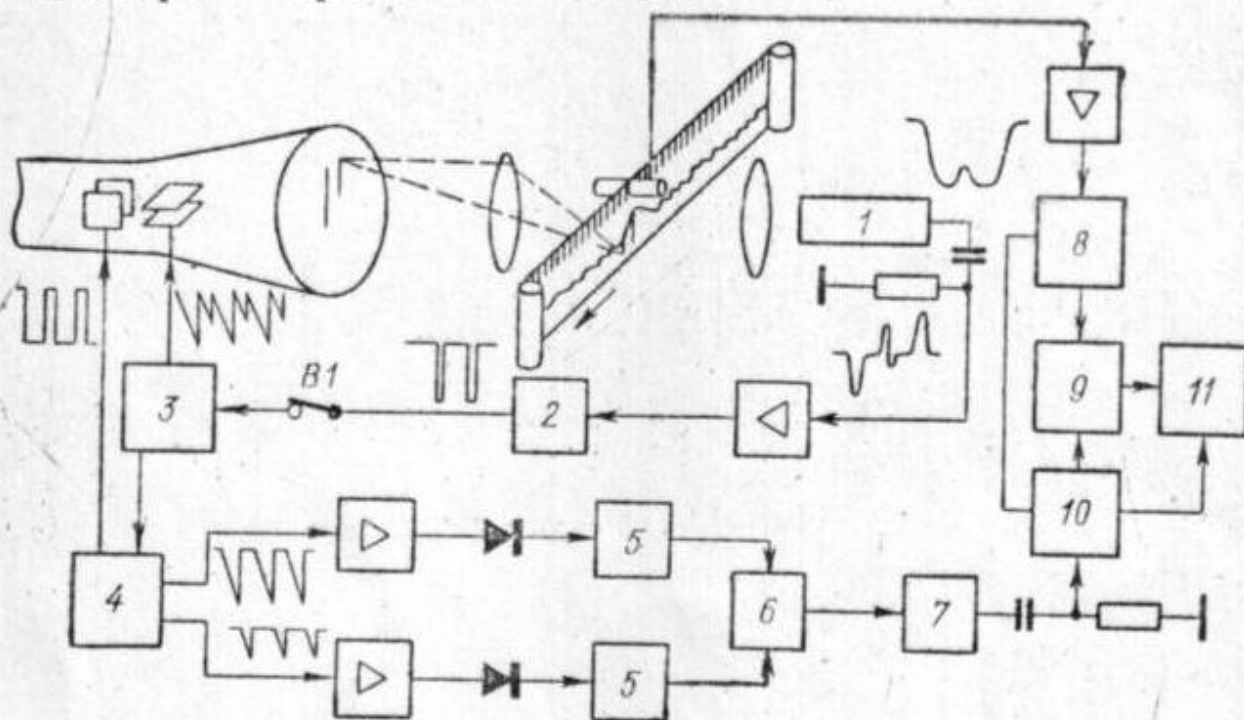


Рис. 1. Функциональная схема установки:

1 — ФЭУ; 2 — пороговое устройство; 3 — управляемый генератор пилообразного напряжения ГПН; 4 — коммутатор; 5 — ФНЧ с 40 гц; 6 — вычитающий усилитель; 7 — пороговое устройство; 8 — счетчик меток; 9 — блок переходных элементов; 10 — схема управления; 11 — цифронпечатающая машина

Таким образом, оператор должен все время следить за перепадами шумовой дорожки на фиксированном интервале $\hat{\tau}$. В местах подозрительных всплесков, превышающих заданный порог, оператор должен фиксировать временную метку. Итог обработки представляется набором подозрительных событий на разных пороговых уровнях с указанием времени каждого события, а также оценкой их полного числа. Сравнение обработки данных для двух антенн по временным меткам позволяет выявить совпадения с желаемой точностью.

Установка состоит из двух основных частей — блока воспроизведения сигнала в электрической форме и блока операционной обработки по заданному алгоритму, а также трех вспомогательных — схемы коммутации для слежения за близкими участками записи, схемы меток времени и системы печати. Общую функциональную структуру установки см. на рис. 1.

Пленка с записью сигнала гравдетектора протягивается между точечным оптическим источником и ФЭУ. Источником служит сфокусированное на экране электронно-лучевой трубки световое пятно. Объектив дает изображение пятна на пленке. Пятно сканируется снизу вверх, обеспечивая сигнал срыва развертки на выходе ФЭУ в момент пересечения шумовой дорожки. Такой способ считывания неоднократно использовался ранее, например в [6, 7]. Огибающая пилообразного напряжения развертки повторяет структуру кривой на пленке. Этот сигнал поступает в операционную схему, где формируется разность двух значений огибающей, сдвинутых на выбранный временной интервал $\hat{\tau}$. Пороговое устройство выдает командный импульс в случае превышения разностью заданного уровня. Командный импульс заставляет цифropечатающую систему печатать значение временной метки (которое приходит от счетчика меток времени), соответствующей положению события.

