

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

А. А. Кузнецов    Н. Г. Конопасов

# М Е Т Е О Т Р О Н

Монография

*В четырех книгах*

Книга 4 (Дополнительная)

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ. ДНЕВНИК ОПЫТОВ. ФОТОАЛЬБОМ



Владимир 2020

УДК 551.5  
ББК 26.231.8  
К89

Рецензенты:

Доктор физико-математических наук, профессор  
профессор кафедры инфокоммуникационных технологий  
Южно-Уральского государственного университета  
(национального исследовательского университета)  
*В. И. Тамбовцев*

Доктор физико-математических наук, профессор  
профессор кафедры физики и прикладной математики  
Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
*В. Г. Прокошев*

Доктор технических наук, профессор  
профессор кафедры биомедицинских и электронных средств и технологий  
Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
*Л. М. Самсонов*

**Кузнецов, А. А.** Метеотрон : монография. В 4 кн. Кн. 4 (Доп.).  
К89 История создания. Дневник опытов. Фотоальбом / А. А. Кузнецов,  
Н. Г. Конопасов ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. –  
Владимир : Изд-во ВлГУ, 2020. – 208 с.  
ISBN 978-5-9984-1089-5 (Кн. 4)  
ISBN 978-5-9984-0575-4

Приведены хронологические сведения о создании и развитии на экспериментальном полигоне кафедры физики Владимирского политехнического института СССР установки метеотрон, данные опытов и наглядные результаты регистраций и анализа электрических и акустических полей в приземном слое атмосферы вблизи пламени метеотрона.

Предназначена для научных работников в области метеорологии и геофизики.  
Табл. 11. Ил. 57. Библиогр.: 19 назв.

УДК 551.5  
ББК 26.231.8

ISBN 978-5-9984-1089-5 (Кн. 4)  
ISBN 978-5-9984-0575-4

© Кузнецов А. А., 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| <i>Предисловие</i> .....  | 4   |
| <b>Введение</b> .....   | 5   |
| <b>1. История создания и эволюция метеотрона</b> .....  | 9   |
| 1.1. Хронологическая история создания метеотрона<br>на экспериментальном полигоне ВПИ .....   | 9   |
| 1.2. Эволюция метеотрона в пусках и модификациях .....  | 15  |
| <b>2. Дневники опытов</b> .....   | 38  |
| 2.1. Регистрация электрического поля на удалении от ТУМ .....   | 38  |
| Дневник экспедиции (3.06.1980. – 5.06.80). Работа на экспериментальном полигоне. Работа на выездном пункте. Обработка регистраций. Обсуждение и результаты анализа данных регистраций. Примечания к анализу и некоторые выводы.   |     |
| 2.2. Регистрации акустического и электрического полей вблизи ТУМ .....  | 67  |
| Комплексный опыт 31.10.81. Компьютерные версии участков графических диаграмм. Обработка участков диаграмм регистраций. Результаты статистического и спектрального анализа. Помеховая обстановка до опыта и после опыта. Результаты корреляционного анализа. О шаге дискретизации. Кросскорреляционный анализ. Графики кросскорреляционных функций |     |
| <b>3. Фотоальбом</b> .....  | 161 |
| Фотографии и компьютерные версии создания, испытания и модификации метеотрона с текущими пояснениями  |     |
| <b>Принятые сокращения и термины в дневниках<br/>и рабочих тетрадях авторов</b> .....   | 185 |
| <b>Заключение</b> .....   | 187 |
| <b>Заключительное слово от авторов монографии</b> .....   | 189 |
| <b>Приложения</b> .....   | 193 |
| Приложение 1. От графических диаграмм – к цифровой базе .....   | 193 |
| Приложение 2. Примечания к расчету ККФ .....  | 205 |
| <b>Библиографический список</b> .....   | 206 |

## *Предисловие*

В создании, отработке при пробных пусках, в комплексных опытах и регистрациях физических полей при работе метеотрона принимали участие в той иной мере все работники кафедры физики Владимирского политехнического института (ВПИ). Все работы на экспериментальном полигоне (или – базе, как было принято говорить) проходили под общим контролем (неусыпным руководством) заведующего кафедрой физики ВПИ профессора Кунина Владимира Николаевича. Работу с метеотроном ставил и курировал доцент Конопасов Николай Георгиевич. Авторам активно помогали преподаватели кафедры, имевшие на базе собственные исследовательские работы: Андреева М.И., Галкин А.Ф., Банько Г.И., Бухарова О.Д., Грунская Л.В., Дорожков В.В., Ионов В.В., Кондаков В.П., Кондратьева Н.Е., Кремешкова С.А., Кунин В.Н., Кулиш А.А., Молчанов А.Б., Пак К.И., Плешивцев В.С., Савельев В.М., Терещенков В.П., Шарина З.Г., Шепилова Т.В., Шишелов А.А. На некоторых приведенных в книге фотографиях видно, что и в опытах и, особенно, при монтаже конструкций, принимали участие до 4 – 5 человек. При объективной необходимости люди отставляли в сторону свои работы и заботы и помогали друг другу. Так было принято и на кафедре физики, и при работах на экспериментальном полигоне, где активное участие принимали лаборанты и инженеры кафедры: Коломийцева М.Н., Лобачев В.Д., Парамонова Л.Н., Пичужкина Л.И., Смолин А.И., Сурскова Л.А., Мизонова О.Г., Шмырина Т.И. Авторы благодарны тогда еще студентам Владимирского политехнического института: Захарову Андрею, Рыжову Владимиру, Аносову Олегу, а также шоферу ЗИЛ131 и помощнику по его эксплуатации Роберту Шубладзе. Как говорится на Руси: «одних уж нет, а те – далече»..., но то, что эти люди делали на энтузиазме и собственной инициативе должно навсегда остаться в памяти. Авторы закрепляют за ними свидетельское участие в событиях по работе над метеотроном, а эффективность и успешность работы самих авторов оценивают читатели.

## **Введение**

Термин «метеотрон», как название тепловой установки, при работе которой в данной местности возможно изменение погоды, ввел в научный обиход А. Дессенс [1]. Даже при мощности тепловыделения более  $10^8$  Вт [2] задача изменения микроклимата является практически не выполнимой, так как энергия системы кучево-дождевых облаков с радиусом 100 км соизмерима с энергией водородной бомбы. Увеличение теплотворной способности топлива «не догоняет» преследуемую цель. Необходимо резкое увеличение площади тепловыделения.

С высоты лет и после нескольких десятков серий опытов воздействия на низкую облачность сухой нагретой струи в 30 км от г. Владимира, авторы полагают, что название метеотрон имеет более богатое информационное содержание [3, 4]:

1. Метеотрон способен создавать микроклимат. В зависимости от мощности и режима работы метеотрона, высоты и развитости облачности, времени года воздействие сухой вертикальной нагретой струи на горизонтальную сплошную низкую облачность показали, что струя пробивает (зимние эксперименты) или не пробивает (инверсионный слой осенью и весной) облачность. В первом случае и при дискретном воздействии (с разрывом струи) в движущейся облачности возникает череда овальных отверстий («дырок»). Во втором случае на нижней поверхности облачности появляются четкие абрисы в форме темных пятен («пробок»), склонных к росту. В обоих случаях достоверность солнечной погоды на следующий день пропорционально суммарной площади «дырок» или «пробок» [3, 4].

2. Метеотрон способен создавать облако. Если в сухую струю метеотрона подавать воду расходом более 20 кг/с и в виде водяного пара, то при благоприятных условиях (слое инверсии) происходит облакообразование в слое, а на небе в проекции по перемещению слоя образуется облачный след [3, 4].

3. Метеотрон способен пассивно влиять на ближние грозовые облака: а) сухая нагретая струя метеотрона воздействует на развитую грозовую тучу без дождя проявлением горизонтальных молниевых разрядов в объеме тучи с последующим интенсивным дождем из места взаимодействия; б) сухая нагретая струя метеотрона воздействует на развитую грозовую тучу с интенсивным дождем вертикальными молниями, бьющими в одно и то же место около источника струи, т.е. метеотрона [4].

4. Метеотрон способен генерировать собственные локальные электрические и акустические поля в КНЧ и геоакустическом диапазоне [4]. Для сплошного факела пламени объемного горения и чистой (без сажи), заряженной электроотрицательно нагретой струи можно ожидать эффекты газодинамического, акустического и электрического сопряжения в приземном слое.

5. Способности метеотрона распространяются не только на активное воздействие на трассу распространения внешнего полезного сигнала [5], но и на имитацию сигналов, вихревых следов и радиоакустическое зондирование верхних слоев атмосферы.

Историю создания установки метеотрон от модификации – к модификации можно прочесть до и после первых трех книг, но расширенные дневники опытов, текущие размышления авторов, их претворенные идеи, выраженные и представленные в образах фотоальбома можно читать и просматривать, совместно с описанием конкретного опыта из первых трех книг.

Книга 4 – естественное продолжение первых трех книг тех же авторов, или, точнее, дополнение к ним монографии включает в себя предисловие, введение и условно разбито на три части: историю создания установки, дневники опытов, включая аналитическую часть, фотоальбом и приложение. В предисловии обозначены аргументы авторов о необходимости содержания книги 4 в составе полной монографии из четырех книг. Во введении указаны цель и задачи этой книги. В первой части монографии приведена подробная и развернутая история создания и эволюции метеотрона, начиная с аналогов и прототипов, ссылки на которые выдержаны хронологи-

чески и, далее, от модификации – к модификации. Авторы предыдущих подобных установок ставили основной целью изменение микроклимата в той или иной части (вызывание или предупреждение дождя, уменьшение выжиганием облачности, стоком аэрозолей с уменьшением туманов) не обращая внимания на экологические аспекты. В данной работе хронологически показаны последовательные решения задач для достижения основной поставленной цели – экологической чистоты нагретой струи. Для каждой модификации метеотрона просматривались режимы работы. Переход к другой модификации с иным конструкционным решением горелочных устройств [3] возникал тогда, когда предыдущая модификация на любых режимах допускала неполное сгорание топлива (задымление по визуальной оценке). Именно этот тренд очевиден в части истории создания и эволюция установки метеотрон, как источника легкой немассовой нагретой струи с малыми носителями отрицательного электрического заряда малой подвижности с обоснованием и описанием оригинальных разработок с экспериментальными данными текущей апробации до конечной рабочей модификации метеотрона V. В развитие работ была поставлена дополнительная цель – воздействие на внешние физические поля в крайненизкочастотном диапазоне на грани геофизических частот [6 – 8].

Во второй части представлен объединенный дневник опытов обоих авторов, касающихся работы с метеотроном, т.е. содержания монографии. Эта часть сильно «перегружена» информацией и читается сложнее первой, из-за многочисленных ссылок результатов опытов, графиков и анализов. При внешнем впечатлении избыточной обширности и малозначимости информации, необходимо помнить об очевидной уникальности описания каждого опыта. В таком понимании «лишней информации» не бывает! В стилевом выражении дневник выглядит как объединение разных дневников, журналов опытов и обычных календарных записей с сохранением стилей изложения и эмоционального наполнения от обоих авторов. Работа представлена как бы с двух сторон, обретая самостоятельную ценность. Все идеи и впечатления обоих авторов, таким образом, учте-

ны. В этой части указаны даты и события, касающиеся только создания и испытания установок метеотрон. Приведенные дневники, в частности расширенный дневник экспедиции в Дроздовку, по описательному содержанию представлен практически без изменений от стиля изложения до рисунков. Исправлены лишь некоторые синтаксические и стилистические ошибки.

К описательной части добавлена информация о статистическом анализе данных по тем же опытам, что и в книге [5]. Но здесь по всем данным проведен спектральный анализ, а результаты представлены в графических форматах. Именно здесь представлены аргументы в пользу выбора эталонной антенны для всех последующих регистраций и для рабочего, и исследуемого диапазона крайних низких и геофизических частот.

В третьей части монографии авторами представлен фотоальбом создания, тестирования и текущих работ установок метеотрон разных модификаций. В фотоальбом вошли компьютерные версии фотографий, которые не были приведены в трех первых книгах и которые имеют описания (подписи) с дополнительной информацией к вышеприведенным (в книгах [3 – 5]).

Приложения в книге 4 выделены слабо, так как сама книга является своего рода приложением, или комплиментарным дополнением к первым трем книгам. В качестве единственного приложения приведена авторская методика обработки графических диаграмм физических процессов с оцифровкой, чисткой и считыванием в программе «Цифровой обработки графических отображений диаграмм» [9]. По той же причине и библиография в книге 4 невелика и только для первой половины книги: предисловия, введения и первой части.

Работа может быть интересна и полезна для научных работников, аспирантов и магистрантов в области экспериментальной физики, физики атмосферы, аэродинамики, микроклимата. Эту книгу удобно и полезно держать в открытом виде при чтении первых трех книг.

## 1. История создания и эволюция метеотрона

### 1.1. Хронологическая история создания метеотрона на экспериментальном полигоне ВПИ

В начале 1978 год проводились работы по увеличению мощности тепловыделения факела пламени системы форсунок с подогревом на спиральном подводящем трубопроводе при сохранении экологических характеристик среды. Работы включали измерения температуры керосина ТС-1 на входе в форсунку при разных перепадах давления и потоков излучения при сгорании 0,2 кг/с керосина на малой форсунке метеотрона II в факеле цилиндрической формы диаметром 0,7 м и высотой до 6 м [4, 7].

К осени 1978 года был закончен расчет и изготовление большой центробежной (ц/б) форсунки ( $d = 8$  мм, 2 тангенциальных отверстия, угол распыла  $2\alpha = 130^0$ , объемный расход 1,69 л/с, массовый расход 1,35 кг/с,  $d_i = 6,32$  мм), и для насосов с расходом 3,4 л/с и 6,02 л/с: шнековая форсунка с  $d = 14$  мм и с  $d = 14,5$  мм, соответственно [3]. Далее – хронологически работы:

**17.10.78.** Стыковка магистрали низкого давления. Включен насос низкого давления ЦН-90 с двигателем 30 кВт с давлением на входе 1 атм. Опыт с большой форсункой с замером расхода 2,15 л/с.

**12.12.78.** Поставлена новая форсунка: с крутым шнеком (горит с копотью, проявляется неустойчивость); с пологим шнеком (угол распыла больше, неустойчивости остались).

**16.01.79.** Поставлен самодельный шнек из бронзы с разными витками

**16.01.79 – 26.05.79.** Система из 8 ц/б форсунок помещена на спираль. Расход – меньше производительности насоса.

**29.05.79.** На большой спирали ц/б форсунка для вихрей и 11 форсунок: 9 - центробежных и 2 струйных с четырьмя отверстиями диаметром 0,8 мм под углом  $20^0$ . Струйные форсунки не дымят. Надо пробовать без подогрева.

**16.02.79. 17.02.79.** Изготовление и обработка струйной форсунки. Заглушены 2 ц.б.ф. Струйная 6 дырок и 6 ц.ф. работают без копоти

**18.05.79.** Насос в.д. для тепловой установки (вход-выход).

**24.05.79.** 4-х струйные форсунки.

**29.05.79.** Испытание струйной форсунки без подогрева обнадеживает.

**5.12.79.** Запустили одновременно систему малых форсунок и большую форсунку с большим насосом.

**31.12.79.** Делали линейник на 4 форсунки

**5.01.80.** Испытали линейный тепловыделитель со струйными форсунками 4 шт. с сем.

**8.01.80.** Запустили комплекс на 4 форсунки.

**15.01.80.** Конопасов сварил элемент на 6 л/с.

**1.02.80.** Делаем форсунки к тепловой установке и испытать кольцо на 6 л/с. Опыты по испытанию кольцевой системы на 22 форсунки (каждая – 4 отв по 0,8 мм).

**7.02.80.** Собираем тепловую установку с целью проверки, где ставить штативы и т.д. Заглушка заменена на форсунку. Установка (кольцо) поставлена на 4 штатива.

**8.02.80.** Поставлено 6 штативов

**22.03.80.** Плеть с форсунками прямо на трубе, но в разные стороны, под  $\angle 120^{\circ}$ . Запустили плетью на 8 форсунок. По 2 отверстия в каждой форсунке с осями под  $60^{\circ}$ .

**25.03.80.** Готовим к сварке плетью на 22 форсунки.

**4.04.80.** Пуск большой плети на 22 форсунки. Примерно через 3 минуты засорились 2 последние форсунки, а после 10 минут работы – еще пара, т.е. всего 4 последних. Штативы внизу сильно нагреваются до  $300^{\circ}$  –  $400^{\circ}$ .

**28.04.80.** Под сварку плетью на 3 л/с на 10 форсунок

**11.05.80. - 12.05.80.** Сверлил форсунки. Сделал 21 шт.

**15.05.80.** Собраны две плети – одна с насосом 6 л/с на 22 форсунки (форсунки прочищены) и плетью короткая, на 10 форсунок (5 пар) с насосом 3 л/с. В каждой форсунке 6 отверстий диаметром

0,8 мм. Расстояние между первой и второй парами форсунок 1,7 м на обеих плетях. Плетки на расстоянии 2 м – копят. Поэтому штативы малой плетки были отнесены еще на 0,4 м.

**26.06.80.** Сняты размеры датчиков давления и их пределы измерений.

**21.07.80.** Устанавливал датчики давления.

**12.09.80.** Перемещаем РД к установке «Атмосфера».

**14.10.80.** Питание к дому сторожа.

**23.12.80.** Монтаж метеостанции.

**6.01.81.** Установка метеостанции. Разводка питания в измерительном пункте «Атмосфера».

**22.01.81.** Пуск записи метеопараметров.

**26.02.81.** Пуск метки согласования и градуировка датчиков давления.

**6.03.81.** Опыты по измерению полей при работе тепловой установки. Перед опытом налажено: озвучивали генератором ГЗ-16 на озера (последовательно 500 Ом). Несущая частота 9 Гц. Регистрация производилась аппаратурой ВПИ. Регистрация ИРЭ велась на частоте 8 Гц.

**4.04.81. – 17.04.81.** Изготовление инфразвукового датчика и системы градуировки.

**5.05.81.** Штативы укорачиваем – самый низкий – на 30 см, средний – на 80 см, а высокий на 130 см.

**15.05.81.** Насос для подачи воды в бассейн.

**27.05.81.** Заполнение плотины водой, запуск метеотрона совместно с РД и подачей воды в пламя.

Без тепловой струи РД распыляет на 68 м. Вода закачивалась из болота центробежным насосом с электродвигателем 17 кВт. От насоса идут трубы диаметром 48 (с муфтами) до бассейна, а потом – до РД – пожарный шланг, на конце которого труба из нержавейки диаметром 50.

**13.06.81.** Пуск насоса СНП-120.

**26.06.81.** Обратный клапан на большой насос, собирает насос и хочет начинать варить всасывающую магистраль.

**8.07.81.- 10.07.81.** Тянем трубу для подвода воды. Засыпали трубу и натянули колючку.

**14.08.81.** Испытание инфразвукового датчика. Датчик установлен рядом с ЭЭГУ.

**13.10.81.** Изготовление магистрали подачи воды к установке «Атмосфера».

**15. 10.81.** Опробывание насоса СНП-120 и систем всасывания и подачи воды. Для заполнения магистрали в напорной трубе на уровне плотины сделано отверстие диаметром 70 (прорезано сваркой). Сверху (у РД) труба диаметром 240 открыта.

**16. 10.81.** Система распыления воды. Запущен РД на 5000 об/мин, затем подана в струю вода. Давление на входе в распылитель 0,5 атм. Распыливается около 50 % подаваемой воды, так как струя воды как-бы ударяется о струю РД и в нее проникает половина, а половина отражается.

**20.10.81.** Совместный пуск тепловой установки, РД, с распылением воды от насоса 100 л/с. В струю РД введена труба. Порядок проведения опыта: 1. Включен маленький водяной насос (10 л/с) для заполнения магистрали через задвижку на плотине; 2. После заполнения запущен дизель – насос СНП-120 и вода пущена в плотину; 3. Запущен РД; 4. Проведена пробы распыла (закрывается задвижка на плотине). При 6500 об/мин распыл хороший; 5. Открыта задвижка в плотину; 6. Запущена тепловая установка (РД работает); 7. Закрывается задвижка на плотине.

**27. 10. 81.** Установка компрессора на РД

**11.11.81.** Впервые сделали облако.

**13.11.81.** Пускали регистрацию сигнала на FSP.

**1.12.81.** Определение знака заряда струи.

**12.12.81.** Опыт по выявлению мультипликативного воздействия тепловой струи. Поле создавалось за счет подачи на озеро сигнала с генератора ГЗ-16 с клемм: земля и 1 кОм. При этом напряжение на генераторе садилось, и сигнал не был синусоидальным. Частота была ...

**5.07.82.** Наладка зондовых хар-к. Сделаны зонды из нержавеющей проволоки, на конце – шарики, получены в дуге аргонодуговой горелки. В трубе часть проволок в керамике, а часть (нижняя) 2 коаксиальных кабеля.

**16.09.82.** Зондовые характеристики. Переделка керамики на фторпласт.

**18.09.82.** Сняли зондовые хар-ки на тепловой установке и с паяльной лампой.

**21.09.82.** Расход воды  $10 \text{ м}^3$  за 2 мин. Опыт по воздействию тепловой струи на характеристики атмосферы (с введением в струю воды).

**6.03.83.** Испытание трубы с дырками в стенках.

**26.03.83.** Измерение давления под установкой метеотрон. Опыты с барографом.

**19.05.83.** Закончили изготовление и монтаж модулятора давления метеотрона. Опробовали.

**8.06.83.** Конструкция новой плети. Бывшая обладает недостатками: 1. Штативы необходимо защищать экранами, стойкость которых очень мала; 2. Отверстия форсунок часто забиваются, т.к. штуцера форсунок из обычной стали ржавеют.

Изменения: отверстия диаметром 0,8 мм сверлятся прямо в трубе. Сделаны стойки. В трубах просверлены отверстия. Отверстий – 100 шт, наклонных – 8 шт. Было в длинной плети 106 отверстий.

**5.07.83.** Совместные опыты с ВНИИПО г. Балашиха

**Опыт 30.03.84.** Пуск метеотрона с модуляцией. Время работы ~ 10мин.

**Опыт 30.03.84г.** С метеотроном работали некоторые каналы комплекса.

**6 апрель 1984 г.** Опыт с пуском метеотрона с модуляцией (~ 1,5 минуты. время работы). Датчик инфразвука вынесен из сторожки и стоит в 2 м от окна.

**Опыт 7.04.84 г.** Опыт с городом Горьким (запись вариаций ЭМП каналами комплекса при работе метеотрона в режиме модуляции и нет).

**Опыт 25.09.84. - 26.09.84г.** Экспериментальные работы с организациями г. Москвы и Подольска. Пуски метеотрона.

**22.05.85.- 24.05.85.** Проведены опыты по измерению температуры в пламени и один костюм с манекеном подвешен к поворотной стрелке зондов на тросе. Выдержал в пламени 1 мин. И трос перегорел.

**17.06.85. - 19.06.85.** Настройка метеотрона и опыты с НИРФИ. Конопасов. Шубладзе, Захаров.

**30.09.85.** Ждем самолет. Он прилетел, но летал севернее – видимо нас не нашел.

**Опыт 3.10.85 г.** Совместная работа метеотрона, РД, системы подачи воды с летающей лабораторией из Нальчика. Работа метеотрона совместно с системой подачи и распыления воды. Измерения в воздухе производились летающей лабораторией ВГИ (Нальчик).

**18.06.1986.** Наладка малого метеотрона, видеоманитофона, РФУ...

Это последняя запись, сделанная рукой Конопасова Н.Г., в книге «Приездов и отъездов» на экспериментальном полигоне. Вообще-то работа прекратилась еще полгода назад, т.е. на предыдущей записи (3.10.85). Уже тогда было понятно, что работать нам не дадут... по многим причинам. Первая и основная – начало перестройки, в частности – уже осенью 1985 года исчез из оптовой продажи керосин.

Информация в форме хронологии работ удобна для восприятия истории метеотрона. Подробная информация о создании и эволюции метеотрона изложена ниже в табличном формате. Информация по опытам вынесена отдельно и приведена в формате обработки и анализа. Везде принят стиль изложения текущих записей и дневников авторов вплоть до используемых сокращений. Кое-где исправлена орфография и стилистика.

## 1.2. Эволюция метеотрона в пусках и модификациях

Вся информация сведена в таблицы (табл. 1 – 11) с элементами классификации по рабочим тетрадям и дневникам авторов с максимальным приближением к оригиналам. Авторские сокращения даны без изменений, а полные версии – в конце книги.

Таблица 1. Хронология работ на экспериментальном полигоне кафедр физики по созданию и обработке ТУМ

| Дата<br>Время<br>пусков  | Время<br>работы | Объект  | Цель, содержание<br>работы  |                        |                    |               | Примечания   |                |
|--|-----------------|---|---|------------------------|--------------------|---------------|--|----------------|
|  |                 | Режим   |   |                        |                    |               | Метео  |                |
|  |                 | Расход  |   |                        |                    |               |  |                |
| 11.02.78<br>11 <sup>12</sup>                                   | 900 с           | Малая<br>шнековая<br>форсунка,<br>на 20 – 120<br>атм, или<br>0,25 л/с на<br>100 атм | Измерения температу-<br>ры керосина ТС-1<br>на входе в форсунку,<br>актинометрия.<br>Плотность керосина<br>$0,787 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ( $20^\circ\text{C}$ ) |                        |                    |               | Высота факела 6 м,<br>диаметр 0,7 м. Рас-<br>четные потери мощ-<br>ности на излучение<br>1430 кВт (16%), излу-<br>чательная способ-<br>ность $0,1 \text{ МВт/м}^2$ |                |
| Расчеты форсунок раз-<br>ных конструкций на<br>большую спираль |                 |   | конст   | $d_{\text{ф}}$ ,<br>мм | угол, <sup>0</sup> | расход<br>л/с | давление,<br>атм   | насосы<br>в.д. |
|  |                 |   | ц/б   | 6,32                   | 130                | 1,69          | 100  | -              |
|  |                 |   | шнек  | 14                     | 128                | 3,4           | 100  | № 10           |
|  |                 |   | шнек  | 14,5                   | 128                | 6,02          | 100  | № 20           |
| 17.10.78<br>16 <sup>56</sup>                                   | 200 с           | Большая<br>форсун-<br>ка 2,15<br>дм <sup>3</sup> /с.<br>100 атм                     | Включен насос низ-<br>кого давления ЦН-90<br>с двигателем 30 кВт с<br>макс. Давлением на<br>входе 1 атм.  |                        |                    |               | Стыковка магистра-<br>ли низкого давления.<br>При С-3 ветре 3 – 4<br>м/с   |                |
| 31.10.78   | 43 мин          | Большая<br>форсунка   | Отработка форсунки  |                        |                    |               |  |                |
| 12.12.78   |                 | Расход<br>разный.<br>Сожжено<br>5200 кг<br>топлива                                  | 1. форсунка с крутым<br>шнеком<br>2. форсунка с пологими<br>шнеком<br>Вывод: делать шнек с<br>большим сечением.   |                        |                    |               | 1 – горит с копотью,<br>пламя скачет от сопла<br>и назад.<br>2 – угол распыла стал<br>больше. Неус-<br>тойчивость осталась   |                |

Продолжение табл. 1

|  |                                       |  |   |   |
|--|---------------------------------------|--|---|---|
| 15.12.78   | По 5 мин                              | Большая форсунка<br>Общий расход 15480 л | Испытание разных шнеков большой форсунки при разных давлениях   | Давление: 70– 150 атм, соответствующие расходы: 2 – 2,86 л/с                              |
| 16.01.79<br>16 <sup>30</sup>   | 25 мин                                | Большая форсунка                         | Самодельный шнек из бронзы с разными витками  | Вихри хорошие.  |
| 16.01.79<br>-<br>26.05.79  |                                       | ряд экспериментов на большой спирали     | отработка системы  из 8 ц/б форсунок. Расход < производительности насоса | Насос - средний<br>В условиях хорошей погоды (без ветра) система работает почти без дыма. |
| 28.1.79.   |                                       |  | кинограмма вихрей   |   |
| 29.1.79.   |                                       | Пробные пуски                            | Отработка системы на 8 ц.б форсунок   | Весь день дождь   |
| 16.02.79   |                                       |  |   | Погода без ветра.   |
| 17.02.79   |                                       |  | Заглушены 2 ц.б.ф. Струйная 6 дырок и 6 ц.ф. Отработка струйной форсунки.   | работает без копоти   |
| 24.02.79   |                                       |  | Струйная форсунка, 8 шт. ц.б.   | Кинография вихрей и струй   |
| 1.03.79.   |                                       |  | Пуск вихрей.  | фото вихрей.  |
| 5.03-25.05.79. Насос в.д. для тепловой установки (вход-выход), пускатель, выключатель, 4-х струйные форсунки, тройник на метеотрон, монтаж тройника. Насос в. д. – общий |                                       |  |   |   |
| 29.05.79   | совместная работа измененной системы. | Большая спираль                          | ц/б шнековая форсунка для вихрей с расходом 3,4 л/с при 100 атм   | Работают форсунки струйные очень хорошо – совсем не дымят.                                |
|  |                                       | Метеотрон 11 форсунок                    | 9 - центробежных и 2 струйных с четырьмя отверстиями Ø 0,8 мм под углом 20°.  | Пробовать струйную форсунку – без подогрева.  |
| 10.07.79   | 5 мин                                 | Большая форсунка                         | вихреобразование  |   |

|  |                                     |  |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|--|
| 5.12.79.   |                                     | Пробные пуски система малых форсунок и большая | Одновременный пуск   | с большим насосом  |
| 5.01.80.   |                                     | Линейный тепловыделитель: 4 струйных форсунок  |  | Работает хорошо.   |
| 8.01.80.<br>После 12 <sup>00</sup>   |                                     | комплекс на 4 форсунки.                        | пуски  | Кинографировали от силовой будки (подземки) на ФК:~20м на 10 кадр/с.   |
| 1.02.80.   |                                     | кольцевая система на 22 форсунки на 6 л/с.     | Испытание. При работе, труба, свернутая в кольцо сильно деформируется: дальний висячий конец касается земли. Расстояние между форсунками 1,7 м | С утра была хорошая погода - тепло, пасмурно, очень тихо, а к вечеру пошел снег и был ветер 4 – 5 м/с. Хорошо горят все, дымят крайние слева |
| Изменения: вместо подводящей магистрали установлена другая. Спираль, краны отсоединены. Заглушка заменена на форсунку. Кольцо поставлено на 4 штатива. Подобраны положения штативов так, чтобы деформация была небольшая (установка прогибаясь не касалась земли). |                                     |  |  |  |
| 7.02.80.   | 4 мин+2 мин (около 8 мин), 6 л/с    |  | Испытание кольца на 4 штативах.  | Сделаны фотографии (Ионов В.В.).   |
| 8.02.80.   | Общее - 15 мин. с насосом на 6 л/с. |  | Пуск кольца на 6 штативах. – узнать, где ставить штативы. Пламена форсунок приподнятые   | Около установки (под ней и рядом) сильно тает снег и испаряется вода..   |

Продолжение табл. 1

|   |                   |  |  |
|---|-------------------|--|--|
| 8.02.80   |                   |  | Установка работает хорошо. Рядом со струей образуется вихрь. Сделаны фотографии. Солнце, инверсия  |
| Создание упрощенной конструкции тепловой установки: плеть с форсунками прямо на трубе, но в разные стороны, под $\angle 120^{\circ}$ . 4 форсунки с углом распыла $60^{\circ}$ и две – $180^{\circ}$ . Насос 6 л/с.   |                   |  |  |
| 22.03.80  | 14 мин.           | Плеть на 8 форсунок ( $120^{\circ}$ ). Пламена форсунок – приподнятые. Расстояние между форсунками 1,7 м. При ветре копят с наветренной стороны. | Хорошая погода. Солнце, ветра нет, инверсия. Температура $-10^{\circ}$   |
| 25.03.80  | 16 мин            | Плеть на 8 форсунок. Струя очень высокая, совсем не коптит.  | хорошая погода с утра безветрие (меньше 0,5 м/с), солнце – 3-5. Сделаны фото.  |
| Сварили 2 <sup>ю</sup> плеть на 22 форсунке установки «Атмосфера», варили штативы под плеть.  |                   |  |  |
| 4.04.80   | 5 мин.<br>+10 мин | Пуск большой плети на 22 форсунки, с насосом на 6 л/с  | Дыма нет. Штативы внизу нагреваются до $300^{\circ}$ - $400^{\circ}$ . Северный ветер 1-2 м/с, слабый снег.  |
| Плеть на 10 форсунок на 3 л/с. Сверлил форсунки. Собраны две плети – одна с насосом 6 л/с на 22 форсунки и плеть короткая, на 10 форсунок (5 пар) с насосом 3 л/с. В каждой форсунке 6 отверстий диаметром 0,8 мм. Расстояние между первой и второй парами форсунок 1,7 м на обеих плетях |                   |  |  |
| 15.05.80  | 2 мин+<br>4 мин.  | Порядок запуска: подкачивающий насос, 3 насосы 3 л/с и 6 л/с вхолостую,  | Погода сырая – облачно, пасмурно, но сухо, ветер слабый. Два опыта. 1 - Плети стоят на расстоянии 2 м. Коптят. После 2 минут работы штативы малой плети отнесены на 0,4 м. 2. Повторение опыта № 1 с большим расстоянием между плетями. Копоти меньше. Рядом с установкой (в районе 10– ти метровой мачты) поднимается ветер до 12 м/с |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 15.05.80  |  | насос 3 л/с до 80 атм, насос 6 л/с до 100 атм | 3<br>Сделаны фотографии на ФЭД-2 Терещенков В.П.  |
| 28.05.80  |  | Пуск «Атмосферы» 9л/с                         | Расстояние между плетями 5,2 м. Средняя высота 6 м. Радиус св.д. Солнце, ветер 5 м/с.<br>Сделаны ручки управления насосами  |
| 3.06.80.  | Опыт измерения полей на экспериментальном полигоне и под д. Дроздовка в непрерывном режиме и, в частности при работе метотрона на полигоне |   |   |
| 3.06.80.  |  | Пуски метеотрона на полигоне                  | Экспериментальный полигон<br>Экспедиционная часть описана отдельно *  |
|   |  |   | Облачность 5, солнце. Ветер, порывы 4-7 м/с. 14 <sup>46</sup> – 2, 15 <sup>16</sup> – 1, 16 <sup>33</sup> – 0,5, 17 <sup>17</sup> – 1, 18 <sup>16</sup> – 1,5, 19 <sup>00</sup> – 2 (крупные неждождевые облака), 19 <sup>22</sup> – 1, 20 <sup>02</sup> – 0, 20 <sup>50</sup> – 0,5. |
| 4.06.80.  | 4 час 26/4 мин   | постоянный (П)                                | Регистрация на базе ЦПУ и ПАУ   |
|   | 7 час 17/13 мин  | постоянный                                    |   |
|   | 8 час 47/10 мин  | постоянный                                    |   |
|   | 10 <sup>08</sup> 11 мин  | переменный (М)                                |   |
|   | 11 час 32/11 мин   | П + М   |   |
|   | 12 час 44/11,5 мин   | П + М   |   |
| Делали: коммуникации измерительной системы, измерительные кабели от установки «Атмосфера», трубы и лючки, колья для измерительной коммуникации «Атмосфера», эталонный входной блок и его градуировка, датчики давления, монтаж установки «Атмосфера», линия измерительного кабеля от «Атмосферы» до измерительного пульта, транспортировка установки РД, пуск РД от сети ~380V, поворот РД, питание к дому сторожа, измерилровка, штативы и струбцины, пульт для измерительной системы. |  |   |   |

|   |                                      |  |  |  |
|---|--------------------------------------|--|--|--|
| 29.09.80  |                                      |  | Демонстрация установок   | гости и участники школы  |
| 23.10.80  | Длительный пуск                      | Пуск метеостанции  | Облет вертолетом установки, пуск всего комплекса измерительной аппаратуры.   | С утра шел редкий снег, кучевые облака. К обеду облачность уменьшилась, светит солнце  |
| Монтаж метеостанции. Установка метеостанции. Разводка питания в измер. пункте «Атмосфера». Монтаж измер. аппаратуры в доме сторож., чистка форсунок. Проводка к измерительной аппаратуре сторожке   |                                      |  |  |  |
| 20.01.81  |                                      |  | Работа установки «Атмосфера» и вихри   | Демонстрация гостям из Алма-Аты  |
| Пуск записи метеопараметров. Профилактика метеостанции. Проброска кабеля питания (гарантированного) в сторожку. Положили через дорогу новую трубу, монтаж измер. аппаратуры. Пуск записи метеопараметров, разводка в домике сторожа, подключение к сети 220 В. Наладили связь с домом сторожа, метку времени и связь с установкой, пущены отметчики в ЦПУ, отметок времени, датчиков давления. Включили энцефалограф. Пуск метки согласования, отладка и градуировка датчиков давления. |                                      |  |  |  |
| 3.03.81.  | 18 <sup>28</sup><br>19 <sup>02</sup> | 2 мин<br>Пост.+Модуль.<br>15 с Модуляция<br>Малая<br>плеть 75<br>атм | пробный пуск. Без зажигания - холостая модуляция (без горения). Метеопараметры в сторожке: скорость и направление ветра, температура и влажность. ЦПУ - наземная и подземная антенны. Регистрировались давление перед форсунками с датчиков на 600 атм с записью (сверху) - давление насоса на 6 л/с, № 2 - метка времени, № 3 - давление насоса 3,4 л/с, № 4 - запись нуля. | Снег до 19 <sup>30</sup> . Погода теплая и пасмурная. После опыта, когда возвращались домой (около 21 часа) похолодало. От ГАИ до Боголюбово - густой туман. На следующий день было ясно и похолодало. После опыта приехал милиционер из поселка «Мирный» (12 км от базы, около Второво). По его словам - очень мощное зарево, дыма нет. |

|         |  |  |  |   |
|---------|--|--|--|---|
| 3.03.81 | 19 <sup>06</sup><br>19 <sup>07</sup><br><br>19 <sup>07</sup><br>19 <sup>40</sup> | – 1 мин<br>Пост.+М<br>одул<br>33 мин<br>– Пост. 9,4<br>л/с   | Регистрация как в<br>первой серии и ме-<br>теопараметры ЦПУ.   | На трассе Москва-<br>Горький свет начина-<br>ется от Хохлово.<br>С подветренной сто-<br>роны от струи все<br>время образуется<br>вихрь, живущий в<br>среднем 0,5 – 1 мину-<br>ту. Снег под установ-<br>кой растаял.<br>Сделаны фотографии   |
| 6.03.81 | Опыты по измерению полей при работе тепловой установки с участием ИРЭ АН СССР.   |  |  |   |
| 6.03.81 | 15час5<br>7/<br><br>16час1<br>2/<br><br>6час40<br>/                              | 15 мин<br>Работает<br>одна<br>плеть на 6<br>л/с. Серия<br>модуля-<br>ций дав-<br>ления<br>топлива<br>при мак-<br>сималь-<br>ном рас-<br>ходе 6 л/с<br>28 мин<br>Пауза<br>20мин<br>Пост.+Мо<br>дул.<br>Серия<br>модуля-<br>ций дав-<br>ления<br>топлива<br>на расхо-<br>де 9,4 л/с. | Сначала не заработал<br>пускатель насоса на<br>3,4 л/с и были опыты<br>с одной плетью на 6<br>л/с. Записана 1 лента<br>с различными вари-<br>антами модуляции<br>(см. табл. 11). После<br>этого сделано 2 мо-<br>дуляции без зажига-<br>ния.<br><br>Проведено повторе-<br>ние опытов при рабо-<br>те 2-х плетей (лента<br>№ 2, табл. 12)). | Перед опытом нала-<br>пускатель насоса на<br>генератором ГЗ-16 на<br>бозера (последова-<br>тельно 500 Ом). Не-<br>сущая частота 9 Гц,<br>сделано качание<br>амплитуды несущей<br>посредством качания<br>ручки установки<br>уровня (рис. 15).<br>Регистрация: 1.<br>Наземная антенна с<br>У5-6, 1 м, штырь<br>(Семенова); 2. Под-<br>земная антенна с У5-<br>6, 1 м, штырь (Семе-<br>нова). Работала без<br>фильтра и с филь-<br>тром. Регистрирова-<br>лись метеопараметры<br>в сторожке: скорость,<br>направление, темпе-<br>ратура, влажность |

|  |                     |   |  |   |
|--|---------------------|---|--|---|
| 6.03.81  | 17час00'<br>17час29 | 29 мин Пауза<br>20 мин<br>Постоянный режим с расходом топлива 9,4 л/с. Давление по манометру малого насоса – 80 атм | Произведен пуск установки с записью метеопараметров, но без ЭЭГУ.  | На ЭЭГУ записано давление на входе в магистрали ВД, метка времени и выход с селективного вольтметра ИРЭ – на 2 канала. Регистрация ИРЭ велась на частоте 8 Гц, а на запись была подана огибающая и записали одним каналом с постоянной времени 1,5 с, а другим – с ∞ (на постоянном входе). |
| Изготовление инфразвукового датчика, системы градуировки датчика инфразвука  |                     |   |  |   |
| 7.04.81  |                     | Пост.+Модул.  | Испытание инфразвукового датчика   | Датчик установлен у дома ЦПУ.   |
| Штативы укорачиваем – самый низкий – на 30 см, средний – на 80 см, а высокий на 130 см. Долбили плотину. Профилактика расходомера. Насос для подачи воды в бассейн. Починка компрессора. Зондовые характеристики. Подготовка насоса для заполнения бассейна подводной антенны. |                     |   |  |   |
| 27.05.81   |                     | Пуск мезотрона с подачей воды в пламя (3 л/с).  | Без тепловой струи РД распыляет на 68 м. При работе струя РД «наталкивается» на тепловую струю. Капли, попадающие в тепловую струю, сразуются и испаряются. Это около 70 % всей распыляемой воды. Часть захватывается вихрем с подветренной стороны. | Заполнение плотины водой. Вода закачивалась из болота центробежным насосом с электродвигателем 17 кВт. От насоса до бассейна, а потом до РД – пожарный шланг, на конце которого труба из нержавеющей стали Ø 50.  |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  | На длинной плети забито 4 пары последних форсунок, короткой – две   | При работе установки – низкая облачность в виде дымки. Когда установку включили, то над ней образовалось пятно голубого неба. Необходимо взять данные по поглощению ИК-излучения туманами. Сделаны фотографии. |
| Передвинули РД на новое место. Сделали пускатель на водяной насос. Форсунки прочистили. Пуск насоса СНП-120. Клапан обратный на большой насос, сборка насоса, сварка всасывающей магистрали. Труба для подвода воды. Водозабор (установка приемка).<br>Отладка зондовых характеристик. |  |  |   |  |
| 14.08.81   | 17 час 3'<br>17 час 4'<br>18 час 13'<br>18 час 26'<br>18 час 29'<br>18 час 31'<br>18 час 33' | 20 с Пост.<br>1 час 10 мин<br>Пауза 13 мин<br>Серия модулей при максимальном расходе 9,4 л/с<br>3 мин<br>Пауза 2 мин<br>Пост. 2 мин<br>Пауза 38 мин<br>Пост. 9,4 л/с | Первый опыт по испытанию инфразвукового датчика. Датчик установлен в сторожке рядом с ЭЭГУ. Производилась запись метеопараметров: температура, влажность, скорость и направление ветра. | Метеообстановка: облачно, временами дождь. Отмечено образования просветления в облаках над установкой, что следует приписать ее действию, так как других факторов не было заметно.                             |

|          |           |           |           |   |   |
|----------|-----------|-----------|-----------|---|---|
| 22.08.81 | 11 час 28 | 30с       | Ма-       | Запись метеопара-<br>метров и сигнал с<br>инфразвукового дат-<br>чика, установленного<br>в помещении сто-<br>рожки.<br>После опыта была<br>произведена запись<br>сигнала с инфразву-<br>кового датчика при<br>различных режимах<br>(давлении) работы<br>тепловой установки. | Градуировка расхо-<br>да керосина по пе-<br>репаду давлений на<br>форсунке, точнее –<br>по давлению на вы-<br>ходе насосов высо-<br>кого давления.<br>Насосы работали<br>совместно. Расход<br>определялся по рас-<br>ходомеру (рис. 17,<br>табл. 14), установ-<br>ленному на входе в<br>насос низкого дав-<br>ления (НД). |
|          | 11 час 29 | 30с       | Пауза     |   |   |
|          | 11 час 29 | 57мин     | Набор     |   |   |
|          |           |           | режима    |   |   |
|          | 12 час 27 | (7мин) до |           |   |   |
|          |           | 9,4 л/с с | выдерж-   |   |   |
|          |           |           | ками.     |   |   |
|          | 12 час 31 | 230с      | Пауза     |   |   |
|          |           | 40с       | Набор     |   |   |
|          |           |           | режима до |   |   |
|          |           | 9,4 л/с с | выдерж-   |   |   |
|          |           |           | ками.     |   |   |
|          | 12 час 43 | 1 час     |           |   |   |
|          |           | 48с       | Пауза     |   |   |
|          | 14 час 31 | 6 мин     | Серия     |   |   |
|          |           |           | разных    |   |   |
|          |           |           | пост.     |   |   |
|          |           |           | режимов   |   |   |
|          |           |           | и модуля- |   |   |
|          |           |           | цией.     |   |   |
|          | 14 час 37 | 13 мин    | Пауза     |   |   |
|          | 14 час 50 | 10 мин    | Набор     |   |   |
|          |           |           | режима с  |   |   |
|          |           |           | выдерж-   |   |   |
|          |           |           | ками      |   |   |
|          | 15 час 00 | 20с       | Пауза     |   |   |
|          | 15 час 00 | 3 мин     | Пост.     |   |   |

|   |               |   |  |
|---|---------------|---|--|
| <p>Подвод воды к насосу. Изготовление магистрали подачи воды к установке, насос подачи воды на 100 л/с. Проба насоса СНП-120 и систем всасывания и подачи воды. Для заполнения магистрали в напорной трубе на уровне плотины сделано отверстие Ø 70. Сверху (у РД) труба Ø 240 открыта. Заполнение всасывающей магистрали происходит при открытой задвижке на насосе и открытой системе эжекции, из которой выходит воздух. Как только воздух перестает выходить - система заполнилась. Установка задвижки на бассейн, заглушена труба диаметром 240 и поставлена труба диаметром 120 для распыления, которая не доходит до струи примерно на 300 мм. Поставлен манометр на ее вход. Сначала пущен РД на 5000 об/мин, затем подана в струю вода. Давление на входе в распылитель 0,5 атм. Распыливается около 50% подаваемой воды, так как струя воды как-бы ударяется о струю РД и в нее проникает половина, а половина – отражается. Надо трубу вводить в струю и делать пульверизатор.</p> |               |   |  |
| 20.10.81  | 15 – 20 минут | Давление по манометру малого насоса около 85 атм. | <p>Совместный пуск тепловой установки, РД, с распылением воды от насоса 100 л/с. Порядок опыта: включен маленький водяной насос (10 л/с) для заполнения магистрали через задвижку; после заполнения запущен дизель-насос СНП-120 и вода пущена в РД; проведены пробы на плотине закрыта задвижка. При 6500 об/мин (распыл хороший); открыта задвижка плотины; запущена т.у.; закрыта задвижка.</p> <p>Низкая облачность, северо-северо-западный ветер (от шара на установку) В струю РД введена труба. После работы была открыта задвижка в плотину и остановлен дизель-насос. Вода распылялась хорошо и почти вся уносилась струей, вно часть - шла мелким дождем по ветру. Визуально до 10 % от всей воды. Пламя было коптящим. Пламя водой не тушится. Опыт удачный. РД надо ставить ближе, угол возвышения делать больше. Сделаны фотографии</p> |

| Заправка бака РД и насосы. Наладка измерений звука. Установка насоса. Ремонт крыши на плотине. Подготовка к опытам. Установка компрессора на РД. Врезка во всасывающую магистраль задвижки. |          |               |  |
|---|----------|---------------|--|
| 24.10.81  |          |               | Пуск метеотрона.   |
| 31.10.81  | 10час32' | 2 мин         | Опыт с метеотроном.  |
|   |          | Запись помехи | Запись давления, звука, инфразвука, Е поля.  |
|   | 10час34' | 11с           | Выход на режим   |
|   |          | 30с           | При первом включении факел потух. Порядок опыта: насосы были выключены и факел снова зажжен.   |
|   | 10час34' | 20с           | Выход на режим   |
|   |          | 100 атм       | После чего было установлено давление по манометру малого насоса 100 атм, но при этом ручка далеко не доходила до макс.   |
|   | 10час35' | 5мин          | Сделана протяжка 120 мм/с. Затем давление 50 по тому же манометру и сделана протяжка 120 мм/с. Затем давление сбавлено, сделана протяжка и ручка доведена почти до макс – по манометру около 140 атм. После этого – начало модуляций: 1 –Т около 12 с; 2. Т около 6 с; 3. Т около 2,5 с; 4. Т около 1 с. |
|   | 10час40' | 20 с          | Запись помехи  |
|   |          |               | Сделаны фотографии спектров: I серия (выдержка 1/30, диафрагма 1,8, со светофильтром): 1. режим 100; 2. режим 50.  |
|   |          |               | Метеобстановка до начала эксперимента (10час00'):солнечная устойчивая погода, температура $\pm 0,5^{\circ} \text{C}$ , скорость ветра $0 \div 0,5$ м/с, направление ветра северо-западное, влажность 85 %, давление 747 мм. рт. ст   |
|   |          |               | Микрофон и антенна 1 м с У1-7 на входе (эталонный блок) установлена слева от дороги (если стоять лицом к воротам) 20 м от центра установки.  |
|   |          |               | Микрофон включен на магнитофон «Тембр2» и параллельно – на 8 и 9 шлейфы ЭЭГУ16 – 02. Ручками плавного усиления чувствительности отличались примерно в 10 раз (см. калибровку).   |
|   |          |               | Сигнал с инфрадатчика, установленного в сторожке, записывался также на 2 шлейфа: № 6 и № 7.  |

|   |                  |                                   |  |   |
|---|------------------|-----------------------------------|--|---|
| 31.10.81  |                  |                                   | <p>Затем разные режимы. Перед пропуском 2 кадра – min модуляция тах модуляция и несколько кадров помехи; II серия (1/15, диафрагма 1,8, светофильтр снят): 1. режим 100 (недобор); 2. режим 50 (после 1 прот); 3. режим 100 (после 2 прот); 4. режим &gt;100; 5. режим &gt; 100 с в/ч; 6. режим 50; 7. режим 100; 8. тах модуляция; 9. min модуляция; 10. средняя мощность; (11, 12, 13) помеха.</p> | <p>Плавная регулировка обеспечивала отличные усиления примерно в 5 – 7 раз. Поле записывалось У1-7, эталонный блок с 1 м антенной, установленной рядом с микрофоном (на расстоянии 1 м от него и на одинаковом расстоянии от центра установки). Запись на ЭГУ 16-02: № 10 и № 11. После выключения установки производства запись помехи и калибровка каналов.</p> |
| Зондовые характеристики, магнитная антенна.. Подготовка установки «Атмосфера» к опыту: налаживали запись метеопараметров, давления топлива, инфразвук и электрическое поле. |                  |                                   |  |   |
| 11.11.81  | 13 <sup>01</sup> | РД работал на режиме 7500 об/мин. | Т.У. через минуту погасла. После прокачки насоса установка запущена. РД должен был все это время работать. После запуска т.у. через 2 минуты образовалось облако (было накоплено много воды). Скорость ветра 3 – 5 м/с на юго-запад-запад. Облако развивалось и увеличивалось, принимая вытянутую по ветру форму.  | Погода с утра была ветреная, когда приехали на базу, ветер практически стих, облака рассеялись. (За день - 10.11. наблюдали облако над трубой ТЭЦ1.) Фотографирование развития облака каждую минуту (не с начала). На первых кадрах – справа 15 м мачта с 5 м антенной.   |

|  |                  |  |   |   |
|--|------------------|--|---|---|
| 11.11.81   | 13 <sup>21</sup> | отключилась сеть. Т.У. аппарата выключилась. | Кроме образования облака за счет пара, содержащегося в тепловой струе, произошло образование облаков рядом, с наветренной стороны и соединение с искусственным облаком. Регистрация метеопараметров, давлений на выходе насосов в. д., инфразвука (окно открыто, датчик в комнате) и Е- составляющей с эталонным входным блоком У1-7. РД и водяной насос продолжали работать. Восходящий поток не исчез при погасании пламени. В течение 5 минут водяной туман продолжал подниматься вверх. | Визуально угловой размер начала образования облака с удалением не изменялся, что означает увеличение линейного размера облака. Фотографии сделаны 2-мя фотоаппаратами: <i>Praktica</i> (2 пленки: одна полная, другая около 5 кадров) и ФЭД-2 (около 18 кадров). Кинографирование – 10 м. По фотографиям и угловому размеру на мачту оценены: высота 600 м, дальность до ближней кромки облака 1046–1206 м, дальность до дальней кромки 6552– 6579, длина следа 5500 м. |
| Определение знака заряда струи. Транспортировка насоса. Промазка датчика инфразвука резиной. |                  |  |   |   |
| 12.12.81   | .                |  | Измерения: эталонная (25 м от центра возд.-т.у.), надземная, подземная и магнитная антенна (оси витков – вертикальны); давление на форсунках; генератор поля; 40 мВ антенна с ЭД-05, графитовые электроды.  | Мультипликативное (25 м от центра возд.-т.у.), надземная, подземная и магнитная антенна (оси витков – вертикальны); давление на форсунках; генератор поля; 40 мВ антенна с ЭД-05, графитовые электроды. сигнал не был синусоидальным.   |

|   |  |                  |   |  |
|---|--|------------------|---|--|
| 4.02.82.  |  | 12 – 14 минут    | Сделан пуск тепловой установки для регистрации метеопараметров. Запись скорости и направления ветра, температуры и влажности датчиками на мачте около дома сторожа. | Давление записывалось барографом на земле под мачтой. Барабан – суточный. После опыта проведена сверка показаний барографа и anerоида в доме (на нем $p = 754$ мм рт. ст.) |
| Профилактика тепловой установки. Зонды, линия от установки до пульта. Монтаж насосного агрегата в.д., муфта на насос в.д. Наладка регистрации давления. Настройка энцефалографа. Подъемник для РД. Зонды - из нержавеющей проволоки, на конце – шарики (в дуге аргоно-дуг. горелки). Проволоки в керамике, а нижняя часть – 2 коаксиальных кабеля. Усиление обратного клапана водозабора, замена прокладки задвижки водозабора, установка новых сальников. Провода от пускателя до двигателя насоса на 3 л/с. Установка расходомера на водяную магистраль, увеличение пластины распылителя, его установка на раме и соединение с магистралью гибким шлангом. Пущен ЭПП – 09 для измерения температур. |  |                  |   |  |
| 3.07.82.  | ~40мин   | Пуски метеотрона | Воздействия на помеху   | Тихо. Облачность 2.  |
| 8.07.82   |  |                  | два пуска на зонды  | Зонды – плохо из-за перегрева перед опытом   |
| 14.09.82  | До обеда 2 пуски<br>После: 15 <sup>23</sup><br>7 мин |                  | Зонды - близко к форсунке - на них попадает керосин. Проходило грозовое облако над Спас-Купалиным в направлении на Юго-Восток. Над нами края облака.                | Укорочен трос и зонды подняли на ~ 80 см выше. До пуска - слабый дождь. После пуска из уходящего облака полосы дождя - самые интенсивные с края, прошедшего над нами.      |
| 18.09.82  |  |                  | зондовые характеристики на т.у. и с паяльной лампой.  | Погода хорошая – солнце, ветер ~ 5–7 м/с   |

|   |                        |   |  |  |
|---|------------------------|---|--|--|
| Труба ввода воды в струю переделана. Была - жестко закреплена (вварена) в толстую ( $\varnothing$ 240) магистраль и уголками прихвачена к раме РД так, что поворачивать РД было нельзя. Теперь - на раме сделан спец. кронштейн, позволяющий регулировать заглубление распылителя в струю РД (рис. 23). Перед опытом 21.09.82. пластина распылителя увеличена – к ней приварена пластина 0,5 * 0,7 м, а заглубление распылителя прежнее – по оси струи. |                        |   |  |  |
| 21.09.82 Опыт воздействия тепловой струи на характеристики атмосферы  |                        |   |  |  |
| 21.09.82  | Утро                   | Расход воды 10 м <sup>3</sup> за 2 мин. Перед началом работы 21.09.82. водомер показывал 00060 м <sup>3</sup> . Один оборот-10 м <sup>3</sup> , водомер делал за две минуты. Расход воды 10 <sup>4</sup> /120=83 л/с. | Порядок: заполнение магистрали насосной станции СНП-120 водой, ее запуск и пуск РД для распыления. Измерялись: метеопараметры: Скорость ветра в ЦПУ; Температура и направление ветра (в сторожке). Электрическое поле: эталонный блок ЭЭГУ и ПАУ – штырь на мачте, пирамида, трапеция и штырь у забора и магнитная антенна. Хронометраж вел А.А.Шишелов у насоса низкого давления в сторожке - А.А. Кузнецов, в ПАУ и фотографии «Практикой», кинограммы В.П.Терещенков, фото ФЭД-2 В.С.Плешивцев. | Безоблачная погода. В 8 <sup>30</sup> во впадине (теплица), был смог, что говорит о наличии инверсии температуры. Распыление стало хуже. Даже при 7000 об/мин много воды из струи уходит. Тепловая установка запускалась после того как запущены РД и вода, но малая плеть работала не с полным расходом – забиты форсунки. Судя по внешним признакам- инверсия температур. Пластина с распылителя убрана, сам распылитель опущен на 20 см вниз (рама РД (концы) приподняты). Ф-нки прочищены. Облако не образовалось. |
|   | Вечер 19 <sup>05</sup> | Запуск т.у. и пущена вода в струю   |  |  |
|   | 19 <sup>07.5</sup>     | пошел дождь. Расход керосина 1 м <sup>3</sup> за 2 мин 13 с (7,5 л/с) дождь.  |  |  |
|   | 19 <sup>10</sup>       | Уменьшение работы РД.   |  |  |