Ключевой момент принятого алгоритма обработки — получение задержанного на интервал $\hat{\tau}$ значения огибающей. По специфике гравитационно-волнового эксперимента величина $\hat{\tau}$ должна принимать значение от долей секунды до десятков секунд [1—3]. Конструктивным решением в данной установке явилось применение коммутации сканирующего луча между двумя соседними (по горизонтали) точками на кривой записи. Такой способ позволил плавно регулировать время задержки в пределах 0,5—10 сек за счет изменения пространственного шага коммутации путем вариации коммутирующего напряжения на вертикальных пластинах электронно-лучевой трубки. Частота коммутации равнялась частоте сканирования, т. е. с каждым периодом развертки горизонтальная координата луча скачком принимала одно из двух выбранных положений. Выходное напряжение с генератора развертки с помощью коммутатора разделялось по двум каналам в соответствии с двумя положениями следующего луча на пленке, так что частота несущей в каждом канале составляла половину частоты сканирования. Дальнейшее выделение огибающей и получение разности для двух каналов не содержит принципиальных трудностей. Нестабильность скорости протяжки пленки при достаточной частоте коммутации не играет роли. Схема коммутатора дана на рис. 2.

Запись в экспериментах [2, 3] осуществлялась со скоростью 0,55 мм/сек. В данной системе обработки скорость протяжки составляла 7 мм/сек, т. е. время обработки в 12—13 раз меньше времени записи. Система протяжки была выполнена на основе протяжного механизма потенциометра ЭПП-09. В качестве сканирующего элемента применялась электронно-лучевая трубка 8Л029И с временем послесвечения порядка 10^{-4} сек. Максимально допустимая частота сканирования достигала 6 кГц, ми-

нимальная ширина изображения луча на пленке 0,2 мм при такой же толщине линии записи. Приемником служил ФЭУ-51 с максимумом чувствительности в фиолетовой области спектра.

Секундные метки времени, записанные в виде темных полосок вверх пленки, считывались простейшей теневой комбинацией: источник, щель, фотодиод, — расположенной вплотную