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
|   | 19 <sup>12</sup><br>19 <sup>37</sup><br>19 <sup>43</sup><br>19 <sup>43</sup> –<br>19 <sup>48</sup><br>19 <sup>53</sup><br>19 <sup>56</sup> | Дождь.<br>Увеличение<br>работы РД.<br>Выключе-<br>навода.<br>РД перестал<br>вращаться;<br>завихрения<br>под факела-<br>ми на пов-<br>сти земли.<br>Выключена<br>т.у. Нижняя<br>пара ф-нок<br>коптит.<br>Факел на<br>земле<br>Высокая<br>форсунка<br>погасла.<br>Погасили<br>огонь на<br>земле. | За РД – стоял В.Н.<br>Кунин, тепловая<br>установка – Н.Г.<br>Конопасов.   | Ветер дул от ворот<br>базы на деревянный<br>дом. По ветру при<br>работе установки в<br>опыте под струей<br>выпадали очень<br>мелкие капли – мо-<br>росил дождь. Мо-<br>рось шла до самого<br>забора базы. С уда-<br>лением от установки<br>капли были меньше<br>и интенсивность<br>мороси тоже мень-<br>ше. |
| Фотографии установок (Осташенков), отыскание неисправности РД.<br>Разборка двигателя ВК-1. Отладка метеоприборов. Починка кабеля от<br>вертушки к дому сторожа (скорость ветра не писалась) |  |  |   |   |
| 16.<br>10.82.   | 16 <sup>46</sup> –<br>-17 <sup>22</sup>  | 36 мин<br>Расход<br>топлива<br>0,5 м <sup>3</sup> за 66<br>с.  | Опыт по воздей-<br>ствию на метеопа-<br>раметры.<br>Запись в сторожке:<br>температуры возду-<br>ха, скорость и<br>направление ветра.<br>Влажность не реги-<br>стрировалась. Ско-<br>рость и направление<br>ветра в ЦПУ. | Сплошная облач-<br>ность. Ветер слабый.<br>Непрерывно идет<br>дождь. 17 <sup>12</sup> – дождь<br>почти перестал; 17 <sup>18</sup><br>– дождь перестал<br>идти совсем. Опыт<br>проведен в субботу.<br>В воскресенье<br>(17.10.82.) дождя не<br>было, даже прогля-<br>дывало солнце.                          |

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| 18.10.82  | поне-<br>дель-<br>ник.                  |  |   | С 10 час утра пошел дождь и шел весь день, а к вечеру – мокрый снег. Ночью стало холодно, утром: -7 <sup>0</sup> С, снег, гололед. Холод держится до 22.10.82, но 22.10.82. – солнце и стало теплее.   |
| Чистка форсунок Т. У. Профилактика тепловой установки. Изготовление штативов. Убрал 2 штатива с тепловой установки и отремонтировал изогнутые штативы. Работа с тепловой установкой, метеоприборы. Осмотр насоса. |   |  |   |  |
| 16.03.83  |   |  | Пуски метеотрона  | Для гостей ВНИИПО  |
| 26.03.83  | 12 <sup>08</sup> _<br>-13 <sup>08</sup> | 60 мин                                     | Измерение давления под метеотроном. Опыты с барографом. Барограф (точный) установлен в колодец под форсунками и накрыт листами кровельного железа. В 11 час 42/пушена диаграмма барографа. Оказалось, что крышка барографа оплавилась, прижала барбан и он остановился. Чувствительность барографа 0,5–1мм на 1 мм. рт.ст. До момента включения установки стрелка имела тенденцию идти вниз, а при включении – вверх. | Погода. Ветер 5-7 м/с, температура +7 <sup>0</sup> . Облачность высокая сплошная, просвечивающая. Облака – кучевые. После 20 мин работы над установкой образуются в облаках просвет, с угловым размером, соответствующим измерению, показанному на рис. 25. После выключения установки через 20-25 минут небо над установкой снова стало облачным – таким как было до включения. |
|   |   | Расход 00297,24 – 00272,0 м <sup>3</sup> . |   |  |

|   |  |  |   |  |
|---|--|--|---|--|
| 26.03.83  | 14 <sup>16</sup> -<br>15 <sup>47</sup> | 1 час 31 мин<br>Расход 00337,58 – 00297,24 м <sup>3</sup> .            | С барографа снята крышка и он снова поставлен в колодец. Его диаграмма (отметка) соотв. 14 час 03 мин. Оказалось, что барограф вышел из строя – расплавился корпус и натек на стрелки. Лента барографа сильно обожжена (рис. 24). | Во время работы над установкой снова образовалось пятно чистого неба. Редкие облака нижнего яруса проходили на фоне этого пятна. На расстоянии 30 – 40 м от установки во время работы отчетливо ощущается дрожание земли. После 25 мин работы возникает чувство беспокойства |
| <p>Испытание насосных агрегатов. Штатив, всос на заправку. Сменил пускатель насоса н.д., поставил выкл. на насос переноски. Изготовление механической части системы модуляции, ремонт РД. Закончили изготовление и монтаж модулятора давления метеотрона. Опробовали. Конструкция новой плети (рис. 26) - бывшая обладает недостатками: 1. Штативы необходимо защищать экранами, стойкость которых мала; 2. Отверстия форсунок забиваются, т.к. штуцера форсунок из обычной стали ржавеют.</p> <p>Изменения: отверстия диаметром 0,8 мм сверлятся прямо в трубе (рис.27). Сделаны стойки. В трубах просверлены отверстия. Отверстий – 100 шт, наклонных – 8 шт. Было в длинной плети 106 отверстий.</p> |  |  |   |  |
| 15.06.83  | 30/                                    | Эксперимент в грозу с метеотроном. Работы с гориз. подземной антенной. | Гроза прошла чуть восточнее базы. Град, ветер ~ 15 м/с. Ударили 2 или 3 молнии в районе бака.   |  |
| 5.07.83   | 12ч.30 мин – 13ч.40 мин.               | ц/б форсунка со спиралью. Расход топлива 0,1 м <sup>3</sup> /32 с.     | Проведение экспериментов по тушению ц/б форсунки со спиралью и теплопловой установки.   | Эксперименты начались в условиях пасмурной погоды, при скорости ветра 4-5 м/с с северо-запада.   |

|  |          |  |  |  |
|--|----------|--|--|--|
| 5.07.83  |          | 2. т.у. Расход 7л/с.   | т.у. - 2 плети с общим количеством отверстий 106 шт. Ø0,8 мм.  | К концу экспериментов облачность рассеялась, и было солнечно.  |
| Ремонт РД (съемник для подшипника). Проверка герметичности инфразвукового датчика. |          |  |  |  |
| 30.03.84   | ~10 мин  | Пуск мегатрона с модуляцией  | Каналы комплекса регистрации: У1-7 (штырь у забора); трапеция; 40-метровая; паук; 2 <sup>х</sup> произведение.<br>Каналы в сторожке: 4 насос 3,5 л/с; 5 насос 6,0 л/с; инфразвук 6,7 СЕВ – 9   |  |
| 6 апрель 1984 г  | ~1,5 мин | пуск мегатрона с модуляцией<br>Порядок вкл.: подкачивающий насос н.д., двигатель насосов в. д.; двигатель модулятора; несколько периодов ручка удерживалась в положении тах.<br>Порядок выключения: снят тросик модулятора с ручки насосов в. д., ручка переведена | Каналы ПАУ: 1 дорожка – штырь у забора; 2 дорожка – трапеция с ЭД-05; 3 дорожка – пирамида с варикапом; 4 дорожка – произведение штырь × трапецию; 6 дорожка – произведение штырь × трапеция × пирамида; 7 дорожка – пустая; 8 дорожка – метка согласования; 9 дорожка – СЕВ<br>Каналы ЦПУ: 1 канал – Пр. 1×2×3(из ПАУ); 2 канал – 40м . ЭД-05; 3 канал – паук с варикапом; 4 канал – штырь на болоте; 5 канал – Пр.1×2×3×4; 6 канал – Пр. 1×2×3× 4×5; 7 канал – Пр.1× 2×3× 4×5×6; 8 канал – СЕВ; 9 канал – метка согласования | Расстояние между установкой и сторожкой 70м.<br>Датчик инфразвука вынесен из сторожки и стоит в 2м от окна.<br>Работали каналы: 3 – нулевой 4 – давление насоса 3,5 л/с 5 – давление насоса 6,0 л/с 6, 7– инфразвук, 8, 9– растр, 10 – СЕВ, 13 – метка согласования. |

|         |  |   |   |
|---------|--|---|---|
|         |  | В положение – всасывания, выключены двигатели насосов в.д., выключен двигатель насоса н. д., закрыты краны подачи топлива   |   |
| 7.04.84 | 12 <sup>27</sup> –<br>12 <sup>30</sup><br>12ч40'<br>13ч00'<br>14ч07'<br>14ч19' | 3мин Модуль<br>10мин Пост.<br>11мин Пост.<br>3мин Модуль<br>9,5мин Пост.<br>В непрерывном режиме расход- 5,92 л/с расход при модуляции -2,94 л/с<br>Замена манометра на насосе 3,5 л/с в.д. | Запись вариаций ЭМП каналами комплекса при работе метеотрона в режиме модуляции и нет.<br><u>Цель</u> – посмотреть реакцию ионосферы на работу метеотрона в режиме модуляции и в режиме постоянного давления. Опыт с городом Горьким НИРФИ.<br>I. Каналы в сторожке (те же); II. Самописец, УСК в ПАУ: 1 (первый сверху) штырь у забора; 2 трапеция с ЭД; 3 мачта; 4 Пирамида; 5 П 1×2; 6 П 1×2×3; 7 – магнитная антенна; 8 – согласование; 9 – СЕВ<br>III. Каналы ЦПУ: 1 (первый сверху) П 1×2×3 – из ПАУ; 2 ЭД 05 с 40м; 3 Паук с варикапом; 4 Штырь болото; 5 П 1×2×3×ЭД-05; 6 П 1×2×3×ЭД-05×Паук; 7 П 1×2×3×ЭД×Паук×штырь; 8 СЕВ; 9 согласование; 10 – нулевая линия. IV. Наземный и подземный каналы. V. Запись метеопараметров в сторожке: скорость, направление ветра, температура воздуха |
| 5.06.84 |  | 3 мин Пробные пуски   | Работа с ВНИИПО на полигоне.<br>Цель – время работы защитного костюма в пламени при 1500 <sup>0</sup> С   |

Продолжение табл. 1

|          |   |  |  |  |
|----------|---|--|--|--|
| 6.06.84  | 10 часов утра   | 3 мин Пуск   | Температура под костюмом везде превысила 50°C  | Слабый ветер и солнце. ФЭД-2 фотографии – каждые 10 секунд с начала. <i>Praktica</i> – видовые снимки, кинокамера.   |
| 25.09.84 | <u>1 опыт</u><br><u>2 опыт</u>  | 2 мин  | Пуски метеотрона с организациями гг. Москвы и Подольска..<br>Пуск установки метеотрон для снятия зависимости от расстояния.  | Микрофоны (Подольск) установили на расстоянии: 85, 170, 340 м по линии – центр установки – ЦПУ (полем) и дальше – за забором.  |
| 26.09.84 | <u>1 опыт</u><br><u>2 опыт</u><br><u>3 опыт</u><br><u>4 опыт</u><br><u>5 опыт</u> | 5 минут<br>Модул. 0,5 Гц.<br>~ 68с<br>Модул. 0,5 Гц.<br>~ 66 с<br>Модул. 0,5 Гц<br>~ 1 мин<br>Пост.<br>~64с<br>Модул. 0,25 Гц<br>~ 1 мин<br>Пост.<br>10 мин<br>Модул. 0,5 Гц | Установка включена на постоянный режим, но загорелась трава, и тогда все было выключено.<br>Спустя время пуск повторен.<br>Цель – получить совместную запись уровня в точке, где установлен наш датчик ИЗ. Перед опытом были пропаяны сильфоны датчика.<br>Повторили опыт № 2. | Ветер 3-4 м/с – 4,5<br>Микрофоны стояли у насосов высокого и низкого давления и на расстоянии ~ 20 м<br>?(это не известно).<br><br>ИЗ записывался на 7 и 9 каналы и 8 канал – растр. |
| 21.05.85 |   | 1 мин  | Опыты по измерению температуры в пламени метеотрона. Манекен в костюме подвешен к зондовой стреле на тросе. Трос перегорел   |  |

Продолжение табл. 1

|          |       |  |   |   |
|----------|-------|--|---|---|
| 23.05.85 |       |  | Обожжено 2 манекена   | 1 – выдержал 80с, 2 – 195 с   |
| 24.05.85 |       |  | испытания костюмов ТК-1500  | Ходили вдоль малой плети, опущенной до 1,5 м  |
| 2.10.85. |       |  | Работа с пожарниками.   | Сожгли 2 манекена.  |
| 3.10.85  | 22мин | По водоперемеру в течении всего опыта было израсходовано 930,5857,373,2 м <sup>3</sup> воды. Т.е. за секунду ~ 55 л/с. При расходе в начальном сечении метеотрона на 10 <sup>4</sup> м <sup>3</sup> /с водность должна быть 5,5 г/м <sup>3</sup> . По результатам замеров лаборатория значения водности в струе 0,2-0,5 г/м <sup>3</sup> . | Пуски метеотрона, РД, системы подачи воды<br>Заполнен электрический водяной насос и включен его электродвигатель. После заполнения магистралей, когда из струи потекла вода, завели дизель на станции СНП – насос. В это время прилетел самолет. После окончания зондировки включен РД, потом метеотрон, закрыта задвижка на плотине. Через несколько минут упала малая плеть. Поставили плеть, включились снова. Самолет летал по программе. Пролеты через струю на ленте отмечены | Совместная работа с летающей лабораторией из Нальчика.<br>На энцефалографе: давление перед форсунками (канал 2 – 3,5 л/с, 9 – 6 л/с), 10 - растр. Метеопараметры: скорость, направление ветра и температура.<br>Самолет произвел до опыта зондирование высот 300 -1200 м атмосферы со временем ~11 <sup>05</sup> (Часы на базе отставали на 2 мин.).<br>Во время опыта ветер изменил направление и вертушка с термометром на метеомачте оказалась в струе метеотрона.<br>Самолет пролетел через струю сначала между плотиной и огнем, потом – за территорией базы.<br>Фотографирование. |

## 2. Дневники опытов

### 2.1. Регистрация электрического поля на удалении от ТУМ

Экспериментальная база, или полигон кафедры физики Владимирского политехнического института (ныне Владимирского государственного университета имени Н. Г. и А. Г. Столетовых) находилась и сейчас находится в восточном направлении от города около озера Запольского на расстоянии 1 км от трассы («Пекинки») (рис.1). Весной 1980 года авторы объезжали окрестности полигона, подбирая удобную площадку для регистрации электрических полей КНЧ диапазона при работе ТУМ.

**Дневник экспедиции** (3.06.1980. – 5.06.80). Первого и второго июня на экспериментальном полигоне собирались в 3-х дневную экспедицию (см. табл.1, с. 20). Готовили к пускам ТУМ V, регистраторы на полигоне. Загружали необходимым оборудованием кабину универсальную нормальных габаритов (КУНГ) автомобиля ЗИЛ131. Ночью со второго на третье июня группа в составе четырех человек выехала в район деревни «Дроздовка» (235 км по шоссе Владимир – Нижний Новгород (рис. 1). Состав выездной группы: В.П. Терещенков, В.С. Плешивцев, В.Г. Романов, А.А. Кузнецов. На базе остались Н.Г.Конопасов и инженер М.Н. Коломийцева. Связь осуществляли по рации.

В задачу первой группы входило разворот антенного поля в пункте назначения (рис. 2, 3). Вторая группа проводила управление комплексным экспериментом с поддержанием непрерывной связи и проведением планового пошагового алгоритма эксперимента. Основной целью эксперимента была попытка обнаружения и фиксации признаков пуска метеотрона на относительно больших разнесенных расстояниях. Иными словами, по содержанию цель мало, чем отличалась от подобных радиофизических регистраций пусков ракет, прохода подводных лодок, пролета вертолетов. Основное отличие – в объекте регистрации и характерных технологических особенностях регистраций.



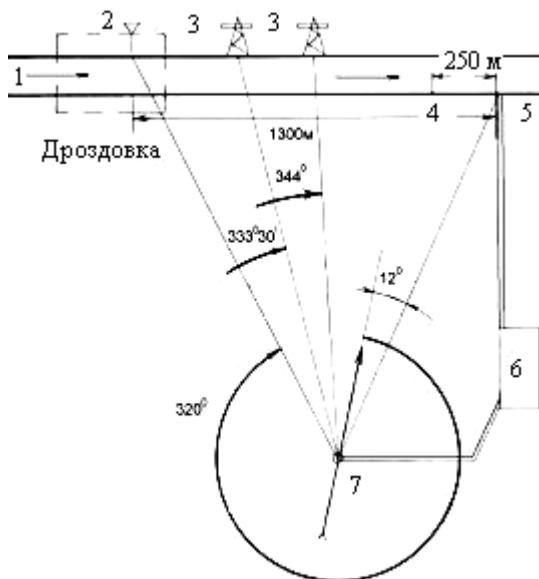


Рис. 2. Расположение выносного пункта измерений. Схема местности. Масштаб 1 см: 300 м. Обозначения: 1 – трасса Москва – Н.Новгород (в 1980 г – г. Горький), 2 – дорожный знак, 3 – мачты ЛЭП (находятся за трассой), 4 - знак 233 км, 5 – поворот с трассы к передвижному пункту управления (ППУ) измерениями, 6 – деревья, 7 – ППУ. Ориентация объектов относительно направлению на «Север» магнитной стрелки

Не обошлось без приключений. При выезде на шоссе – базы (217 км) засадили ЗИЛ131. Откопали мосты – он не ровно стоит. Послали Кузнецова за Конопасовым; он приехал на «Волге», привез трос. Этим тросом мы зацепились за бетонную чушку на съезде и благополучно выбрались. Далее добрались до выбранного заранее места назначения (рис. 1 – 3) благополучно. Передвижной пункт на 3 приемных канала (рис. 3) монтировали долго и тяжело после бессонной ночи.

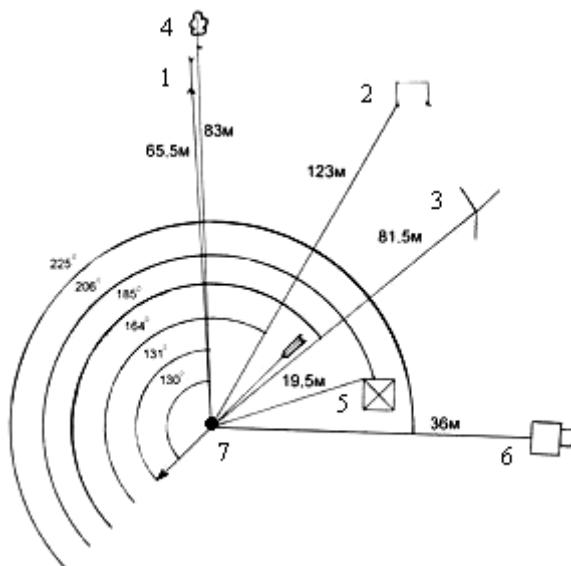


Рис. 3. Схема антенного поля. Горизонтальная шкала теодолита выставлена на  $0^{\circ}$  –  $180^{\circ}$  при ориентации на «Север» по магнитной стрелке. Обозначения: 1 – первый ( $I_1$ ) приемный канал вертикальная антенна высотой 1 м «штырь» с У-1-7; 2 – второй ( $I_2$ ) приемный канал «трапеция» с ЭД-05; 3 – третий ( $I_3$ ) приемный канал «паук» с варикапом; 4 – объект ближней привязки – одинокое дерево; 5 – автомобиль ЗИЛ131 с кунгом; 6 - переносная электростанция АБ–2-Т/230; 7 – передвижной пункт управления (ППУ), размещенный в палатке. Все объекты ориентированы по отношению к направлению на «Север».

К 10 часам 3 июня собрали пункт, позавтракали чаем и стали раскатывать кабели, устанавливая антенны и настраивать приемные каналы. Текущее время регистрировалось в системе единого времени (СЕВ) с выведением посекундных меток на ленту записи на первой или последней дорожке (в зависимости от самописца). Днем заболел Володя Романов и уехал.

20<sup>00</sup> – ужидали. Появились мошки. Много. Все хотят есть...

20<sup>16</sup> - закончился первый рулон. В конце рулона сделаны калибровки 1 и калибровки 2.

20<sup>20</sup> - за самописец встал Плешивцев.

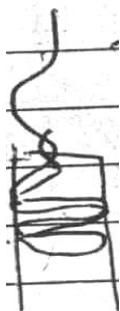
20<sup>52</sup> - Терещенков измерил метео (табл. 2).

21<sup>18</sup> - Терещенков залил бензином станцию под завязку. Кузнецов заделывает марлей КУНГ, чтобы там можно было спать без мошек.

1<sup>30</sup> и в 2<sup>00</sup> - заправили электростанцию бензином.

С 11 до 2-х ремонтировали протяжку. 12<sup>30</sup> - приехал Конопасов на Волге. Починили протяжку из самописца и начали регистрацию, при этом приборы по каналам и самописец не выключали.

4<sup>55</sup> - птица замучила - садится на штыревую антенну и гонит помеху. Приходится подходить к самой антенне, чтобы ее согнать.



5<sup>50</sup> - заправили электростанцию бензином.

6<sup>00</sup> - Плешивцев регистрирует ЭД. Проснулся Терещенков и встал за самописец.

6<sup>15</sup> - Плешивцев пошел спать.

7<sup>41</sup> - заменил рулон. Плешивцев спит. Кузнецов спит. В конце рулона № 2 сделал калибровку и согласование перьев. Тоже самое - в начале 3<sup>его</sup> рулона.

8<sup>22</sup> - на конец штыря (У5-6) привязал проволочку (рис. 4), чтобы птица больше не садилась, «заклевала».

8<sup>40</sup> - встал Кузнецов, сделал СЕВ. Сильные порыва ветра.

9<sup>20</sup> - Терещенков настраивает варикап (табл. 3), Кузнецов у самописца, метео (табл. 2).

9<sup>58</sup> - Терещенков поставил на варикапе последовательно антенне конденсатор 220 пФ.

10<sup>44</sup> - провел калибровку 1, т.к. изменил чувствительность каналов в связи с повышением уровня помехи.

11<sup>10</sup> - залил электростанцию одной канистрой.

11<sup>14</sup> - пошел мелкий дождь (табл. 2).

11<sup>23</sup> - измерили напряжение питания на клеммах «Океана» – оно оказалось 255 В. Изменять ничего не стали.

Рис. 4.  
Скан-копия.  
Проволочка  
им. В.П.  
Терещенко-  
ва

11<sup>50</sup> - продолжает идти резкий дождь. Появилось много комаров в палатке.

12<sup>05</sup> - дождь перестал (табл. 2).

12<sup>16</sup> - пошел резкий дождь. Подтянули палатку. Ветер порывистый до 14 м/с (табл. 2).

13<sup>04</sup> - пошел дождь средней силы. Помехи на У5-6 увеличились. Проснулся Плешивцев, встал за самописцем.

13<sup>21</sup> - Терещенков и Кузнецов варят кашу.

14<sup>15</sup> - приехал Конопасов. Пошел дождь средней силы (табл. 2).

14<sup>20</sup> – 14<sup>35</sup> - провел калибровку каналов самописца.

14<sup>35</sup> – 14<sup>43</sup> - сделал согласования перьев самописца по каналам.

Терещенков и Кузнецов готовят Шар для градуировки.

Для согласования перьев выключал тумблер самописца «запись» и затем рукой двигал перо каждого канала. Раздался щелчок в самописце, а через несколько минут пошел дым из блока питания. Выключили тумблер «сеть» УС4 и стали разбираться в причине. Через несколько минут пошел дым из блока питания «МИФИ». Когда выключили МИФИ из розетки, обнаружили, что не работает Р-250. Проверили питание на розетке в палатке – напряжение 235В. Сходили к электростанции на выходе станции напряжение 240В.

У Р-250 сгорели предохранители. У блока питания УСУ потрескались колбы стабилитронов. Вспоминая прошлые опыты, считаем, что после щелчка в самописце пробило один из стабилитронов, уменьшилась нагрузка и все начало гореть. Впредь необходимо стойку оборудовать прибором (показометром) для контроля напряжения.

17<sup>35</sup> - идет сильный дождь (табл. 2). Мы собираем все и грузим в машину. Экспедиция закончилась на сутки раньше.

Таблица 2. Ход метеопараметров (опыт 3.06. – 4.06.1980)

| Вре-<br>мя<br>изме-<br>рения | Ско-<br>рость<br>ветра,<br>м/с | Характер<br>ветра,<br>максимальная<br>скорость, м/с | Термо-<br>метр, град |             | Облачность %, солнце или<br>осадки |
|------------------------------|--------------------------------|---|----------------------|-------------|------------------------------------|
|                              |                                |   | Су-<br>хой           | Влаж<br>ный |                                    |
| 10 <sup>30</sup>             | 3 – 4                          | Порывистый, до 7                                    | 22,6                 | 16,8        | Переменная до 50, солнце           |
| 11 <sup>00</sup>             | 2 - 3                          | Порывистый, до 6                                    | 23,4                 | 16,4        | Переменная до 50, солнце           |
| 11 <sup>15</sup>             | 4 - 4,5                        | Постоянный  | 24,4                 | 16          | Пасмурно                           |
| 11 <sup>30</sup>             | 3 - 4                          | Порывистый, до 6                                    | 22,4                 | 16,4        | Переменная до 50, солнце           |
| 11 <sup>45</sup>             | 3                              | Порывистый, до 5                                    | 24                   | 17,4        | Переменная до 50, солнце           |
| 12 <sup>00</sup>             | 4 - 5                          | Постоянный  | 24,4                 | 17,6        | Переменная до 50, солнце           |
| 12 <sup>15</sup>             | 2                              | Порывистый, до 5                                    | 23,6                 | 16,6        | Переменная до 50, солнце           |
| 12 <sup>30</sup>             | 4 - 5                          | Порывистый  | 22,2                 | 16,2        | Пасмурно                           |
| 12 <sup>45</sup>             | 2 - 4                          | Порывистый  | 23,6                 | 18          | Переменная до 50, солнце           |
| 13. <sup>28</sup>            | 3 - 4                          |   | 21,8                 | 15,8        |                                    |
| 13. <sup>28</sup>            | 5                              |   | 21,8                 | 15,4        |                                    |
| 13. <sup>29</sup>            | 2 - 3                          |   | 22,6                 | 15,4        |                                    |
| 13. <sup>29</sup>            | 2                              | Порывы до 4   | 22,5                 | 15,3        |                                    |
| 13. <sup>30</sup>            | 4                              |   | 21,2                 | 15          |                                    |
| 13. <sup>30</sup>            | 3 - 4                          |   | 21                   | 15          |                                    |
| 13. <sup>31</sup>            | 4                              |   | 21,2                 | 15          |                                    |
| 13. <sup>31</sup>            | 3 - 4                          |   | 21,2                 | 15          |                                    |
| 13. <sup>32</sup>            | 2 - 3                          |   | 21,7                 | 15,2        |                                    |
| 13. <sup>32</sup>            | 4 - 5                          |   | 22                   | 15,4        |                                    |
| 13. <sup>33</sup>            | 5 - 6                          |   | 22,2                 | 15,8        |                                    |
| 13. <sup>33</sup>            | 4 - 5                          | Порывы до 7   | 22,2                 | 16          |                                    |
| 13. <sup>34</sup>            | 4 - 5                          |   | 21,8                 | 16,2        |                                    |
| 13. <sup>34</sup>            | 4                              |   | 22,8                 | 16          |                                    |
| 13. <sup>35</sup>            | 3 - 4                          |   | 22,3                 | 16          |                                    |
| 13. <sup>38</sup>            | 1                              |   | 22,5                 | 16          |                                    |
| 13. <sup>39</sup>            | 4 - 6                          |   | 22                   | 16,4        |                                    |
| 13. <sup>40</sup>            | 5                              |   | 21,8                 | 16,6        |                                    |
| 13. <sup>41</sup>            | 5 - 6                          |   | 21,8                 | 16,2        |                                    |
| 13. <sup>42</sup>            | 4                              |   | 21,8                 | 16          |                                    |
| 13. <sup>43</sup>            | 4-5                            |   | 22                   | 16,6        |                                    |
| 13. <sup>44</sup>            | 4-5                            |   | 22,2                 | 16,8        |                                    |
| 13. <sup>45</sup>            | 6-7                            |   | 22,2                 | 17,6        |                                    |

Продолжение табл. 2.

|                   |        |   |      |      |   |
|-------------------|--------|---|------|------|---|
| 13. <sup>46</sup> | 6-7    | Порывами до 12<br>(макс. скорость<br>ветра за 20 минут) | 22   | 17,2 |   |
| 13. <sup>47</sup> | 7 - 10 |   | 21,8 | 16,8 |   |
| 13. <sup>48</sup> | 2      |   | 21,4 | 16,2 | 20  |
| 14. <sup>46</sup> | 4 - 5  |   | 21,4 | 14,8 | 10  |
| 15. <sup>16</sup> | 4      |   | 23   | 15   |   |
| 15. <sup>42</sup> | 5      | н. измерений 10<br>м/с)                                 | 22,2 | 15,4 | 10  |
| 16. <sup>28</sup> | 1      |   | 21,4 | 17,2 | 5   |
| 16. <sup>33</sup> | 5      |   | 22   | 16,6 | 5   |
| 16. <sup>50</sup> | 3      |   | 21,8 | 16,2 | 5   |
| 17. <sup>02</sup> | 4      |   | 21,4 | 15,2 | 10  |
| 17. <sup>17</sup> | 3 - 4  |   | 21,4 | 15,6 | 10  |
| 18. <sup>00</sup> | 1      |   | 21   | 14,2 | 15  |
| 18. <sup>16</sup> | 7      |   | 21   | 14   | 15  |
| 18. <sup>37</sup> | 2      |   | 20,4 | 14,4 | 15  |
| 18. <sup>56</sup> | 6      |   | 20   | 14,4 | 20% *   |
| 19. <sup>22</sup> | 2-3    |   | 19,2 | 16,8 | 10%   |
| 20. <sup>02</sup> | 1.5    |   | 18,4 | 14   | 0%  |
| 20. <sup>50</sup> | 3      |   | 15,6 | 11,2 | 5%  |
| 21. <sup>25</sup> | 3.5    |   | 15,2 | 10,8 | 55  |
| 22. <sup>05</sup> | 1.5    |   | 15,6 | 11,0 | 0%  |
| 2. <sup>02</sup>  | 1      |   | 12,0 | 8,8  | 70%   |
| 2. <sup>32</sup>  | 1      |   | 10,8 | 7,4  | 98% От туч свободна тон-<br>кая западная часть неба |
| 2. <sup>50</sup>  | 2 - 3  |   |      |      |   |
| 2. <sup>53</sup>  | 2 - 3  |   |      |      |   |
| 3. <sup>16</sup>  | 2 - 3  |   |      |      | 100%  |
| 3. <sup>54</sup>  | 2-3    |   | 10,4 | 8,0  | 100%  |
| 4. <sup>36</sup>  | 2-3    |   | 9,8  | 7,6  | 100%  |
| 4. <sup>53</sup>  | 4      |   |      |      | 100%  |
| 5. <sup>17</sup>  | 4      |   |      |      | 100%  |
| 5. <sup>37</sup>  |        |   | 10,4 | 8,2  | 100%  |
| 6. <sup>19</sup>  | 2,5    |   | 12,4 | 10,2 | 100%  |
| 6. <sup>40</sup>  | 4      |   | 11,8 | 10,2 | 100%  |
| 7. <sup>43</sup>  | 4      |   | 12,2 | 10,0 | 100%  |
| 8. <sup>26</sup>  | 2      |   | 13,4 | 10,8 | 100%  |
| 8. <sup>39</sup>  | 8 - 10 |   | 13,2 | 10,0 |   |

Продолжение табл.2.

|                   |           |                 |        |      |                        |
|-------------------|-----------|-----------------|--------|------|------------------------|
| 9. <sup>06</sup>  |           | порывистый до 8 | 14,0   | 11,0 | 100%                   |
| 9. <sup>17</sup>  | 5         | постоянный, по- | 15,2   | 12,0 | 100%                   |
| 9. <sup>41</sup>  | 4         | рывами до 13    | 15,0   | 11,6 | 100%                   |
| 10. <sup>15</sup> | 8 - 10    | жим. Начало мо- | 14,8   | 11,2 | 100%                   |
| 10. <sup>31</sup> | 6         | дуляции         | 14,4   | 11,0 | 100%                   |
| 10. <sup>43</sup> | 6         |                 | 14,8   | 11,2 | 100%                   |
| о                 | 7         |                 | Вы-    |      |                        |
| ре-               | Зажигание |                 | ключе- |      |                        |
| ги-               | гание     |                 | ние    |      |                        |
| стра              | (время    |                 |        |      |                        |
| ции               | – по      |                 |        |      |                        |
| со-               | месту     |                 |        |      |                        |
| бы-               | регистра- |                 |        |      |                        |
| тия               | ции)      |                 |        |      |                        |
| 11. <sup>14</sup> | 7 - 8     |                 | 14,8   | 11,2 | 100%накрапывает дождь  |
| 11. <sup>36</sup> | 3         |                 | 14,8   | 11,2 | 100% дождя нет         |
| 11. <sup>42</sup> | 5         |                 | 14,2   | 10,6 | 100%накрапывает дождь  |
| 11. <sup>54</sup> | 8-10      |                 | 15,4   | 11,4 | 100%                   |
| 12. <sup>14</sup> | 6         |                 | 17,0   | 12,2 | 100%                   |
| 12. <sup>30</sup> | 8-9       |                 | 15,8   | 12,4 | 100% дождя нет         |
| 12. <sup>43</sup> | 4         |                 | 15,6   | 14,2 | 100%                   |
| 12. <sup>48</sup> | 6-8       |                 | 14,6   | 14,2 | 100%накрапывает дождь  |
| 12. <sup>58</sup> | 6         |                 | 15,6   | 14,6 | 100% дождь не сильный  |
| 13. <sup>10</sup> | 5         |                 | 16,4   | 14,4 | 100% дождь             |
| 13. <sup>34</sup> | 4         |                 | 13,8   | 13,2 | 100% дождь усилился    |
| 14. <sup>12</sup> | 7         |                 | 13,0   | 13,0 | 100% дождь усиливается |

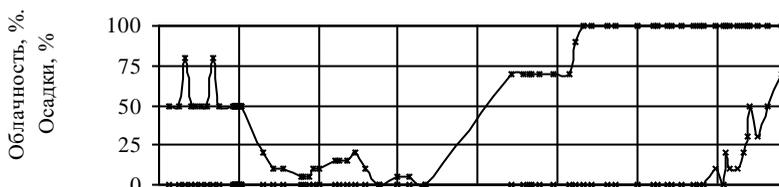
Примечания: \* Над нами проходят крупные недождевые облака.

Скорость ветра измерялась ручным анемометром, влажность – психрометром. Характер ветра оценивался как порывистый, если максимальная скорость за время измерения (30 с) превышала среднюю скорость на 20 %. Облачность, % оценивалась по отношению площадей закрытого небосклона к открытому. Измерение данных производилась неравномерно во времени, сериями в течение всего экспедиционного времени, захватывая все шесть опытов. Данные таблицы далее приведены в графическом формате (рис. 5 а – д).

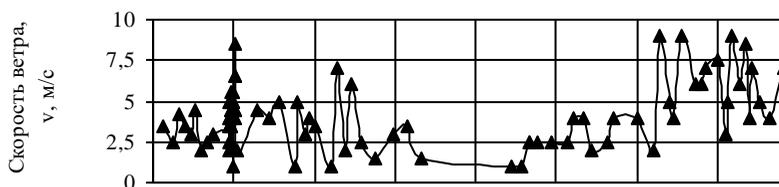
Табл. 3. Маркировка кабеля к антеннам: «штырь» и «паук» (выносной пункт) и распайка разъема

|                |                      |  |
|----------------|----------------------|--|
| Антенна штырь  | Паук (вариант).      |  |
| 0 – Земля – 12 | 8 Ом                 |  |
| вых. – 3       | 1 Ом                 |  |
| –6В – 2        | 1 Ом                 |  |
| +6В – 8        | 1 Ом                 |  |
| Рег.0 – 5      | 1 Ом                 |  |
| Рег. усил. – 1 | 1 Ом                 |  |
|                | Выносной пункт.      |  |
|                | 9 – питание (-) – 9В |  |
|                | 10 – питание (+) +9В |  |
|                | 6 – 8 – выход        |  |
|                | 3 – 5 – рег. 0       |  |
|                | Регул. нуля          |  |

При экспериментальных исследованиях атмосферных явлений и для адекватного анализа получаемых данных в диапазоне КНЧ необходимо в комплекс измерений включить измерения характеристик метеообстановки в районе измерений для определения и при необходимости исключения из анализа их влияния на передаточную функцию атмосферы (см. табл. 2). Вне территории экспериментального полигона применялся лабораторный психрометр с одинаковыми спиртовыми термометрами и с увлажняющим фитилем из тонкой хлопчатобумажной ткани с плотным прилеганием к термочувствительному элементу [10].



*a*



*б*

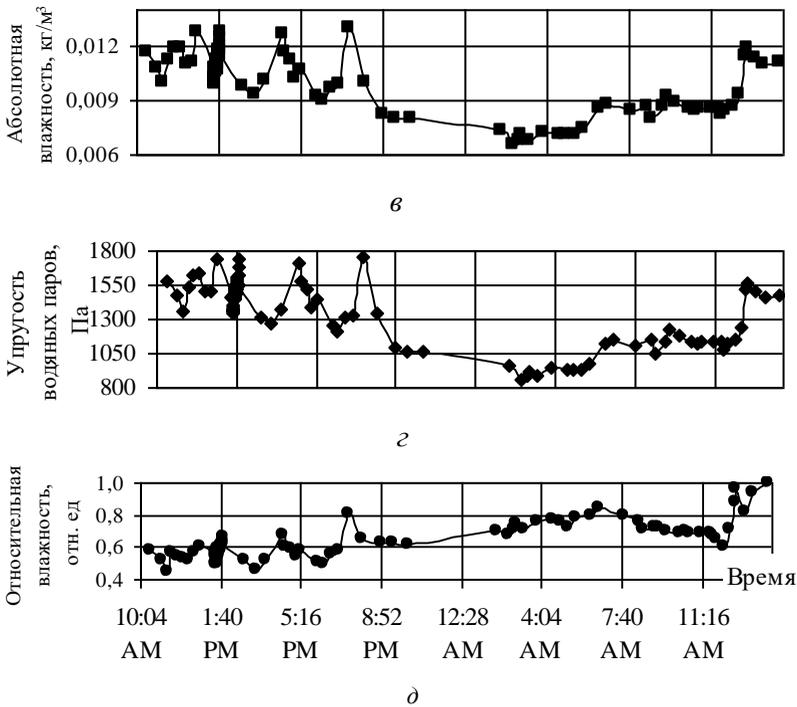


Рис. 5. Характеристики метеобстановки в районе антенного поля во время экспериментов (3 – 4).08. 80.: *a* – облачность (ж), %, осадки (х), %; *б* – скорость ветра, м/с; *в* – абсолютная влажность воздуха, кг/м<sup>3</sup>; *з* – упругость водяных паров в воздухе, Па; *д* – относительная влажность воздуха, отн. ед.. Время указано общее

**Работа на экспериментальном полигоне.** На экспериментальном полигоне в течение комплексного эксперимента 04.06.80. в интервале времени с четырех часов утра до часу дня было проведено 6 опытов через околичасовые паузы и по одному алгоритму: включение электродвигателя подкачивающего насоса низкого давления (ЭДПНД), включение электродвигателя магистрального насоса высокого давления (ЭДМНВД) на 3 л/с, включение электродвигателя магистрального насоса высокого давления (ЭДМНВД) на 6,02 л/с, холостой режим работы насосов, по-очередной выход на номинальный режим насосов высокого давления до значений магистральных давлений 80 – 100 атм, зажигание облака топливовоз-

душной смеси от приставного факела [3, 4] с формированием сплошного факела пламени объемом до  $10^3$  м<sup>3</sup>. Работа всегда началась на стационарном режиме при фиксированном давлении подачи топлива на форсунки горелок. Далее, работа или продолжалась на стационарном режиме (опыты №№ 1 – 3), или переходила в режим переменного давления с модуляцией объема факела пламени (опыты №№ 4 – 6) (табл. 4). При этом проводились регистрации метеоусловий (табл. 5) и электрического поля на таких же приемных каналах и антеннах стационарного исполнения в двух пунктах регистрации: ЦПУ и ПАУ.

Таблица 4. Режимы работы ТУМ на экспериментальной базе

| № опыт | Место регистрации | Момент зажигания факела пламени  | Режимы работы: стационарный и переменный (с модуляцией)                              | Выключение насосов и сети        |
|--------|-------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|
| 1      | ЦПУ               | 4 час 26' 17''<br>4 час 26' 37'' | Пламя на большой плети<br>Загорелись обе плети<br>(большая -100 атм, малая - 70 атм) | 4 час 30' 12''                   |
|        | ПАУ*              | 4 час 25' 43''<br>4 час 26' 37'' |  | 4 час 30' 18''<br>(выключ. сеть) |
| 2      | ЦПУ               | 7 час 17' 08''                   | Без модуляции, большая – 80 атм, малая – 50 атм                                      | 7 час 27' 38''                   |
|        | ПАУ               | 7 час 17' 09''                   |  | 7 час 27' 36''                   |
| 3      | ЦПУ               | 8 час 47' 26''                   | Без модуляции  | 8 час 57' 35''                   |
|        | ПАУ               | 8 час 47' 24''                   |  | 8 час 57' 34''                   |
| 4      | ЦПУ               | 10 час 7' 42''                   | Модуляция с 10 час 08' 00''  | 10 час 18' 50''                  |
|        | ПАУ               |                                  |  | 10 час 16' 49''                  |
| 5      | ЦПУ**             | 11 час 32' 25''                  | Модуляция с 11 час 33' 24''  | 11 час 43' 37''                  |
|        | ПАУ               | 11 час 32' 20''                  | Модуляция с 11 час 33' 25''  | 11 час 43' 37''                  |
| 6      | ПАУ               | 12 час 44' 25''                  | Модуляция с 12 час 45'   | 12 час 54' 50''                  |

Обозначения: \*лента 3 ПАУ (пункт автономного управления),

\*\* лента 3 ЦПУ (Центральный пункт управления).

Примечание. Несовпадения времен начала и окончаний регистраций свидетельствует о не согласовании меток разнесенных пунктах.

Таблица 5. Градуировка «скорости ветра» по диаграмме (ЦПУ).

|        |     |     |      |     |      |      |      |      |      |
|--------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|
| v, м/с | 1   | 1,5 | 2    | 2,5 | 3    | 4    | 5    | 5,5  | 7    |
| Дел.   | 4   | 3,5 | 7,6  | 10  | 12,3 | 17   | 22   | 23   | 31   |
| мм     | 6,4 | 5,6 | 12,2 | 16  | 19,7 | 27,2 | 35,2 | 36,8 | 49,6 |

**Работа на выездном пункте.** У пос. Дроздовка Владимирской области 4.06.80 г. на ровном свободном от растительности поле на площади  $200 \times 250 \text{ м}^2$  был развернут выездной пункт регистрации с электропитанием от переносной электростанции АБ-2-Т/230 и антенное поле по трем принимающим каналам №№ 1, 2, 3:  $l_1$  - У-1-7 с вертикальной антенной с эффективной высотой 1 м и условной конфигурацией приемной части формы «штырь»;  $l_2$  – горизонтальная антенна с ЭД-05 и условной конфигурацией приемной части формы «трапеция»;  $l_3$  – горизонтальная антенна с варикапом и условной конфигурацией приемной части формы «паук» (см. рис. 1 – 3) [3]. Графики нормированных АЧХ измерительных каналов приведены на рис. 6.

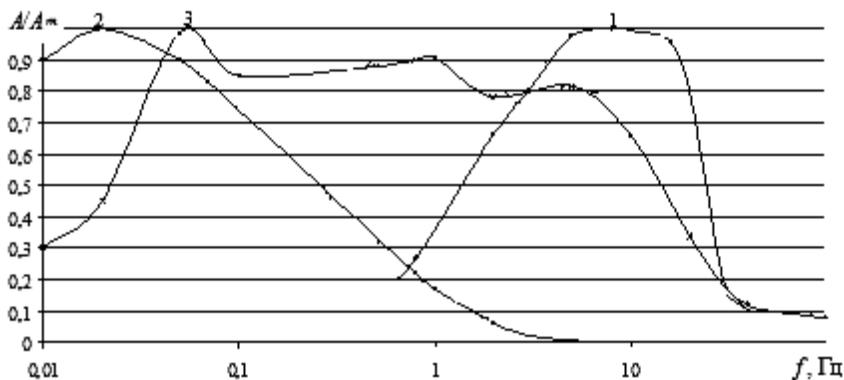
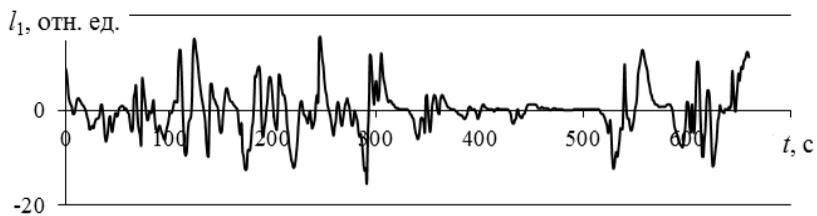


Рис. 6. Графики нормированных амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) измерительных каналов [3]: 1 – измерительный канал вертикальная штыревая антенна («штырь») с электрометрическим усилителем У1-7; 2 – измерительный канал горизонтальная антенна («трапеция») со стандартным электрометром ЭД-05М в качестве усилителя постоянного тока (УПТ); 3 – измерительный канал горизонтальная трех лучевая антенна («паук») с УПТ 2-го канала.

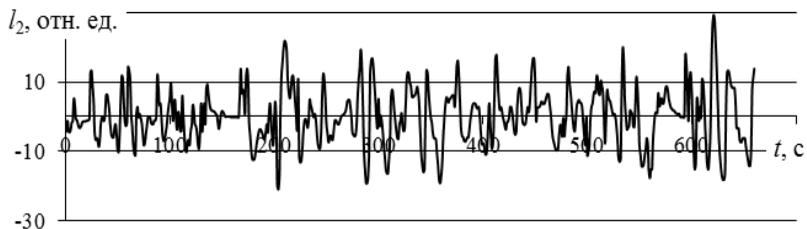
В полевых условиях в текущем режиме на трех пространственно разнесенных каналах (см. рис. 3) непрерывно проводились регистрации напряженности электрического поля. Все действия оператора на базе были дублированы по радию на лентах записи с согласованием событийных меток. По этим меткам согласования на бумажных лентах были выбраны участки 1 – 6 графических реализаций по единому алгоритму: помеха, запуск ТУМ (момент зажигания), работа, выключение ТУМ, помеха.

**Обработка регистраций.** Графические реализации по каналам 1, 2, 3 были оцифрованы и переведены в цифровые массивы данных (прил. 1) в принятых обозначениях: 1 - №пп; 2 –  $l_1$  (первый канал); 3 –  $l_2$ ; 4 –  $l_3$ ; далее (5, 6, 7) центрированные данные по тем же каналам и в том же порядке; 8 – произведения центрированных синхронных данных первого и второго каналов ( $l_1 \cdot l_2$ ); 9 – произведения центрированных синхронных данных первого, второго и третьего каналов ( $l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$ ). Все цифровые ряды получены в авторской программе ЦОГОД [9], позволяющей технологически при заданной точности захватывать максимально 660 мм или 660 с записи, или при скорости протяжки 1 мм/с и шаге дискретизации 1 мм, составляет 11 минут. Поэтому все ряды имеют одинаковый размер и размещение содержания: т.е. начало (0 - 100 с) – запись помехи, последовательность действий оператора (100 – 300 с), работа ТУМ на постоянном режиме (опыты №№ 1 – 3) и на переменном режиме модуляций (опыты №№ 4 – 6). По той же причине окончание опыта отсутствует на всех анализируемых цифровых рядах, «подрезанных рамкой «*Adobe Fotoshop*»» в субпрограмме «*Scanner3*» программы ЦОГОД, захватывая 66 см длины записи.

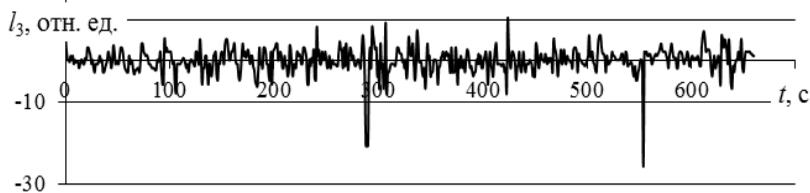
Амплитудные данные после центровки представлены к обработке в относительных единицах (рис. 7 – 10). Обработка результатов регистраций проведена перемножением синхронизированных записей реализаций относительно момента зажигания (288 с) по двум и трем приемным каналам с различными диаграммами направленности и АЧХ и по трем опытам (1 – 3).



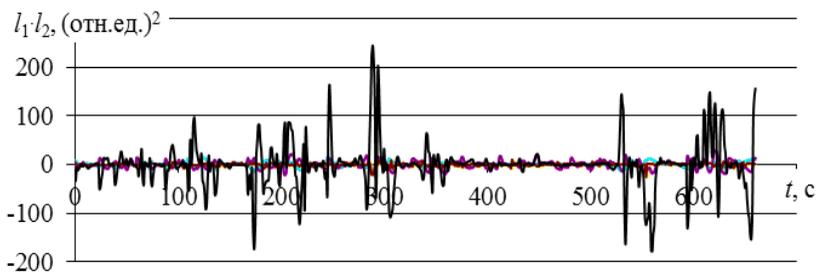
*a*



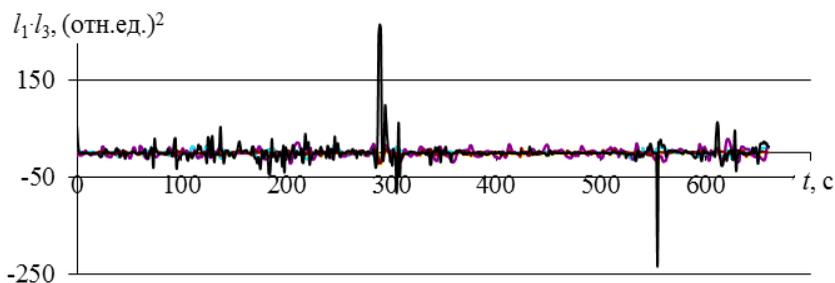
*б*



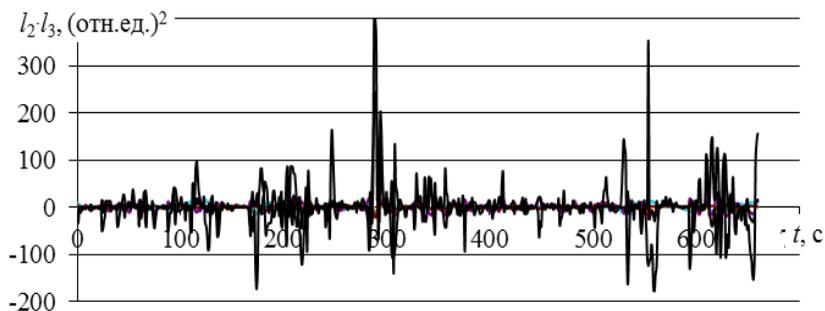
*в*



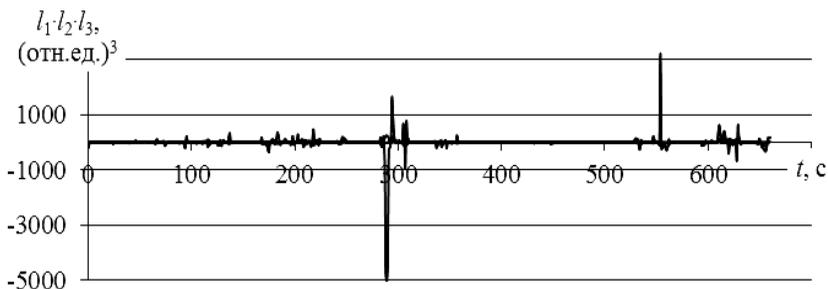
*г*



д

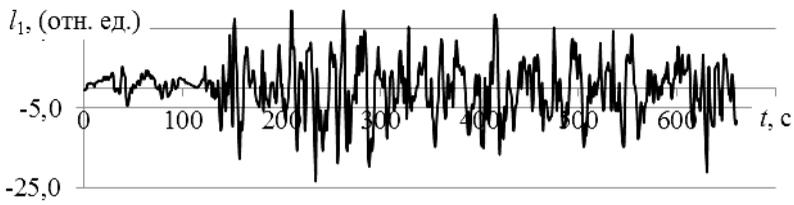


е

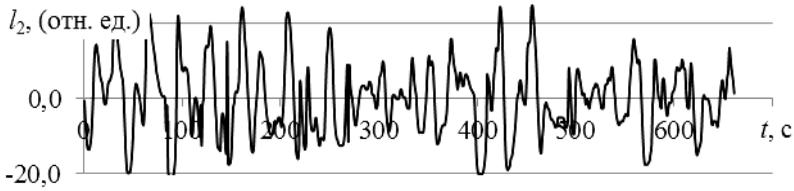


ж

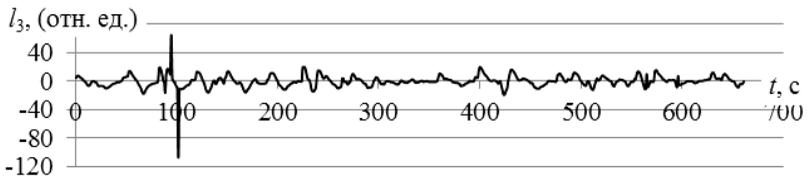
Рис. 7. Масштабированные табулятором участки записи  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$  регистраций напряженности электрического поля передвигного экспедиционного пункта (опыт 3.) по каналу 1 (а), каналу 2 (б) и каналу 3 (в). Графический результат синхронного произведения вариаций напряженности, зарегистрированных измерительными каналами:  $l_1, l_2$  (г),  $l_1, l_3$  (д),  $l_2, l_3$  (е) и  $l_1, l_2, l_3$  (ж)