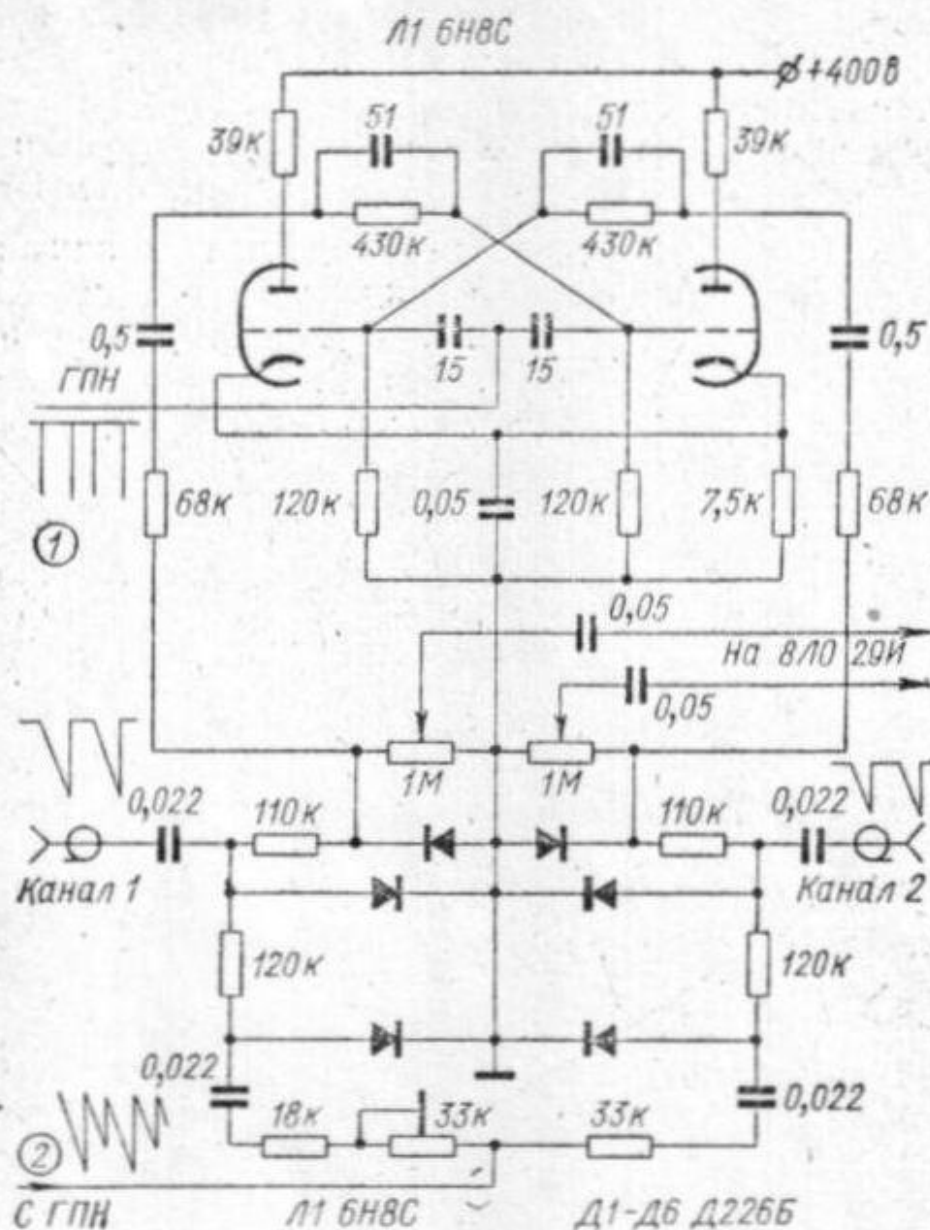


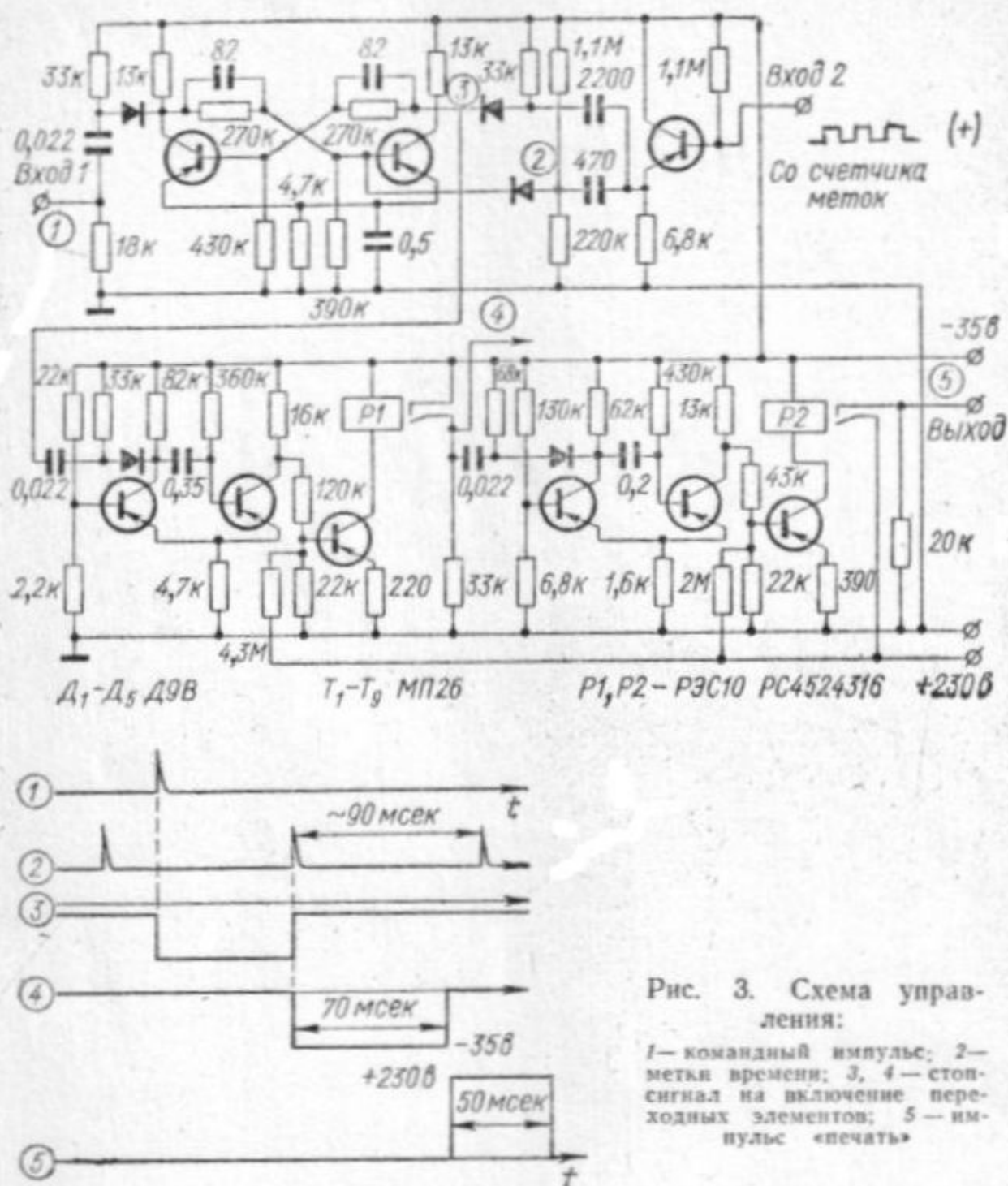
Рис. 2. Принципиальная схема коммутатора:

1 — импульс обратного хода (гашение луча); 2 — выходной сигнал ГПН

по обе стороны пленки. Сигнал с фотодиода после усиления и ограничения подавался на счетчик меток—цифровой частотомер Ф576 в режиме счета импульсов.