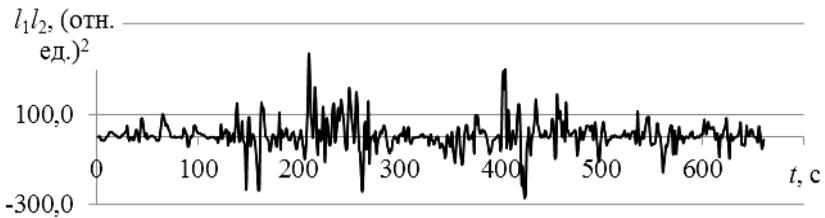
*a*



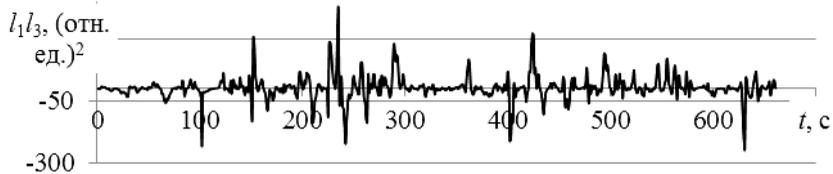
*б*



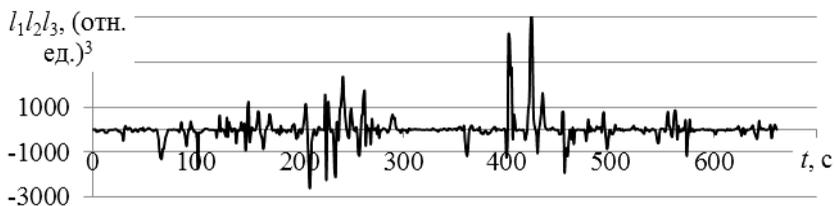
*в*



*г*

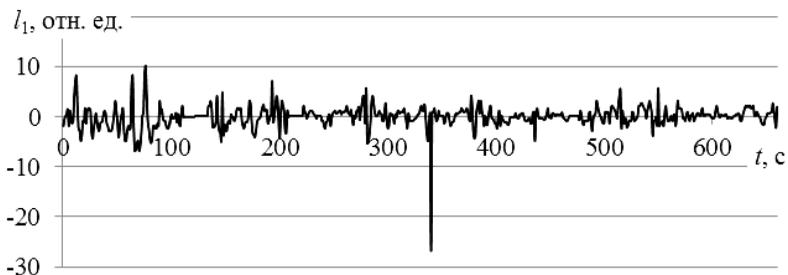


*д*

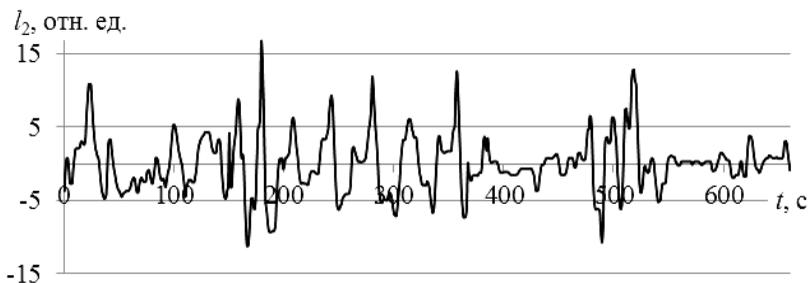


*e*

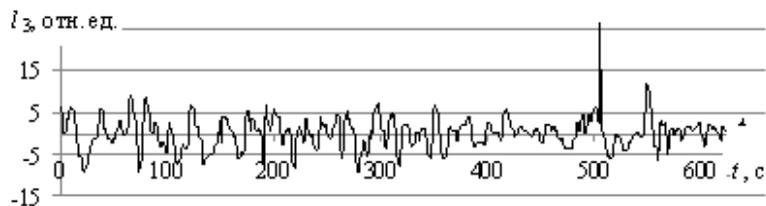
Рис. 8. Масштабированные табулятором участки записи  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$  регистраций напряженности электрического поля передвижного экспедиционного пункта (опыт 4.) по каналу 1 (*a*), каналу 2 (*б*) и каналу 3 (*в*). Графический результат синхронного произведения вариаций напряженности, зарегистрированных измерительными каналами:  $l_1, l_2$  (*г*),  $l_1, l_3$  (*д*),  $l_1, l_2, l_3$  (*e*)



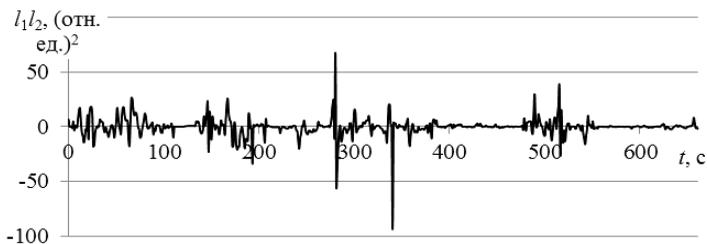
*a*



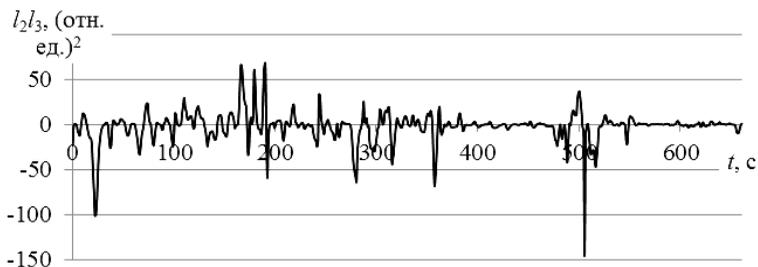
*б*



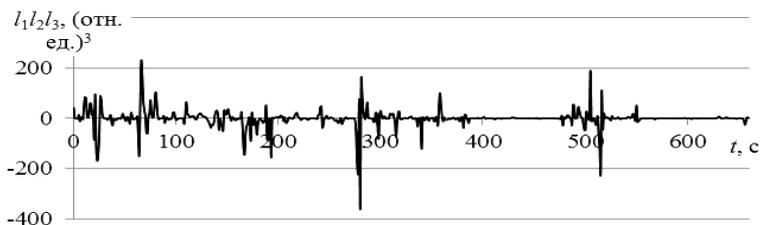
*а*



*б*

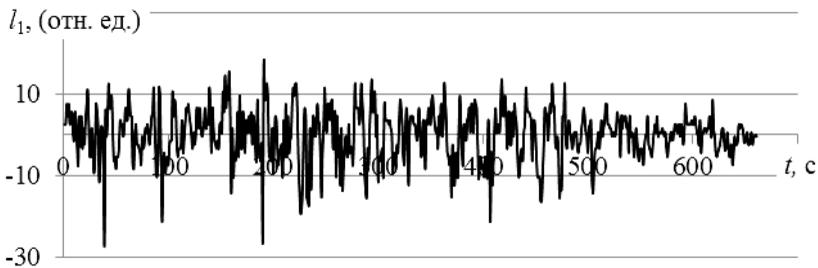


*в*

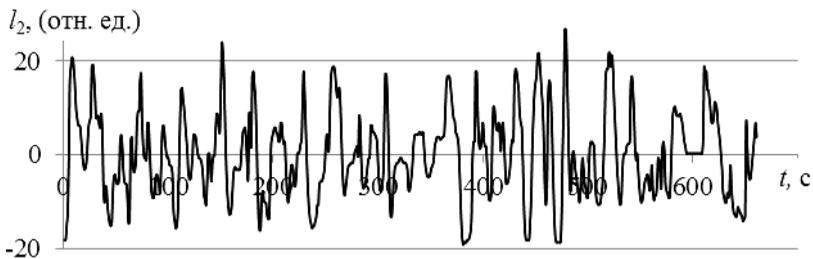


*г*

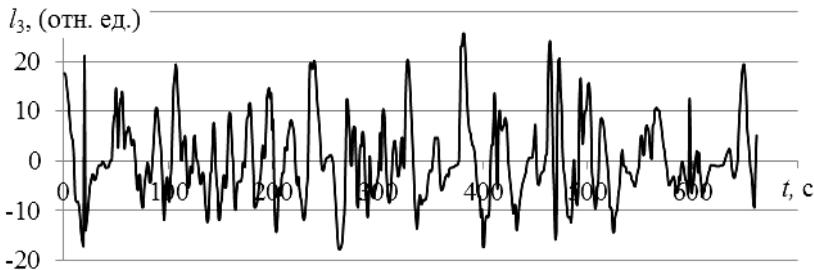
Рис. 9. Масштабированные табулятором участки записи  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$  регистраций напряженности электрического поля передвигного экспедиционного пункта (опыт 5) по каналу 1 (*а*), каналу 2 (*б*) и каналу 3 (*в*). Графический результат синхронного произведения вариаций напряженности, зарегистрированных измерительными каналами:  $I_1, I_2$  (*г*),  $I_2, I_3$  (*д*),  $I_1, I_2, I_3$  (*е*)



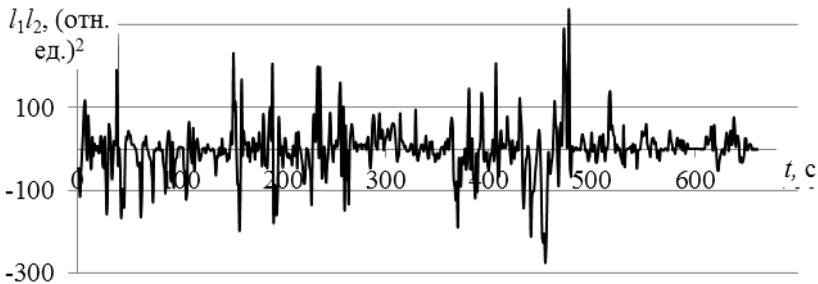
*a*



*б*



*в*



*г*

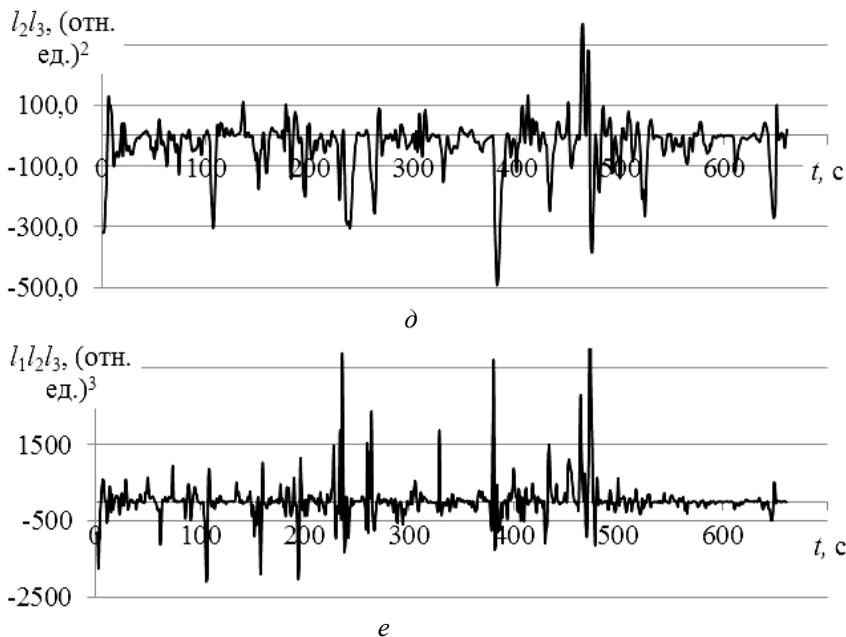


Рис. 10. Масштабированные табулятором участки записи  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$  регистраций напряженности электрического поля передвижного экспедиционного пункта (опыт 6) по каналу 1 (*а*), каналу 2 (*б*) и каналу 3 (*в*). Графический результат синхронного произведения вариаций напряженности, зарегистрированных измерительными каналами:  $l_1, l_2$  (*з*),  $l_2, l_3$  (*д*),  $l_1, l_2, l_3$  (*е*)

Частота дискретизации  $f_d = 1$  Гц при графической записи на бумажную ленту задана скоростью протяжки ленты 1 мм/с. Шаг дискретизации на ленте равен интервальной метке СЕВ, т.е. 1 мм. На ручном табуляторе выставлен шаг табуляции 1 мм. Таким образом, в криволинейных координатах табулятора, определенных криволинейным ходом пера шлейфа с радиусом 12,5 см, радиальные координаты определены этим радиусом с шагом сдвижки 1 мм, а вертикальные – горизонтальными прямыми с шагом дискретизации

1 мм. В таком случае ручной обработки, применяемой авторами в начале 80-х годов, предельная максимальная оцениваемая спектральная частота записываемых сигналов равна 0,5 Гц. Длина исследуемой записи определяется целью работы, а именно: проверке возможности выделения на временной оси электрического сигнала при работе ТУМ. Для операторов при работе в СЕВ на полигоне и в экспедиции известны описанные выше характерные моменты работы оператора ТУМ V. Напомним их последовательность: включение силового рубильника (при первом опыте), запитывающего электродвигатели плунжерных насосов, включение электродвигателя подкачивающего насоса низкого давления (ЭДПНД), включение электродвигателя магистрального насоса высокого давления (ЭДМНВД) на 3 л/с, включение электродвигателя магистрального насоса высокого давления (ЭДМНВД) на 6,02 л/с. По-очередной выход на номинальный режим насосов высокого давления до значений магистральных давлений 80 – 100 атм проводился с холостого режима работы насосов и сопровождался зажиганием облака топливозвоздушной смеси от приставного факела, и формированием факела объемного горения до  $10^3$  м<sup>3</sup>. Работа всегда начиналась на стационарном режиме при фиксированном давлении подачи топлива на форсунки горелок. Далее, работа или продолжалась на стационарном режиме (опыты №№ 1 – 3), или переходила в режим переменного давления с модуляцией объема факела пламени (опыты №№ 4 – 6). Однако, в любом случае длительность опыта не превышала 11 минут, что указывало на минимальное влияние на ветровую обстановку при не установившихся циркуляционных потоках около ТУМV [4].

#### **Обсуждение и результаты анализа данных регистраций.**

Надо иметь в виду, что с одной стороны все действия продублированы в каждом опыте с согласованием меток на лентах записи. Но с другой стороны при одном и том же заданном алгоритме действий

оператора на полигоне в каждом опыте распределение моментов действий и реализаций событий на временной оси лишь почти синхронное. Даже принудительное факельное зажигание воспламенением облака топливо-воздушной смеси от одиночного факела, устанавливаемого одинаково около первой форсунки 11-метровой плети горелки, может в одном случае начаться как при 40 атм давления подачи топлива в магистраль насоса производительностью 3 л/с, так и при 100 атм, а в третьем – вообще после паузы (1 – 2 с). Момент зажигания (объемной вспышки) определял основной момент согласования для всех лент записи по всем опытам и каналам.

Применение для исследуемых участков реализаций спектрального анализа возможно лишь в качестве грубой сопоставительной оценки спектров плотности мощности, так как участки записи далеки от соответствия стационарности. Более того, они сильно детерминированы разноплановыми действиями оператора и достаточно строго распределены по временной оси, предопределяя заданность фазовой составляющей, а сами действия являются факторами влияния на электрическое поле. Спектры плотности мощности строились в программе САДР-2, которая при соответствующей настройке шага дискретизации просчитывала и строила графики гистограмм, хаосграмм, амплитудного спектра, АКФ и спектра АКФ [11]. Формы спектральных кривых из опыта в опыт качественно одинаковы для каждого канала, но отличны для разных каналов.

Первый канал ( $l_1$ ) имеет на АЧХ максимальное значение 10 Гц. Он регистрирует слабую генерацию около максимума  $A/A_m$  в интервале 2 – 15 Гц. На 1 Гц  $A/A_m < 0,4$ , а ниже 0,1 Гц АЧХ вообще отсутствует (см. рис. 6). Поэтому то, что канал 1 пишет в КНЧ диапазоне помехи обработать количественно не представляется достоверно возможным. Верхняя предельная частота равна 0,5 Гц, а нижняя при 11 минутах записи равна 0,0075 Гц, поэтому АЧХ первого канала не является информационной для этого частотного диапазо-

на помехи пограничного слоя Земли. Но даже при околонулевой чувствительности, предопределяющей низкий амплитудный уровень записи (рис. 7 а – 10 а), канал все же показательно выделяет участок 0,1 – 1 Гц на частотной оси спектра. Однако, целью исследований, как известно, является не регистрация и исследование характеристик помехи или исследование электрических свойств локального приземного аэрозоля, но регистрация запуска (момента зажигания факела) и работы ТУМ на значительном удалении.

Для каналов 2 и 3 амплитудный уровень записи заметно повышается в сравнении с уровнем записи на канале 1 в независимости от номера опыта. Такое сопоставление в относительных единицах (делений) при заданной одинаковой чувствительности для графических записей по разным каналам возможно в качестве оценочного, т.к. АЧ каналов для уровня и ниже уровня помехи практически не отличаются. Выделение записи по каналам 2, 3 с учетом их АЧХ (см. рис. 3) достоверно указывает на превалирование длинноволновых процессов – составляющих естественной системной помехи (см. рис. 7 б, в – 10 б, в).

Синхронное произведение центрированных цифровых рядов графических реализаций сигналов по разным каналам трактуется авторами как амплитудное усиление аддитивного импульсного сигнала при ослаблении и даже полной потере информации о фазовой составляющей иных сигналов в системе единого времени (СЕВ). Применение такой технологии выделения сигнала допустимо для разных каналов с разными АЧХ, работающих в одном временном интервале СЕВ, но очень спорно даже для одного и того же канала и при одинаковом алгоритме действий оператора (см. выше), но для разных опытов, или в разнесенных интервалах времени в СЕВ. При прогнозируемой одной и той же амплитудной реакции на действия оператора, фазовая составляющая сигнала, в общем случае, будет субъективно меняться уменьшением - «стиранием амплитудных

сигналов» вплоть до полного уничтожения информации при последовательном перемножении цифровых реализаций сигналов.

При мультипликативном взаимодействии электрических сигналов от ТУМ (факела пламени, струи, потока воздуха и т.п.) и естественных сигналов, создающих общий фон переменной суммарной помехи, могут возникать группы импульсов одной частоты в виде «волнового пакета». Визуально это выглядит как модулированная помеха. В таких случаях, как видно (рис. 7 б, 8 а, б, г, д, 9 а, б, д, е, 10 в) весьма распространенных, сдвиг моментов действия оператора на временной оси в пределах ширины «волнового пакета» не является фатальным для фазовой информации, поэтому синхронное произведение может выделить это действие на временной оси моментным ростом амплитуды.

На графических реализациях регистраций электрических сигналов по разным каналам и опытам и с учетом данных табл. 4 заметны действия оператора на полигоне: включения ЭДПНД и обоих ЭДМНВД, образование топливного облака, воспламенение облака зажиганием, формирование сплошного факела пламени. Все эти действия последовательно разнесены во времени, так как их выполняет один оператор. Выделить каждое его действие по записи каналов сложно по одной любой записи, однако, можно воспользоваться методом «синхронного произведения». Результаты применения этого метода показаны для опытов №№ 1 – 3 и №№ 3 – 6 на рис. 7 г, д, е, ж – 10 г, д, е) при синхронизации записей реализаций регистраций сигналов по моменту зажигания топливного облака на ТУМ V.

Три первых одиннадцатиминутных опыта (№№ 1 – 3) были проведены рано утром после восхода Солнца. Как известно, восход Солнца характеризуется максимальной помехой, а после него помеха быстро спадает. Установка работала на стационарном режиме при 80 атм и 100 атм давления подачи топлива. Все три канала передвижного экспедиционного пункта регистрации вариаций напря-

женности электрического поля показали качественно одинаковые формы записей (табл. 6). Эти графические реализации после центрирования обретали одинаковый закон распределения плотности вероятностей (Гаусса), с одинаковой несамopodobной АКФ, спектром АКФ с максимумом на 0,08 Гц и слабой импульсной реакцией на зажигание на 288 с участка записи. В качестве примера и для того чтобы не перегружать работу приведены записи каналов опыта № 3 (см. рис. 7).

Таблица 6. Данные обработки экспедиционной регистрации

| № опыт | Характеристика участков записи по каналам                       |                            |         |           |           |           |               |
|--------|---|----------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------------|
|        | $l_1$   | $l_2$                      | $l_3$   | $l_1 l_2$ | $l_1 l_3$ | $l_2 l_3$ | $l_1 l_2 l_3$ |
| 1 – 3  | Распределение плотности вероятности                             |                            |         |           |           |           |               |
|        | Гаусса  | Гаусса                     | Гаусса  | Лапласа   |           |           |               |
|        | Спектр выделяет в интервале 0,01 – 0,15 Гц с максимумом 0,08 Гц |                            |         |           |           |           |               |
|        | Импульсная реакция: максимальные пики на 242 с и 288 с записи   |                            |         |           |           |           |               |
| 4      | Распределение плотности вероятности                             |                            |         |           |           |           |               |
|        | Гаусса  | Гаусса + арксинусоидальное | Лапласа | Лапласа   |           |           |               |
|        | Спектр выделяет в интервале 0,01 – 0,1 Гц                       |                            |         |           |           |           |               |
|        | Максимальный пик на 288 с записи (рис. 6)                       |                            |         |           |           |           |               |
| 5      | Распределение плотности вероятности                             |                            |         |           |           |           |               |
|        | Гаусса  | Гаусса                     | Гаусса  | Лапласа   |           |           |               |
|        | Спектр выделяет пики в интервале 0,01 – 0,1 Гц                  |                            |         |           |           |           |               |
|        | Максимальный пик на 288 с записи                                |                            |         |           |           |           |               |
| 6      | Распределение плотности вероятности                             |                            |         |           |           |           |               |
|        | Гаусса  | Гаусса + арксинусоидальное | Лапласа | Лапласа   |           |           |               |
|        | Спектр выделяет пики в интервале 0,01 – 0,1 Гц                  |                            |         |           |           |           |               |
|        | Максимальный пик на 288 с записи                                |                            |         |           |           |           |               |
|        | На хаосграмме три предельных цикла                              |                            |         |           |           |           |               |

Первый канал (опыты 1 – 3) реагирует на подключение электродвигателей насосов с отношением сигнал/шум  $k_{ЭД} = 2 - 5$  и зажигание с  $k_3 = 1,5 - 4$ . После каждого из указанных действий одинаково наступает резкое падение дисперсии в 1,5 – 3 раза, и далее – относительно медленное восстановление исходной помеховой вариабельности. С ростом номера опыта эти отношения падают, и на опыте № 6 указанные события не выделяются из-под помехи вовсе вплоть до эффекта шунтирования.

Второй канал приема с горизонтальной антенной в трех первых опытах реагирует одинаково слабо на включение электродвигателей всех трех насосов и на зажигание. Именно поэтому форма АКФ ожидаемо не содержит признаков самоподобия сигнала и сразу падает до уровня 0,1, а на СПМ лишь при большом желании можно заметить слабые выделения на малом интервале 0,01 – 0,15 Гц. Распределение Гаусса симметричное со слабым эксцессом. В опытах (№№ 4 – 6) с модуляцией давления подачи топлива на форсунки ТУМ на характерное для естественной помеховой обстановки распределение Гаусса накладывается арксинусоидальное распределение, характерное для гармонических процессов. Для данных опыта № 6 хаосграмма выделяет три фигуры вида предельных циклов (см. табл. 6). Поэтому в табл. 6 указано взаимодействие как аддитивное, хотя это очень спорно, так как можно сказать, что форма сигнала имеет признаки модуляции помехи, или мультипликативное взаимодействие.

Третий канал приема с трехлучевой антенной в трех первых опытах реагирует одинаково: на включение электродвигателей всех трех насосов общим ростом дисперсии в 2 раза, а на момент зажигания отношением сигнал/шум, равным 4. В этом и схожесть с реакцией канала 1. Далее, с ростом номера опыта также очень похожая качественно, но сильнее выраженная (до распределения Лапласа) реакция шунтирования после импульсного стимула, но есть и отличия: участки модулированной помехи на длительный стимул, например, включение электродвигателей с выходом на номинальный режим.

Произведения записей, синхронизированные по моменту зажигания, показали, что уже двойные произведения приобретают настолько большой эксцесс, что достоверно обретают форму распределения Лапласа с максимумом в момент зажигания, совмещенный при центрировании записей с нулевым значением. Преобразование распределение Гаусса в распределение Лапласа резонно указывает на эффект шунтирования поля. С одной стороны этот эффект возникает после масштабирования, а потому его следует признать «ложным». С другой стороны, такой эффект определенно существует и наблюдается, но слабым проявлением: после включения электродвигателей, после зажигания топливовоздушного облака и после формирования и разворота нагретой струи по «розе ветров» и организации вертикального радиационного конуса. Эффект шунтирования помехи электрического поля предопределен резким изменением локальной проводимости, электрической восприимчивости как факела пламени, так воздушного аэрозоля, и устойчивого силового перенаправления вектора электрического смещения. Именно это и приводит к эффекту релаксации к минимальной реакции (потере чувствительности) на внешние случайные малые влияния, как флуктуационные составляющие электрической помехи  $E$ -поля.

Три последующих опыта той же длительности (11 минут) были проведены последовательно утром 04.06.80. через часовую паузу. По согласованным на лентах записей метках «зажигание» проведено синхронирование и, далее, перемножение сначала записей каналов каждого опыта (см. рис. 7  $e$  – 10  $e$ ), а затем и полученных при перемножении цифровых рядов по какому опыту. Метод «синхронного перемножения» позволяет достоверно выделять сигналы, «сшивая» на единой временной шкале СЕВ разные записи, значительно увеличивая отношение сигнал/шум. На рис. 11 приведены графические результаты такого перемножения по трем каналам и четырем опытам (№№ 3 – 6).

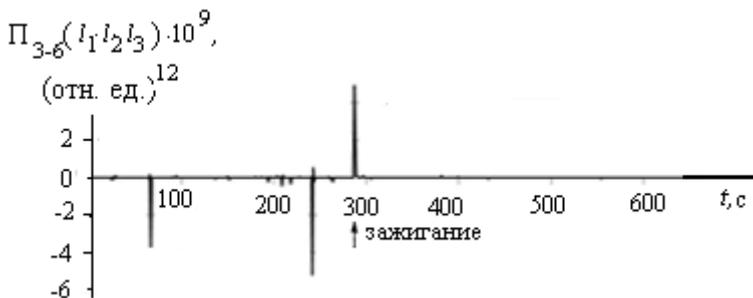


Рис. 11. Графический результат синхронного произведения вариаций напряженности, зарегистрированных измерительными каналами передвижного экспедиционного пункта по трем каналам:  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  и четырем опытам (№№ 3 – 6)

**Примечания к анализу и некоторые выводы.** Вышеприведенный описательный анализ данных экспедиционного пункта регистрации вариаций напряженности электрического поля выделил несколько правдоподобных утверждений:

1. Информационная чувствительность разных каналов к работе ТУМ разная. Наиболее информационными являются записи регистрации и их производные обработки (гистограммы, хаосграммы, АКФ и СПМ) по первому каналу (вертикальный несимметричный диполь с эффективной высотой 1 м). Этот канал по АЧХ практически не чувствителен к помеховому диапазону ниже 0,1 Гц, а с другой стороны, ожидаемые частотные проявления как искусственные – при модуляции объема, так естественные при генерации поля пламенем и струей, находятся в его рабочем интервале 0,1 - 10 Гц. Именно поэтому этот канал использовался в качестве приемного и эталонного во всех опытах с метеотроном ТУМ V, как с обработанными записями и представленными в этой книге, так и не с обработанными, ждущими своих «рук и своих книг».

2. При резком изменении локальной проводимости и устойчивого силового перенаправлении вектора электрического смещения электрическое поле устанавливается временно нейтральным, не реакционно-способным на относительно мелкие флуктуационные влияния. При этом вариации напряженности поля падают, фазовые

изменения уходят на интервалы высоких частот и перестают практически проявляться в исследуемом диапазоне, указывая на эффект шунтирования этого диапазона.

3. Предложенная методика синхронного перемножения цифровых рядов реализаций сигналов электрического поля наиболее эффективна при выделении участков стационарных сигналов. Для нестационарных участков методика требует синхронизации по малым нестационарным участкам.

4. Полученный при перемножении цифровой ряд имеет максимальное значение отношения сигнал/шум, отстоящее на временной оси от метки согласования на «момент зажигания» на 2,2 с. Выделяются пуски ЭДННД, ЭДНВД и выход на режим.

## **2.2. Регистрации акустического и электрического полей вблизи ТУМ**

**Комплексный опыт 31.10.81.** Опыт проводили Н.Г. Конопасов, А.А. Кузнецов (операторы на установке), В.В. Дорожков на чернилопишущем шлейфовом электроэнцефалографе ЭЭГУ 16-02: запись давления топлива на форсунках, слышимого звука, инфразвука и  $E$ -поля в КНЧ-диапазоне, В.П. Терещенков говорил в микрофон.

Метеобстановка до начала эксперимента (10 ч 00 мин): солнечная устойчивая погода, облачность 40 %, температура  $\pm 0,5$  °С, скорость ветра  $0 \div 0,5$  м/с, направление ветра северо-западное, влажность 85 %, давление 747 мм. рт. ст.

Микрофон и антенна 1 м эталонного блока с У1-7 на входе установлены слева от дороги (если стать лицом к воротам) на расстоянии 30 м от центра установки. Микрофон включен на магнитофон «Тембр 2» и параллельно – на шлейфы № 8 и № 9 электроэнцефалографа ЭЭГУ16-02. Установка шлейфов одинаковая: постоянная времени 0,3 с, фильтр 50 Гц, 1:8. Положения ручек плавного усиления чувствительности отличались в 10 раз.

Сигнал с инфразвукового датчика, установленного в сторожке, записывался на шлейфы № 6 и № 7. Шлейф № 6: постоянная времени 1,5 с, фильтр выключен, 1:64; шлейф № 7: постоянная времени 1,5 с, фильтр выключен, 1:32. Плавная регулировка обеспечивала отличие усилений примерно в 5 – 7 раз.

Электрическое поле принималось антенной 1 м эталонного блока с У1-7, установленной на расстоянии 1 м от микрофона на одинаковом расстоянии от центра установки. Сигнал записывался на шлейфы ЭЭГУ 16-02 № 10 и № 11 с одинаковыми установочными характеристиками: постоянная времени 0,3 с, фильтр 50 Гц, 1:16.

Последовательность действий операторов описан далее близко к тексту дневников. Зажгли факел и поставили к форсунке. Затем были включены запись на магнитофон и ЭЭГУ. При включении насосов факел потух. Насосы были выключены и факел снова зажжен, приставлен к последней форсунке. После этого насосы были снова включены и давление по манометру малого насоса повышено до номинального (100 атм). При этом ручка управления далеко не доходила до max. На ЭЭГ сделана протяжка 120 мм/с. Затем давление было понижено до 50 атм (по тому же манометру) и на ЭЭГ сделана вторая протяжка 120 мм/с. Далее давление немного сбавлено (до 30 атм), сделана протяжка и ручка управления доведена почти до max (по манометру около 140 атм). После этого – начало модуляций: 1 – малая частота (Т около 12 с); 2. Т около 6 с; 3. Т около 2,5 с; 4. Т около 1 с. После выключения установки произведена запись помехи и калибровка каналов (табл. 7).

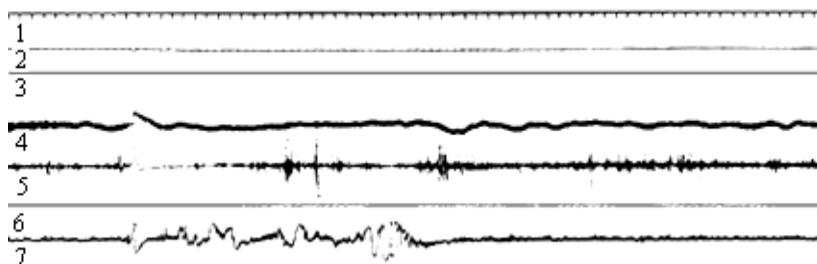
Режим модуляций, или режим работы установки с переменной (почти периодической) производительностью, задавался вручную перемещениями ручки управления для обоих топливных трактов синхронно. Режим постоянный, или режим работы установки с квазипостоянной производительностью, устанавливался вручную положением ручки управления для обоих топливных трактов и регистрацией показаний манометров.

Таблица 7. Алгоритм работы ТУМ V в опыте 31.10.81.

| Время: час, мин, с |                | Действие                          | Режим/Запись     | Частота Гц | Интервал времени, с |
|--------------------|----------------|-----------------------------------|------------------|------------|---------------------|
| 1                  | Около 10 час   | Подготовка                        | /Калибровка      |            |                     |
| 2                  | 10 час 32'5''  | -                                 | /Запись помехи   | -          | 126                 |
| 3                  | 10 час 34'11'' | Включение                         | Выход на 30 атм  | -          | 11                  |
| 4                  | 10 час 34'22'' | Работа                            | Выход на 100 атм | -          | 20                  |
| 5                  | 10 час 34'42'' | Работа                            | Постоянный       | -          | 142                 |
| 6                  | 10 час 37'4''  | Работа                            | Модуляция        | 0,08       | 48                  |
| 7                  | 10 час 37'52'' | Работа                            | Постоянный       | -          | 7                   |
| 8                  | 10 час 37'59'' | Работа                            | Модуляция        | 0,14       | 44                  |
| 9                  | 10 час 38'43'' | Работа                            | Постоянный       | -          | 22                  |
| 10                 | 10 час 39'5''  | Работа                            | Модуляция        | 0,42       | 40                  |
| 11                 | 10 час 39'45'' | Работа                            | Постоянный       | -          | 9                   |
| 12                 | 10 час 39'54'' | Работа                            | Модуляция        | 0,91       | 16                  |
| 13                 | 10 час 40'10'' | Работа                            | Постоянный       | -          | 5                   |
| 14                 | 10 час 40'15'' | Выключение                        | /Запись помехи   | -          | 19                  |
| 15                 | 10 час 40'39'' | /Калибровка, нули, сдвигка перьев |                  |            |                     |

**Компьютерные версии участков графических диаграмм.**

На рис. 12 – 15 приведены копии участков графических диаграмм записи по опыту 31.10.81. Характеристики каналов записей приведены также в прил. 1 (табл. П1).



*a*

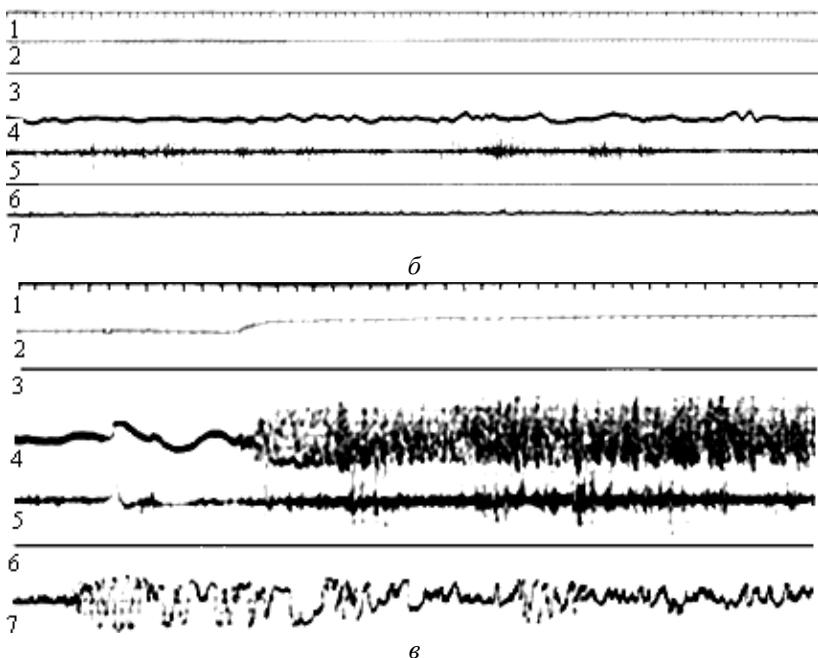


Рис. 12. Участок 0 записи 31.10.1981.: *а* – запись помехи (71 с записи); *б* – запись помехи (продолжение, 90 с записи); *в* – запись помехи, пуск ТУМ, выход на режим и участок 1 (44 с записи)

Обозначения дорожек записи опыта 31.10.81 по всем участкам записи: 1 – метка времени СЕВ, 2 – давление подачи топлива на форсунки горелок ТУМ, 3 – 0-линия, 4 – инфразвуковое давление, 5 – звуковое давление, 6 – 0-линия, 7 – напряженность электрического поля. Далее время отсчета принято от момента пуска ТУМ.

Применение 0-линий удобно при визуальном просмотре и необходимо для сопоставления с типографской сеткой на лентах диаграмм в случаях деформаций лент, происходящих при больших скоростях записи и неоднородного по ширине ленты прижатия к ней капилляров перьев. На диаграммах типографская сетка стерта, при подготовке к работе в программе ЦОГОД (см. далее), т.к. при цифровой обработке она становится источником ошибок.

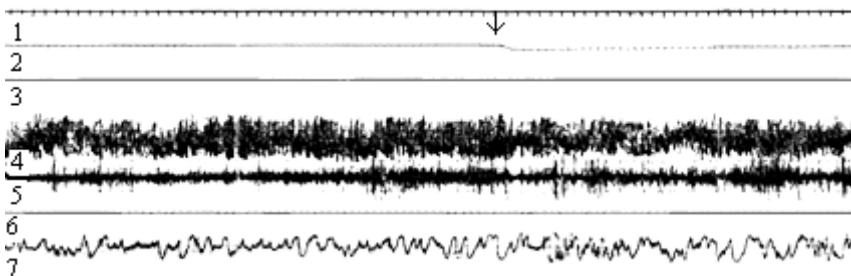
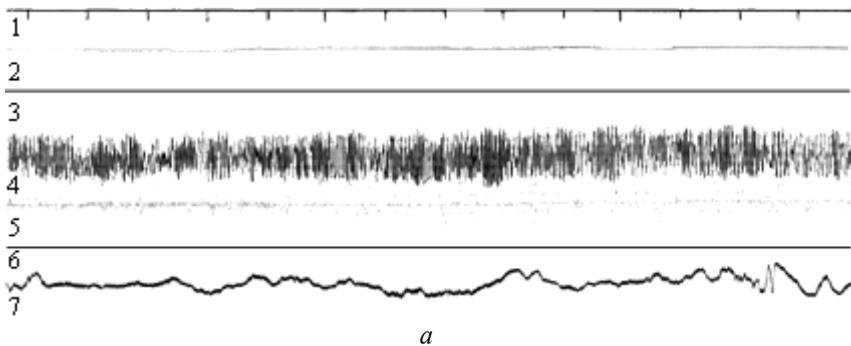
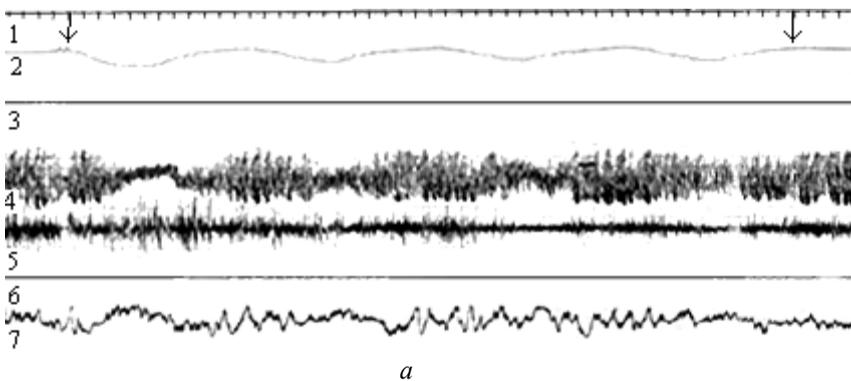


Рис. 13. Участки ленты графической записи 31.10.1981.: *a* – участок 2 (14 с записи), искусственно растянутый и потому – соответствующий уменьшенной в 2 раза скорости записи; *б* – участок 3 (75 с записи)



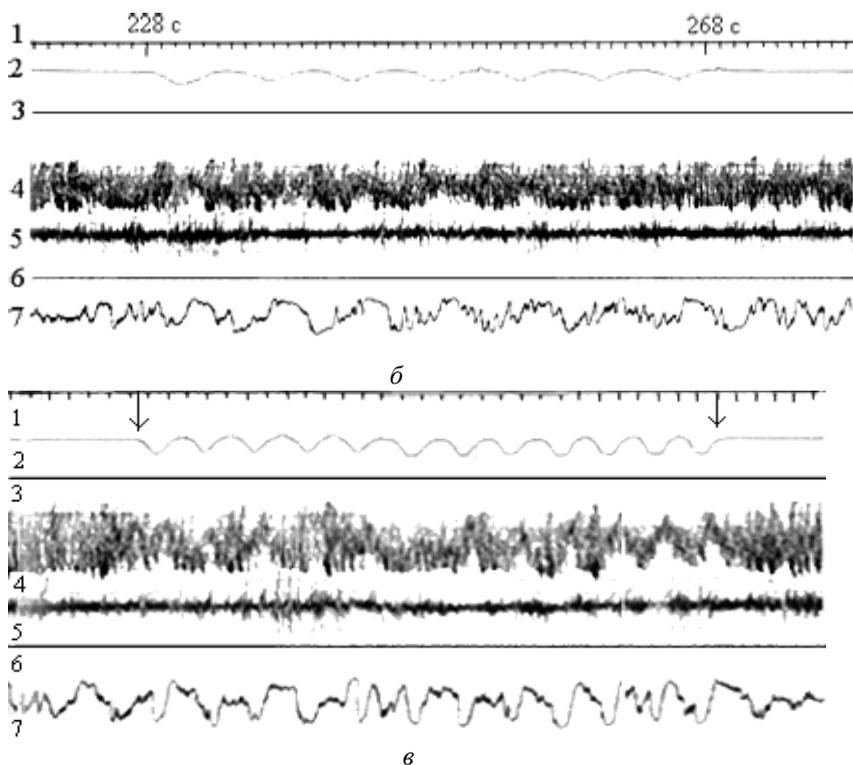


Рис. 14. Участки ленты графической записи 31.10.1981.: *а* – участок 4 (60 с записи); *б* – участок 5 (58 с записи). *в* – участок 6 (41 с записи)

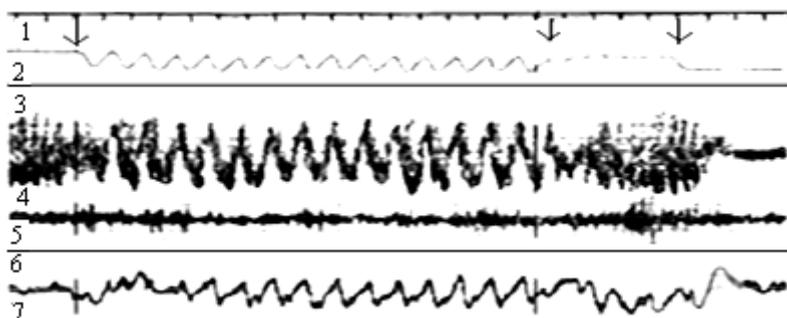


Рис. 15. Участок 7 (27 с записи) ленты графической записи 31.10.1981.

**Обработка участков диаграмм регистраций.** К анализу на ленте записи опыта 31.10.81. принято 7 характерных участков синхронной записи временных параметров: давление на форсунках ( $p$ , атм); инфразвуковое давление ( $L$ , Па, dB, Вт/м<sup>2</sup>); напряженность электрического поля ( $E$ , мВ/м). Инфразвуковое давление пересчитано с мм делений ( $x$ ) до уровней звука  $L$ , Па по формуле линии тренда:  $L = 0,311g(3x + ((3x)^2 + 1)^{0,5})$ ; и до dB и Вт/м<sup>2</sup> по формулам соответствия:  $L = 20lg(p/p_0)$ , dB, где  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>;  $I = I_0(p/p_0)^2$ , напряженность – по формуле  $E = 0,0035x^3 - 2 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,766x + 6 \cdot 10^{-8}$ , давление на форсунках – по средней линии тренда  $p = x^2 + 5,9x + 2,5$  [3]. Сдвигка перьев на ноль при синхронной записи по всем каналам (и дорожкам) проводилась перед каждым опытом.

Авторами принята следующая форма обозначения участков (файлов): №\_X[c]\_мГо, где № – номер участка по порядку следования на ленте записи, X[c] – записываемый параметр физического процесса в принятых единицах измерения [с], мГ – месяц и год записи ленты, о – обработка записи: ручная (р) или цифровая (к). Например, 1\_L\_Pa\_окт81р: участок №1, дорожка записи уровня (*Level*) инфразвукового давления ( $L$ ) в единицах измерения Па. Запись октября 1981 года. Обработка ручная.

Ручная обработка записей проводилась без компьютера (1983 – 1985 гг.) в зрительной форме табулятором, цифровая – с 2000 г. – сканером в программной форме ЦОГОД [9] (см. прил.).

Табулятор – смытая рентгеновская пленка с нанесенной измерительным циркулем однодорожечной координатной сеткой равномерно распределенных на расстоянии 1 мм параллельных горизонтальных линий и дуговых линий (царапин) одного радиуса, равного радиусу 12,5 см хода капилляра пера шлейфа записи ЭЭГУ16-02. Расстояния между соседними дуговыми линиями равны шагу дискретизации (мм). Графическая запись сигнала переводилась в цифру по шагу дискретизации точечным совпадением линии записи и точки пересечения горизонтальной и дуговой линий сетки.

Основные характеристики участков 1 – 7 диаграмм записи опыта 31.10.81. вынесены в таблицу 8. При ознакомлении с данной таблицы 8 следует иметь ввиду следующую информацию: 1. Полная длина участка записи (см. рис. 12 – 15) в общем случае больше либо равна длине участка обработки. 2. Окончание таблицы представляет участок 8 Pod записи иного опыта (1984 года), проведенного совместно с организациями г. Москвы и г. Подольска, при котором регистрировались только акустические сигналы приемными каналами авторов [3] и приемниками бельгийской фирмы «Брюль и Кьер» наших гостей при автоматизированной модуляции давления подачи топлива на форсунки установки ТУМ V [3, 4]. Авторы не получали согласие на публикацию общих и индивидуальных данных, поэтому об этих опытах упоминается вскользь – для проведения корреляционного анализа (см. далее). 3. При цифровой обработке участок ленты копировался на планшетном сканере, считывался в авторском программном приложении с учетом радиуса записи 12,5 см по средней линии шириной 1 пиксель и шагом 2 пикселя (1 пиксель информации и 1 пиксель – пробел), оцифровкой по каждой дорожке и графической сшивкой соседних участков (см. прил.).

Таблица 8. Характеристики участков №№ 1 – 7. Опыт 31.10.81.

|   |                  |             |
|---|------------------|-------------|
| 1. Участок диаграммы № 1. Режим линейного роста давления подачи топлива от 30 атм до 75 атм |                  |             |
| Характеристики записи со скоростью 120 мм/с протяжки ленты                                  | Обработка записи |             |
|   | Ручная           | Цифровая    |
| Шаг дискретизации, мс   | 8,34             | 2,79        |
| Объем выборки: $\Delta t$ с, (N)  | 8 (960)          | 7,3, (2618) |
| Нижний/Верхний предел частоты $f_n/f_v$ , Гц/Гц   | 0,0625/60        | 0,0685/180  |

Продолжение таблицы 8

|  |                  |              |
|--|------------------|--------------|
| 2. Участок диаграммы № 2. Режим стационарный: давление подачи топлива 85 – 90 атм  |                  |              |
| Характеристики записи со скоростью 120 мм/с протяжки ленты   | Обработка записи |              |
|  | Ручная           | Цифровая     |
| Шаг дискретизации, мс  | 8,34             | 2,79         |
| Объем выборки: $\Delta t$ с, ( $N$ )   | 8,(3),(1000      | 14,3, (5126) |
| Нижний/Верхний предел частоты $f_H/f_B$ , Гц/Гц  | 0,06/60          | 0,035/180    |
| 3. Участок диаграммы № 3. Линейный рост давления топлива от 75 атм до 100 атм, на 44 с записи спад до 80 атм, затем – линейный рост до 90 атм  |                  |              |
| Характеристики записи со скоростью 7,5 мм/с протяжки ленты   | Обработка записи |              |
|  | Ручная           | Цифровая     |
| Шаг дискретизации, мс  | 133              | 44,57        |
| Объем выборки: $\Delta t$ с, ( $N$ )   | 48, (360)        | 75, (1682)   |
| Нижний/Верхний предел частоты $f_H/f_B$ , Гц/Гц  | 0,01/3,75        | 0,007/11,2   |
| 4. Участок диаграммы № 4. На 5 с записи переход со стационарного режима (100 атм) на переменный режим с частотой модуляции 0,07 – 0,08 Гц и глубиной (80 – 95) %. На 52 с – возврат (100 атм);   |                  |              |
| Характеристики записи со скоростью 7,5 мм/с протяжки ленты   | Обработка записи |              |
|  | Ручная           | Цифровая     |
| Шаг дискретизации, мс  | 133              | 44,57        |
| Объем выборки: $\Delta t$ с, ( $N$ )   | 48, (360)        | 48, (1075)   |
| Нижний/Верхний предел частоты $f_H/f_B$ , Гц/Гц  | 0,01/3,75        | 0,007/11,2   |
| 5. Участок диаграммы № 5. Режим модуляции давления подачи топлива с частотой 0,17 Гц и глубиной (70 – 95) %  |                  |              |
| Характеристики записи со скоростью 7,5 мм/с протяжки ленты   | Обработка записи |              |
|  | Ручная           | Цифровая     |
| Шаг дискретизации, мс  | 133              | 44,57        |
| Объем выборки: $\Delta t$ с, ( $N$ )   | 40, (300)        | 27, (600)    |
| Нижний/Верхний предел частоты $f_H/f_B$ , Гц/Гц  | 0,013/3,75       | 0,019/11,2   |
| 6. Участок диаграммы № 6. Стационарный режим (первые 6 с и последние 5 с). На 7 с записи (показано стрелкой) переход на переменный режим с частотой модуляции давления подачи топлива 0,40 – 0,44 Гц с глубиной (80 – 95) %. На 36 с записи (показано стрелкой) переход на стационарный режим исходной (100 атм) постоянной производительности |                  |              |

Продолжение таблицы 8

| Характеристики записи со скоростью 7,5 мм/с протяжки ленты   | Обработка записи |                  |
|--|------------------|------------------|
|  | Ручная           | Цифровая         |
| Шаг дискретизации, мс  | 133              | 44,57            |
| Объем выборки: $\Delta t$ с, ( $N$ )   | 29,5, (220)      | 23,5, (530)      |
| Нижний/Верхний предел частоты $f_H/f_B$ , Гц/Гц  | 0,017/3,75       | 0,021/11,2       |
| 7. Участок диаграммы № 7. (27 с записи). Стационарный режим (100 атм) первые 2 с. На 3 с записи (стрелка вниз) переход на переменный режим с частотой модуляции давления подачи топлива 0,90 – 0,91 Гц и глубиной (70 – 80) %. На 19 с записи (стрелка вниз) переход на стационарный режим 80 атм постоянной производительности, а еще через 4 с – выключение установки. |                  |                  |
| Характеристики записи со скоростью 7,5 мм/с протяжки ленты   | Обработка записи |                  |
|  | Ручная           | Цифровая         |
| Шаг дискретизации, мс  | 133              | 44,57            |
| Объем выборки: $\Delta t$ с, ( $N$ )   | 16, (120)        | 16, (360)        |
| Нижний/Верхний предел частоты $f_H/f_B$ , Гц/Гц  | 0,031/3,75       | 0,031/11,2       |
| 8. Участок диаграммы 8 Pod (опыт (25-26).09.84.): Режим автоматизированной модуляции давления подачи топлива с частотой 0,5 Гц и глубиной 100 %  |                  |                  |
| Характеристики записи со скоростью 7,5 мм/с  |                  | Ручная обработка |
| Шаг дискретизации, мс  |                  | 133              |
| Объем выборки: $\Delta t$ с, ( $N$ )   |                  | 102, (770)       |
| Нижний/Верхний предел частоты $f_H/f_B$ , Гц/Гц  |                  | 0,005/3,75       |

**Результаты статистического и спектрального анализа.** Сопоставление цифровых временных рядов параметров и результатов статистического и спектрального анализа этих рядов при ручной и цифровой обработке показало их практическую идентичность при небольших некачественных расхождениях статистического и спектрального анализа в рамках погрешности табулятора и ширины линии чернил графической записи. На рис. 16 – 23 в предложенном графическом формате и удобном формате обозначений представлены графики ручной и цифровой обработки четырех параметрических рядов инфразвукового давления ( $L$  [Pa], [дБ]), интенсивности инфразвукового давления ( $I$  [Вт/м<sup>2</sup>]) и напряженности электрического поля ( $E$  [В/м]), а также автокорреляционных функций (АКФ)

и «сглаженных» ( $G^*(f)$ ) спектров АКФ. Обозначения имеют форму №Р\_№У\_№О\_№П и определяются соответственно: номер рисунка, номер участка обработки, номер обработки (1 – ручная, 2 – цифровая), номер параметра для анализа (1 –  $L$ , Па; 2 –  $L$ , дБ; 3 –  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>; 4 –  $E$  В/м). Например: 3.2.4 определяет рисунок № 3 и участок № 3. Обработка цифровая. Параметр  $E$ , В/м. Для участков с модуляцией давления  $p$  подачи топлива на форсунки (участки 4 – 7) добавляется параметр 5 –  $p$ , атм.

Участки № 1 и № 3 на ленте регистрации 31.10.81. записывались последовательно при линейном росте давления подачи топлива ( $p$ , атм) на форсунки горелочных устройств ТУМ. Участок № 1 – при росте давления от 30 атм до 75 атм, а участок № 3 – при росте давления от 75 до 90 атм. Однако на 48 с записи участка №3 существует интервал времени 1 с когда давление падает с 100 атм до 80 атм и далее монотонно и с той же скоростью (0,5 атм/с) нарастает к концу участка до 90 атм (см. табл. 8). При указанном «сбое» динамики параметра  $p$  на участке № 3 качество амплитуды и фазы на дорожках записи: слышимого звука визуально не изменилось, инфразвукового давления появился участок фазовой модуляции с периодом 6 – 7 с, у  $E$ -поля выросла дисперсия. Эти изменения отчетливо проявляются на АКФ параметрических рядов.

Здесь же следует отметить, что ручное управление производительностью насосов само по себе имеет очевидные субъективные изъяны, например: слабо выраженные, но аккумулируемые по длине записи при спектральной обработке участки амплитудной и частотной модуляций. При росте генерируемой частоты это становится все более заметно. Так для участка 7 амплитуда и фаза не выдерживаются постоянными при ручном управлении. Более того, СПМ рядов  $I(t)$  и  $L(t)$  из-за амплитудной модуляции охотно выделяют частоту в 2 раза большую.

Только после того, как авторы проанализировали результаты регистраций опыта 31.10.81. были сдклены выводы о необходимости автоматизации управления и переноса активного воздействия с насосов на топливную магистраль с постановкой золотникового усторойства с автономным управлением (электродвигателем) с настройкой на определенную частоту. Это было сделано к 1984 го-

ду для совместных опытов организациями Москвы и Подольска. При совместном анализе эти опыты далее обозначены участком Pod (рис. 23.Pod1.1. – 23.Pod1.5.).