Система печати состояла из машинки ЦАМ-1, блока электронных ключей и схемы управления. ЦАМ-1 подключалась к выходу частотомера только на время порядка 50 мсек — меньше интервала следования секундных меток 80—100 мсек. Воспринятое в двоично-десятичном коде значение метки хра-

шло в памяти машинки до поступления импульса, разрешающего печать. Этот импульс и команды электронным ключам вырабатывались схемой управления (рис. 3), на которую подавались сигналы счета меток и командный импульс из операционного блока.



Градуировка проводилась с помощью эталонной пленки с записью ступеньки заданной высоты. Перепад воспринимался следящими лучами, и по разбалансу разностного звена в операционном блоке определялась чувствительность. Меняя усиление, можно было менять чувствительность в пределах 15—70 в/мм. При записи в эксперименте [2, 3] пленка снабжалась вертикальным масштабом в единицах σ_{br} — броуновского стандарта тепловых колебаний гравитационного детектора. Испол-

зую эту информацию, можно по чувствительности задать момент срабатывания порогового элемента соответственно счету импульсов, превышающих $1\sigma_{бр}$, $2\sigma_{бр}$ и т. д. в течение интервала τ , фиксированного расстоянием между лучами. Кроме режима с двумя лучами (счет «крутых импульсов») установка допускала второй режим (счет «пологих импульсов»). Коммутатор выключался, и на разностную схему поступали сигналы, пропорциональные мгновенной амплитуде и среднему шумовому уровню за время 60—70 сек записи. В этом режиме регистрировались импульсы выше заданного порога с произвольной крутизной.

Результатом обработки является печатная лента с временными метками, указывающими моменты появления импульсов с заданными параметрами. Сопоставляя ленты для двух независимых гравдетекторов, легко обнаружить совпадающие всплески и восстановить их истинное время. Подавая на частотомер вместо отметок временных интервалов командный импульс, можно провести простой счет всплесков для оценки шумовой статистики. На описанной установке была проведена контрольная обработка пленок с записью эксперимента МГУ — ИКИ 1973 г. [3]. Результаты совпали с данными таблицы, приведенной в [3], в пределах указанной там погрешности 30%, гарантируемой ручной обработкой. В целом данная установка обладала следующими техническими характеристиками: нестабильность счета (воспроизводимость) не хуже 10%, погрешность фиксации порога порядка 2%, погрешность временного отсчета порядка 0,3 сек. Отметим в заключение, что установка может быть использована в любых экспериментах, в которых короткое воздействие регистрируется по отклику высокочастотного осциллятора или ищутся совпадения на сильно разнесенных объектах.

Авторы благодарят проф. В. Б. Брагинского за постановку проблемы и советы в процессе работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Weber J. Gravitational radiation experiments. — «Phys. Rev. Lett.», 1970, v. 24, p. 276; Anisotropy and polarization in the gravitational radiation experiments. — «Phys. Rev. Lett.», 1970, v. 25, p. 180.
2. Поиски гравитационного излучения внеземного происхождения. — «Письма в ЖЭТФ», 1972, т. 16, с. 157. Авт.: Брагинский В. Б., Манукин А. Б., Попов Е. И., Руденко В. Н., Хорев А. А.
3. Верхний предел плотности гравитационного излучения внеземного происхождения. — «Журн. эксперим. и теор. физ.», 1974, т. 66, с. 801. Авт.: Брагинский В. Б., Манукин А. Б., Попов Е. И., Руденко В. Н., Хорев А. А.
4. Гусев А. Б., Руденко В. Н. Статистический анализ совпадающих откликов гравитационных антенн. — «Астрон. вест.», 1973, т. 7, с. 193.
5. Брагинский В. Б., Манукин А. Б. Измерение малых сил в физических экспериментах. М., «Наука», 1974.

6. Джобс Д. Сканирующая установка для дискретизации осциллограмм.— «Приборы для научных исследований», 1968, № 10, с. 24.
7. Автомат на электронно-лучевой трубке для обработки filmовой информации.— «Приборы и техн. эксперим.», 1975, № 1, с. 44. Авт.: Крютченко Е. В., Кучин Ю. М., Рабин Б. М., Уточкин Б. А.

ПРИЕМЫ РАБОТЫ СОВИНА НА СВОБОДНОМ