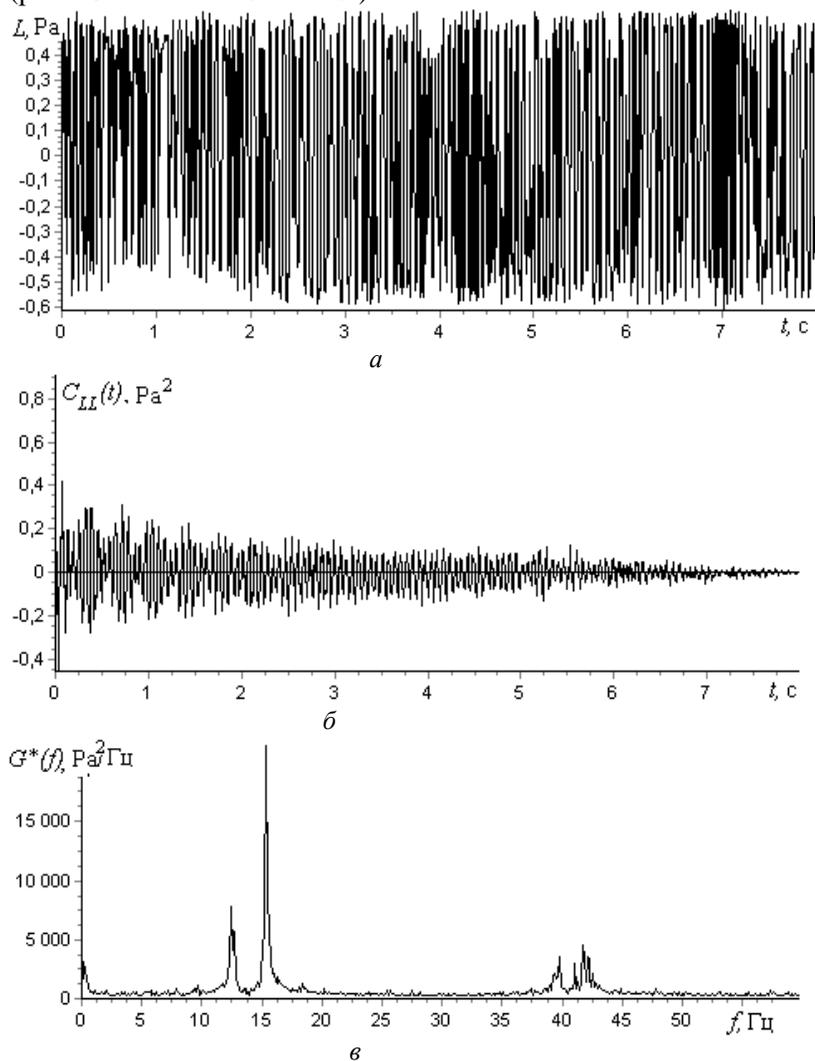


Рис. 16. 1.1.1. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 1: уровни звукового давления  $L, \text{Pa}$  ( $1\_L\_Pa\_окт81р$ ) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

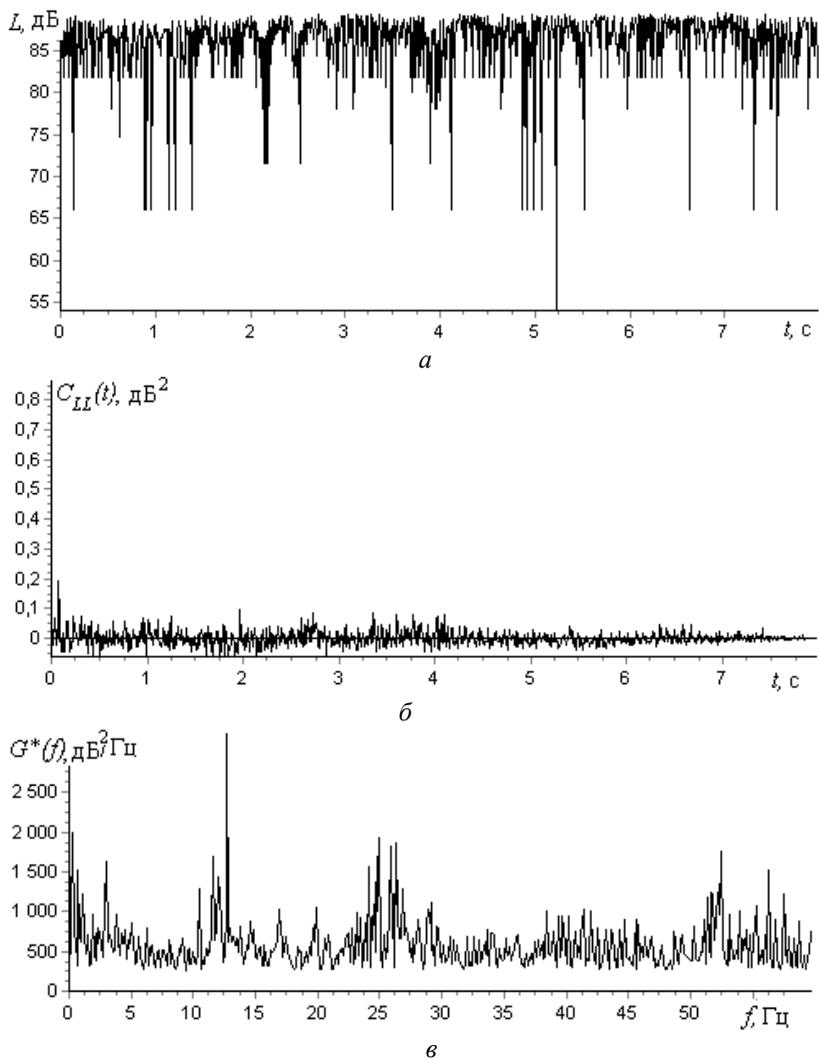


Рис. 16. 1.1.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 1: уровни звукового давления  $L$ , дБ (1\_ЛдБ\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

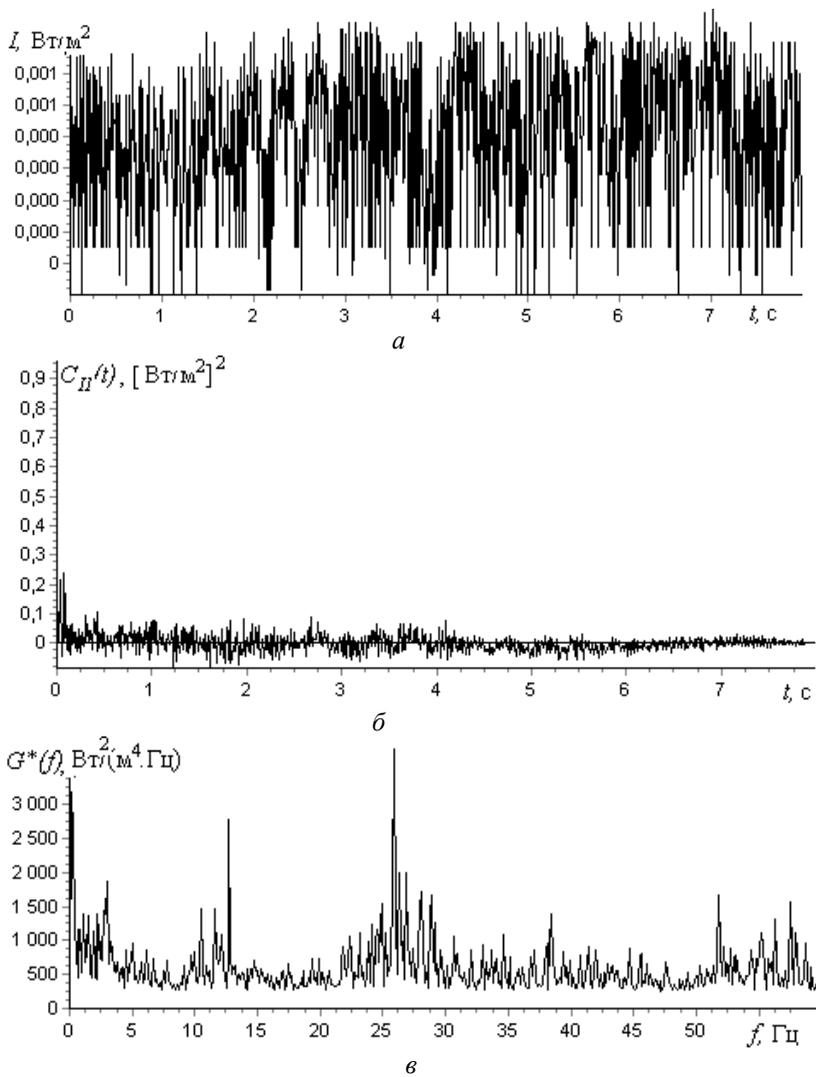


Рис. 16. 1.1.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 1: интенсивность звукового давления  $I, \text{Вт/м}^2$  (1\_I\_Втм<sup>2</sup>\_окт81р) после ручной обработки таблицей (а), АКФ (б); СПМ (в)

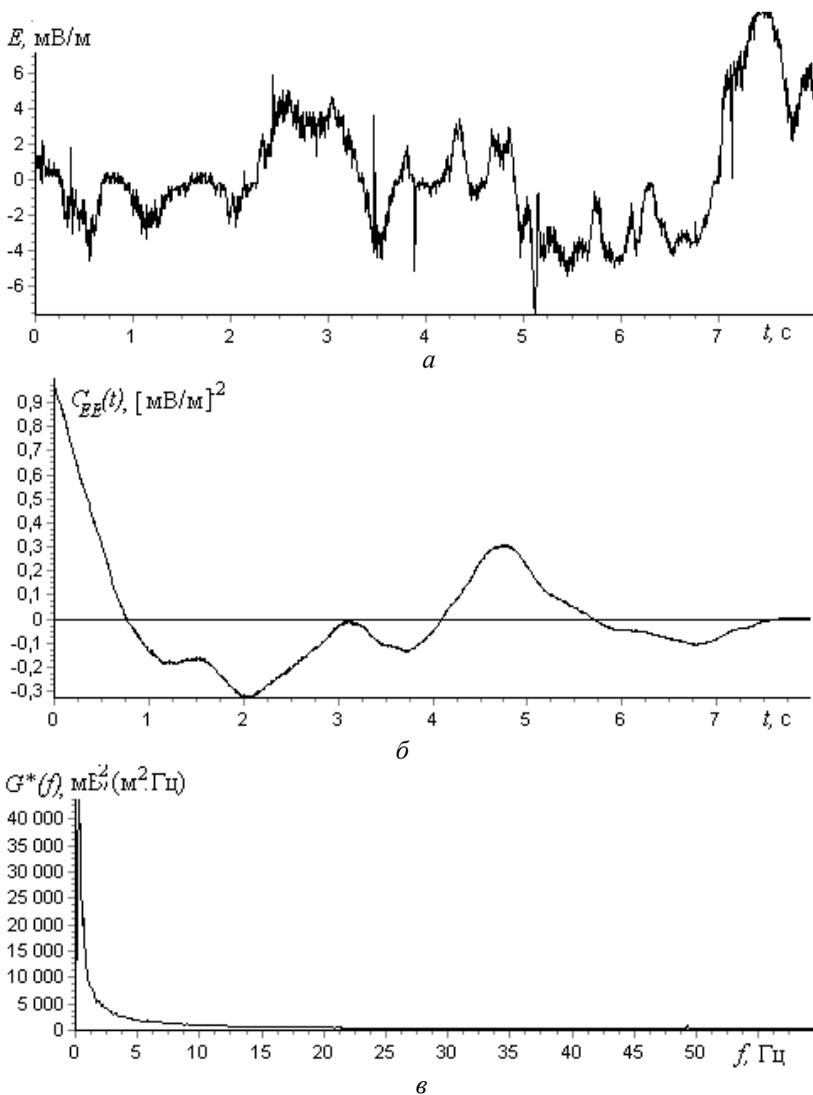


Рис. 16. 1.1.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 1: напряженность электрического поля,  $E$ , В/м ( $1_E$  В/м\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

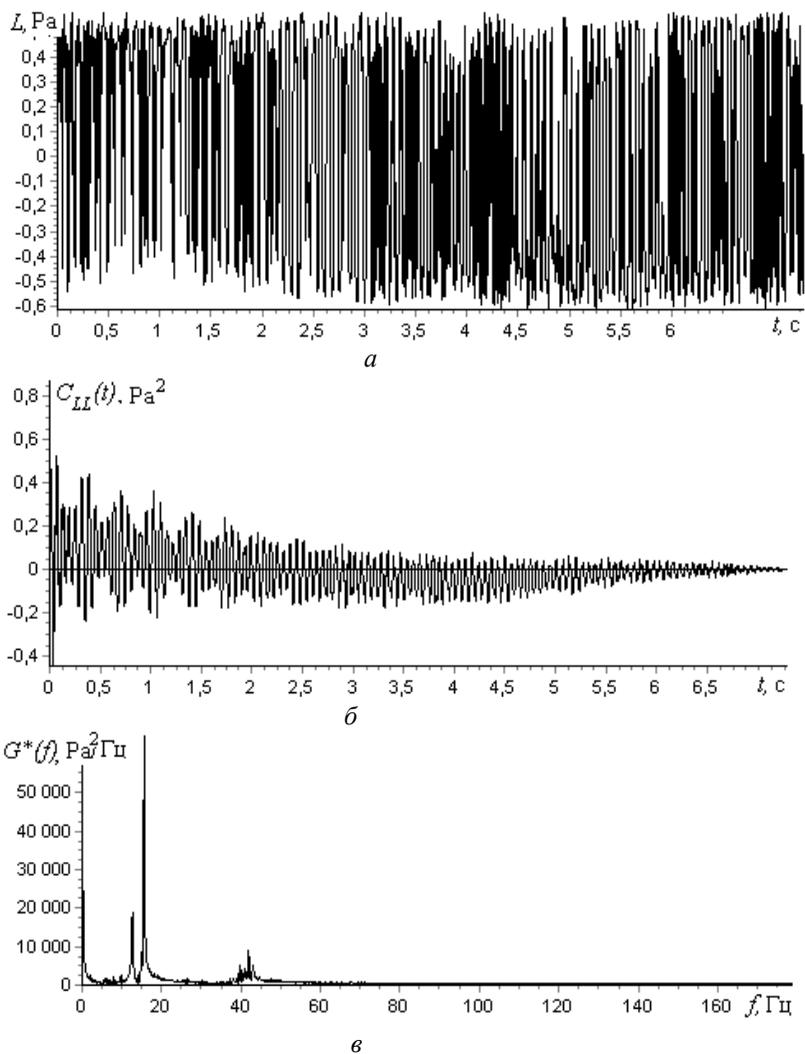


Рис. 16. 1.2.1. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 1: уровни звукового давления  $L$ , Pa (1\_L\_Pa\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

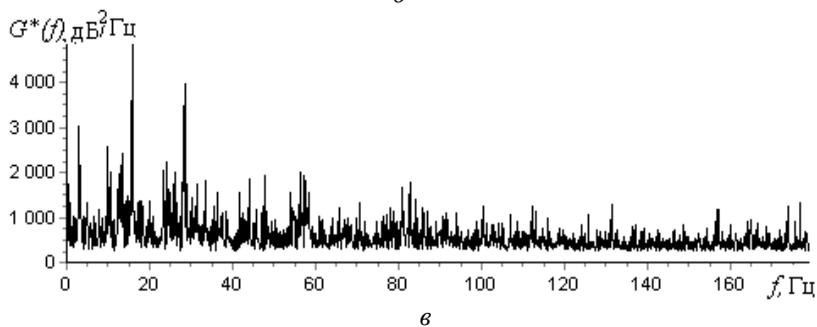
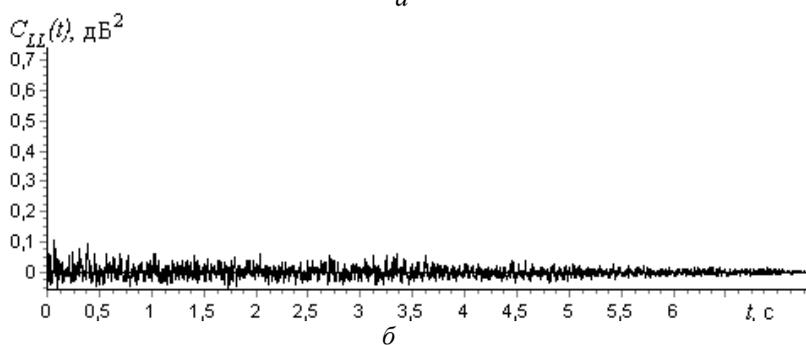
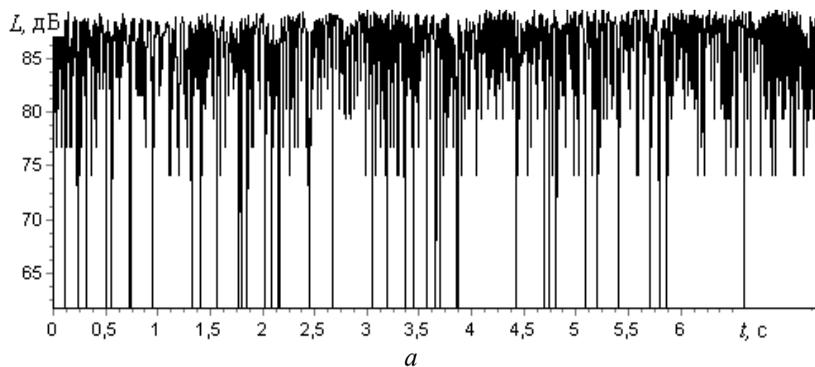


Рис. 16. 1.2.2. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 1: уровни звукового давления  $L$ , дБ (1\_L\_дБ\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

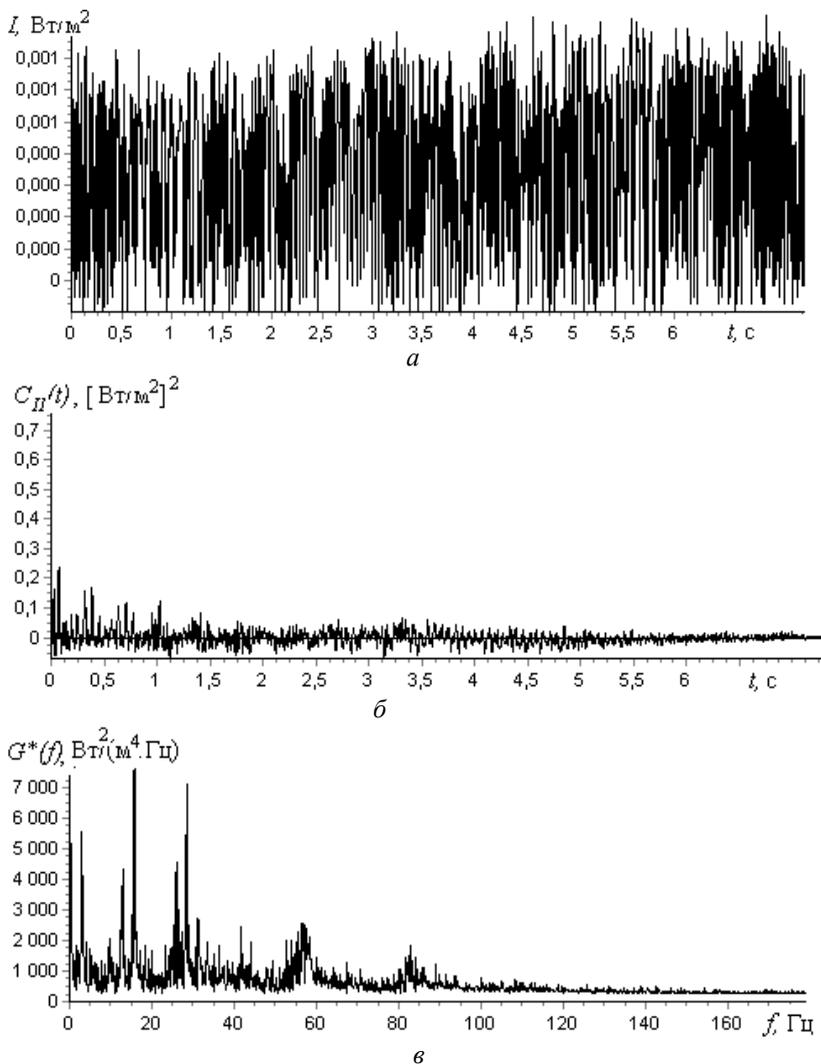


Рис. 16. 1.2.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 1: интенсивность звукового давления  $I, \text{Вт/м}^2$  (1\_I\_Вт/м<sup>2</sup>\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

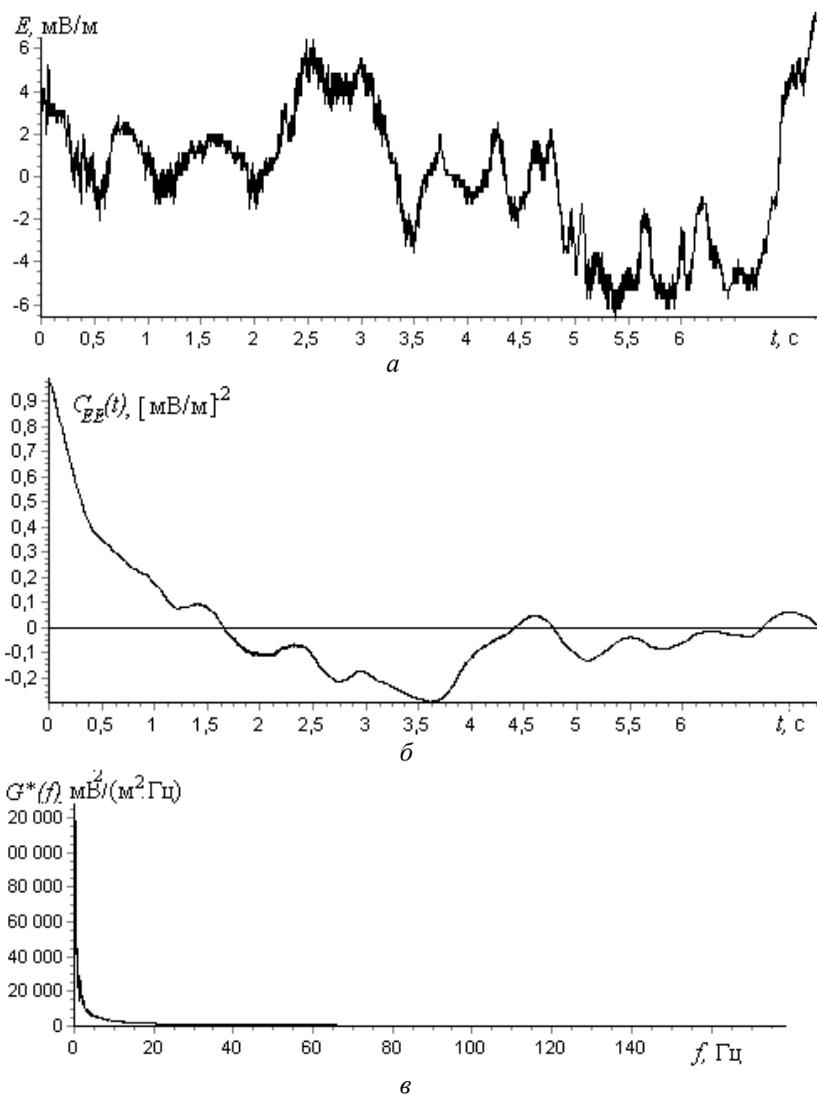


Рис. 16. 1.2.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 1: напряженность электрического поля,  $E$ , В/м ( $1\_E$  В/м\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

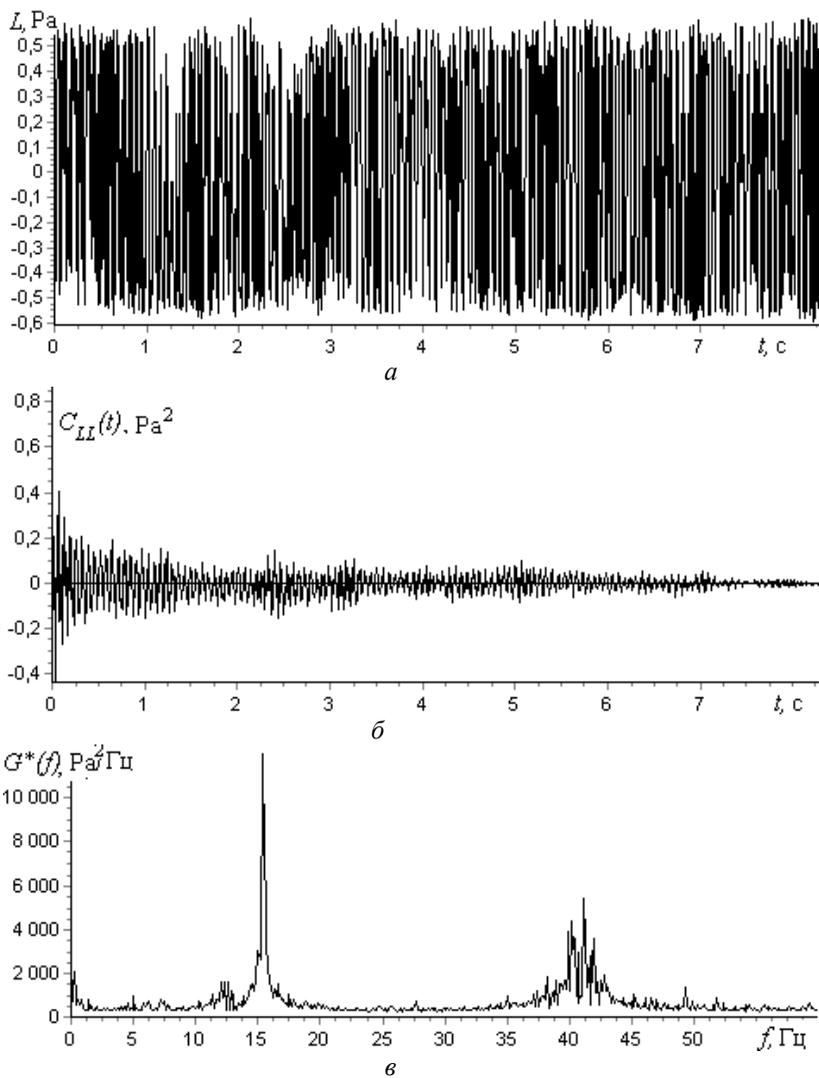


Рис. 17. 2.1.1. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 2: уровни звукового давления  $L, \text{Pa}$  ( $2\_L\_Pa\_окт81р$ ) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

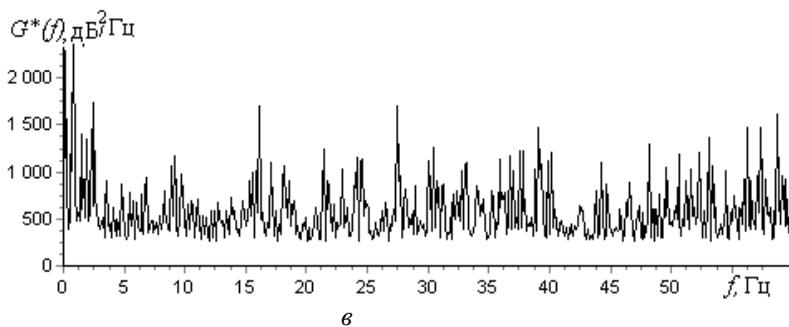
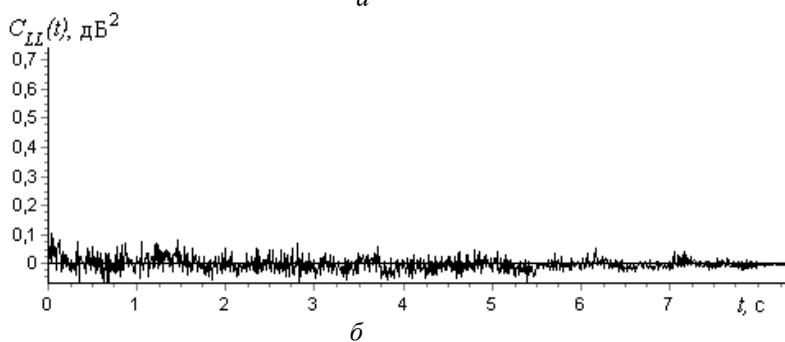
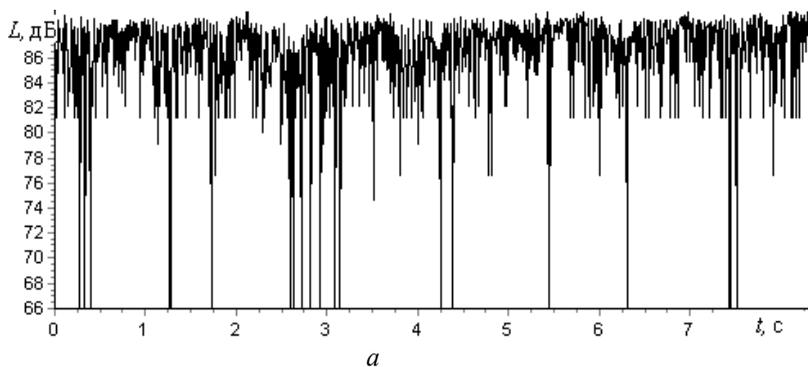


Рис. 17. 2.1.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 2: уровни звукового давления  $L$ , дБ (2\_ЛдБ\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

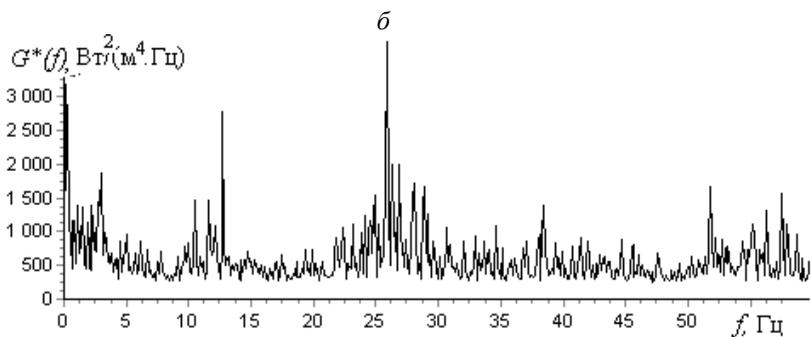
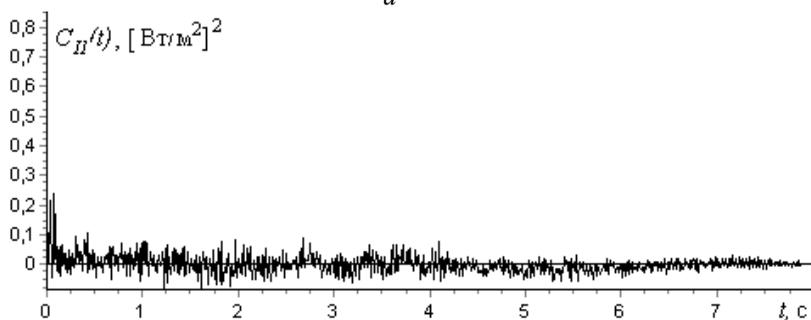
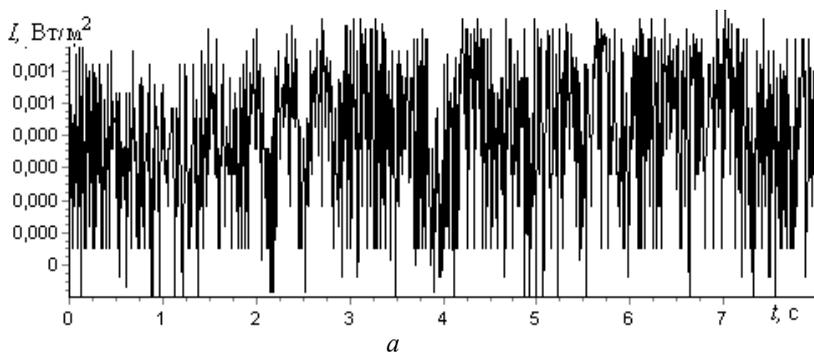


Рис. 17. 2.1.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 2: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{Втм}^2$  ( $2 \text{ I\_Втм}^2_{\text{окт81р}}$ ) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

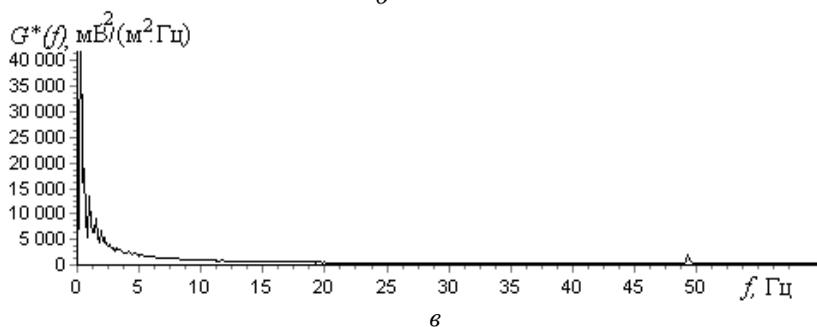
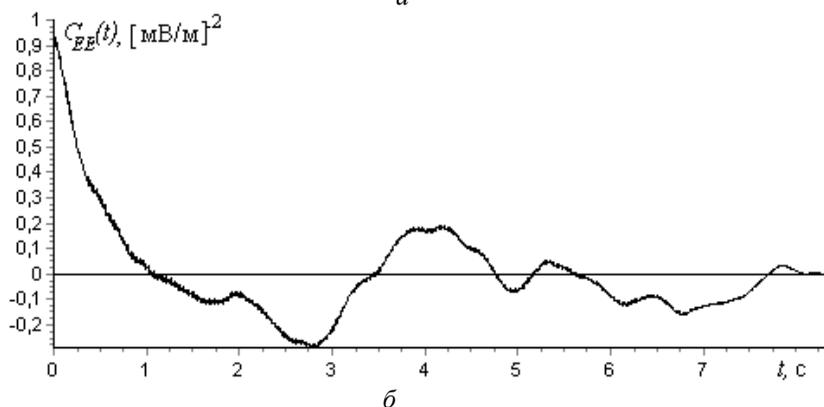
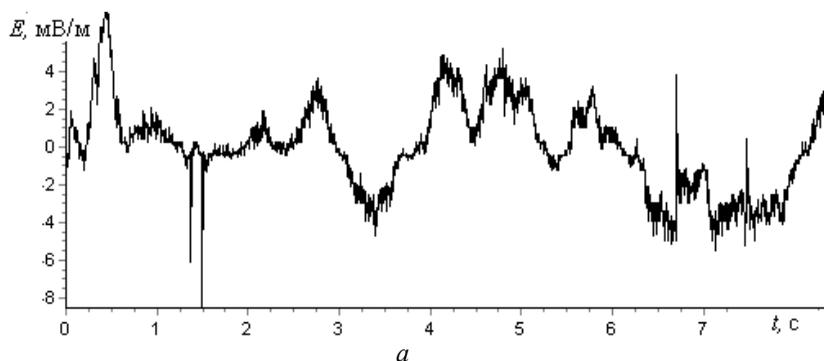


Рис. 17. 2.1.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 2: напряженность электрического поля,  $E$ , В/м ( $2\_E \text{ В/м\_окт81р}$ ) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

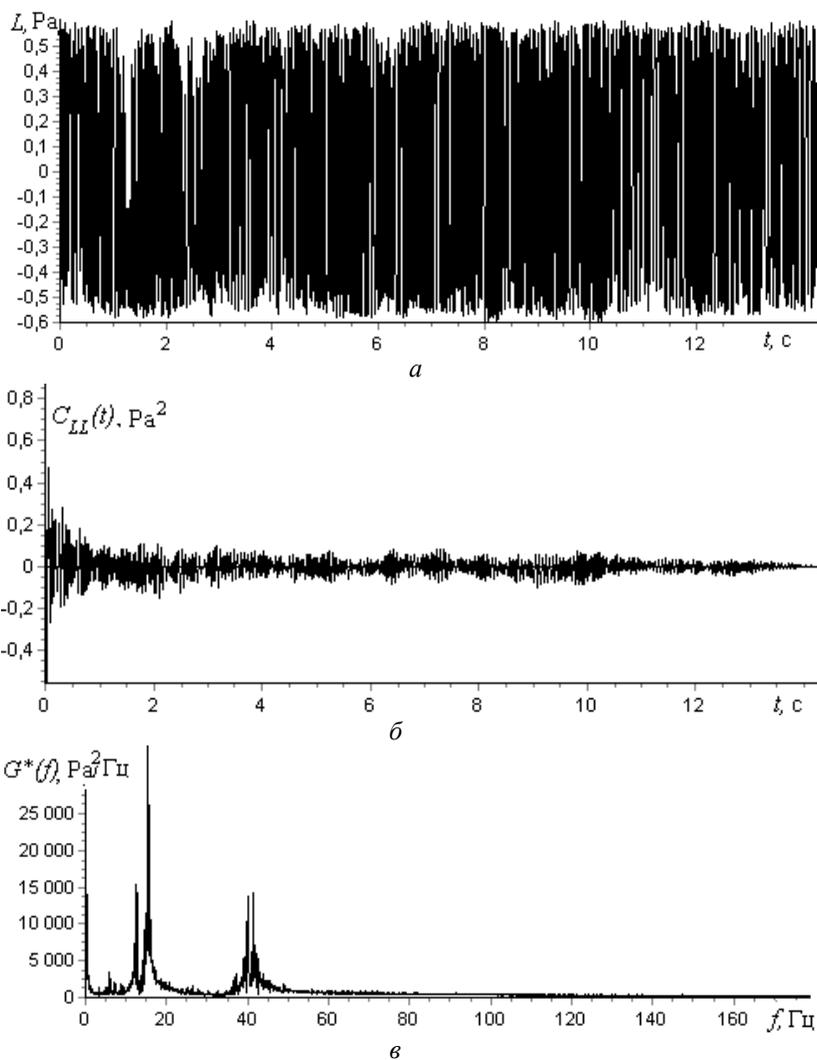


Рис. 17. 2.2.1. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 2: уровни звукового давления  $L$ , Pa ( $2\_L\_Pa\_окт81к$ ) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

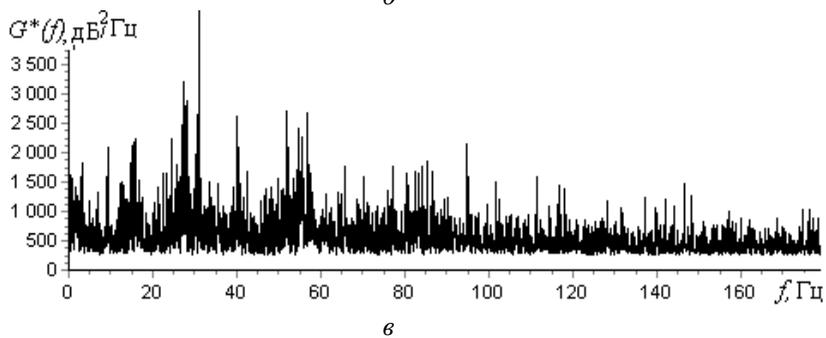
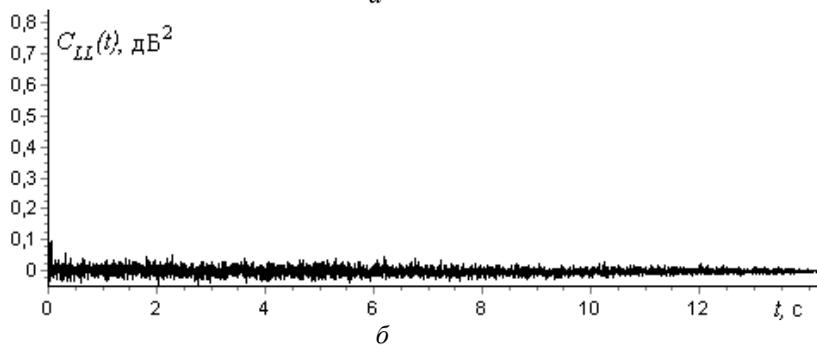
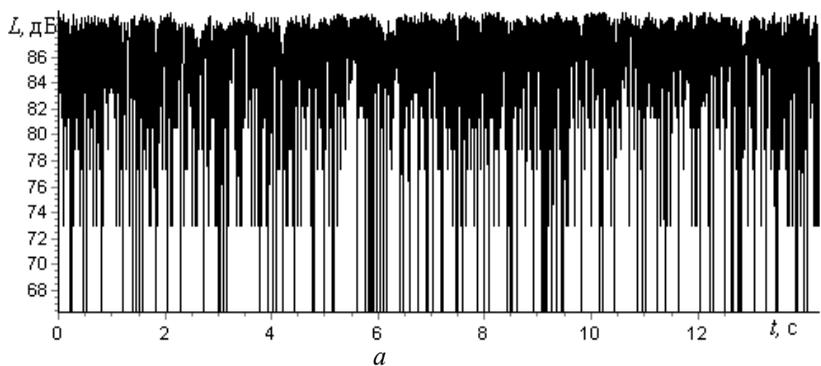


Рис. 17. 2.2.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 2: уровни звукового давления  $L$ , дБ ( $2_{L\text{дБ\_окт81к}}$ ) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

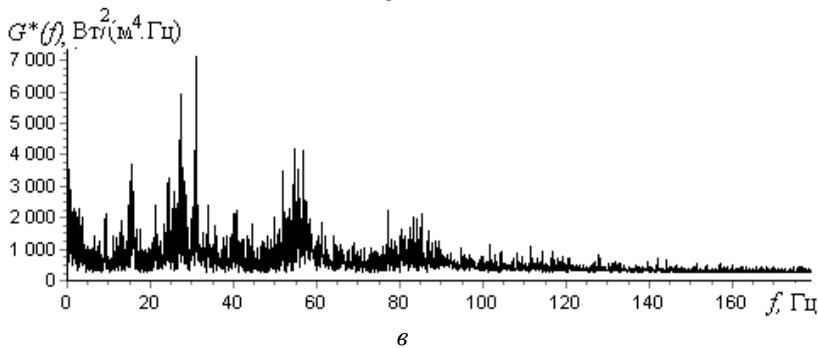
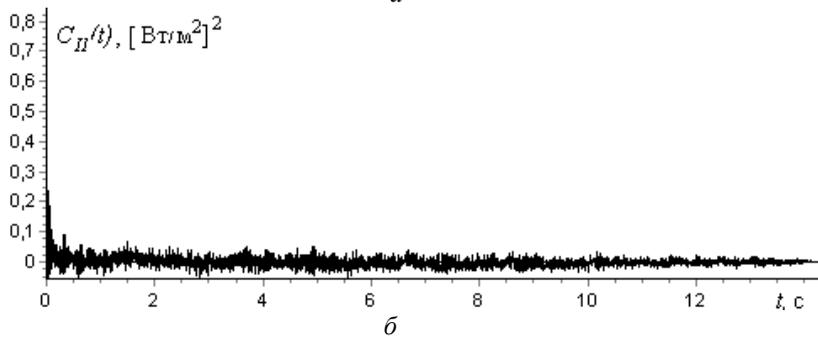
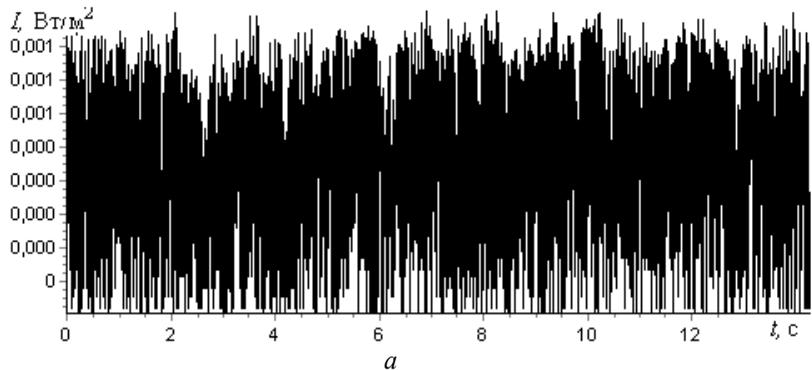


Рис. 17. 2.2.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 2: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{ВТм}^2$  (2\_I\_ВТм²\_окт81к) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

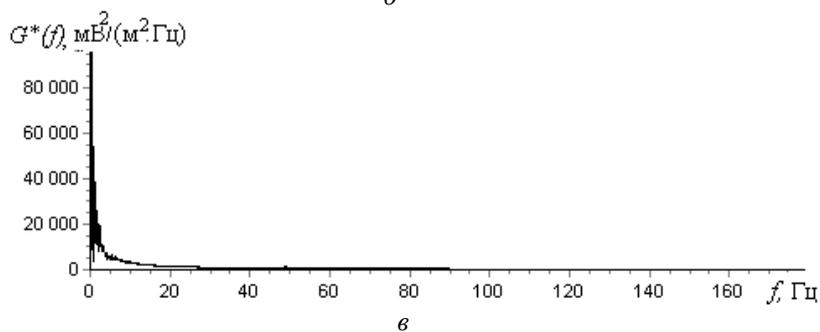
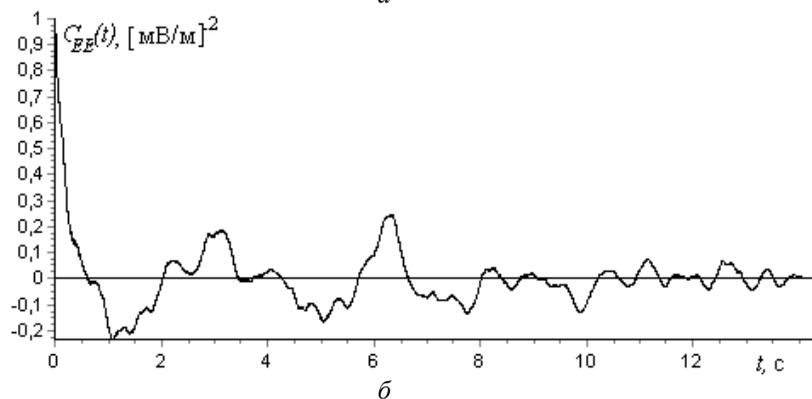
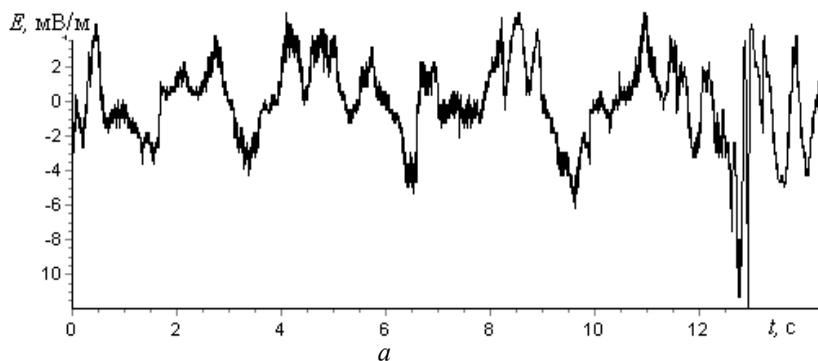


Рис. 17. 2.2.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 2: напряженность электрического поля,  $E$ , В/м ( $2\_E$  В/м\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

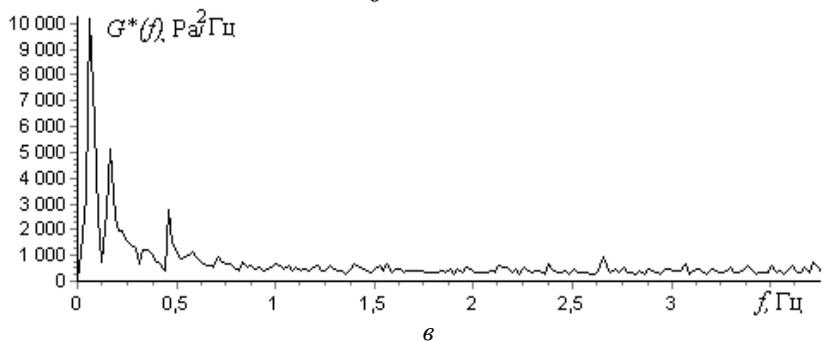
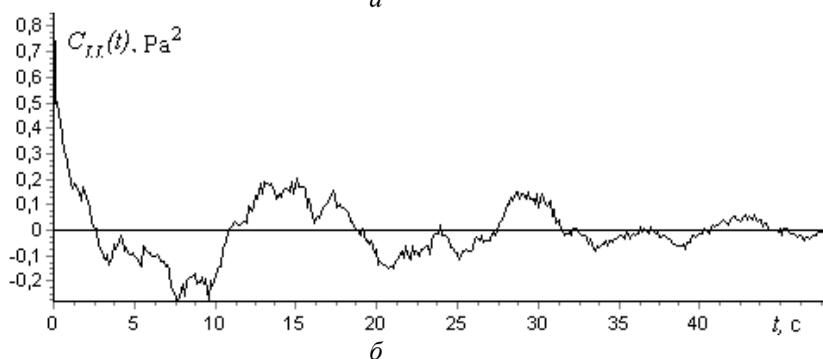
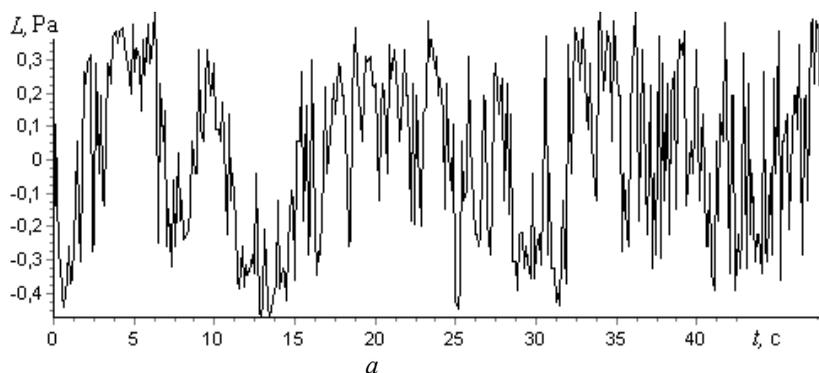


Рис. 18. 3.1.1. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 3: уровни звукового давления  $L$ , Pa (3\_L\_Pa\_окт81p) после ручной обработки табулятором (a), АКФ (б); СПМ (в)

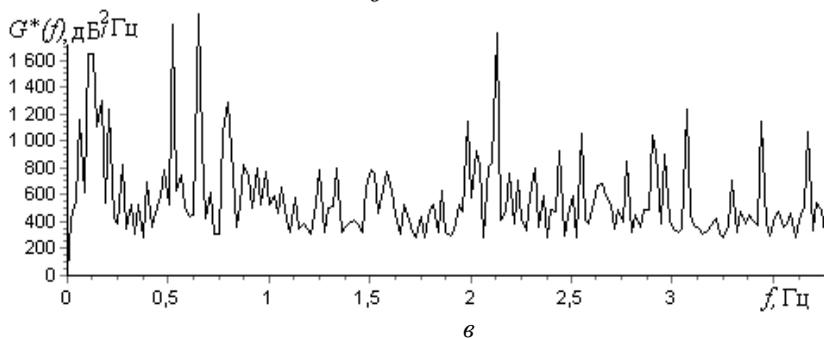
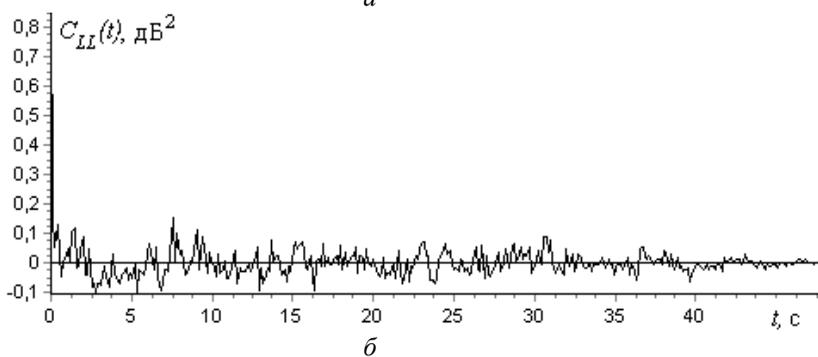
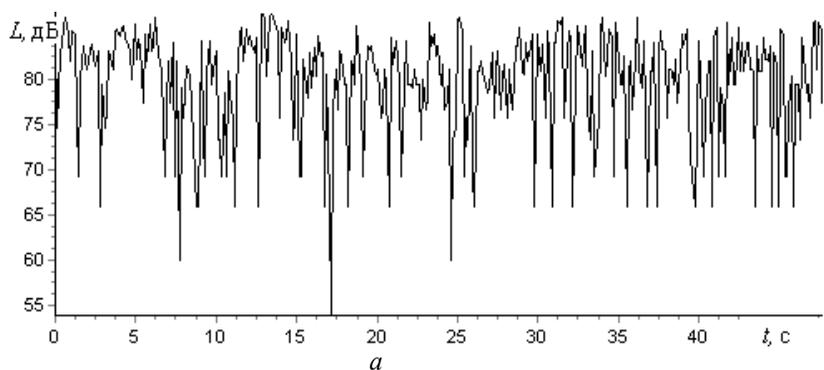


Рис. 18. 3.1.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 3: уровни звукового давления  $L$ , дБ (3\_ЛдБ\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

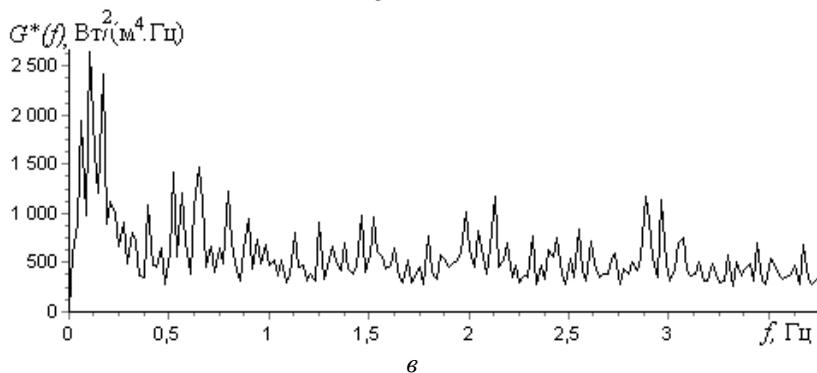
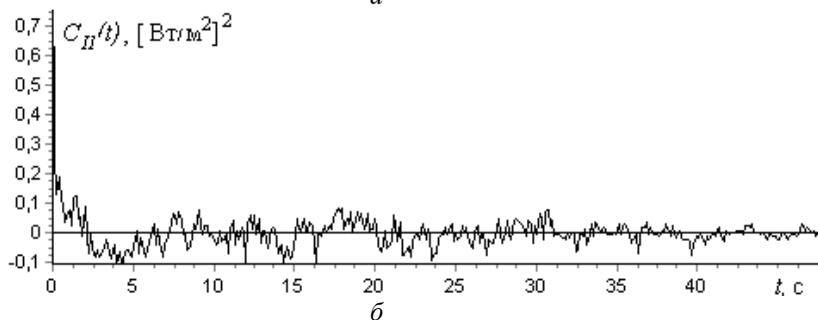
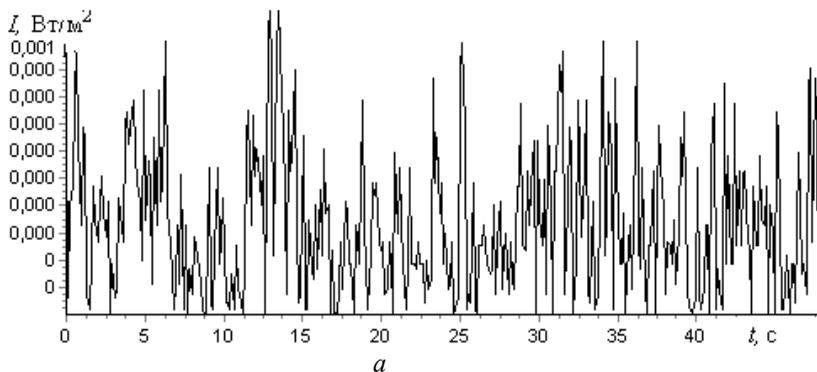


Рис. 18. 3.1.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 3: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{Вт/м}^2$  (3\_I\_Втм<sup>2</sup>\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

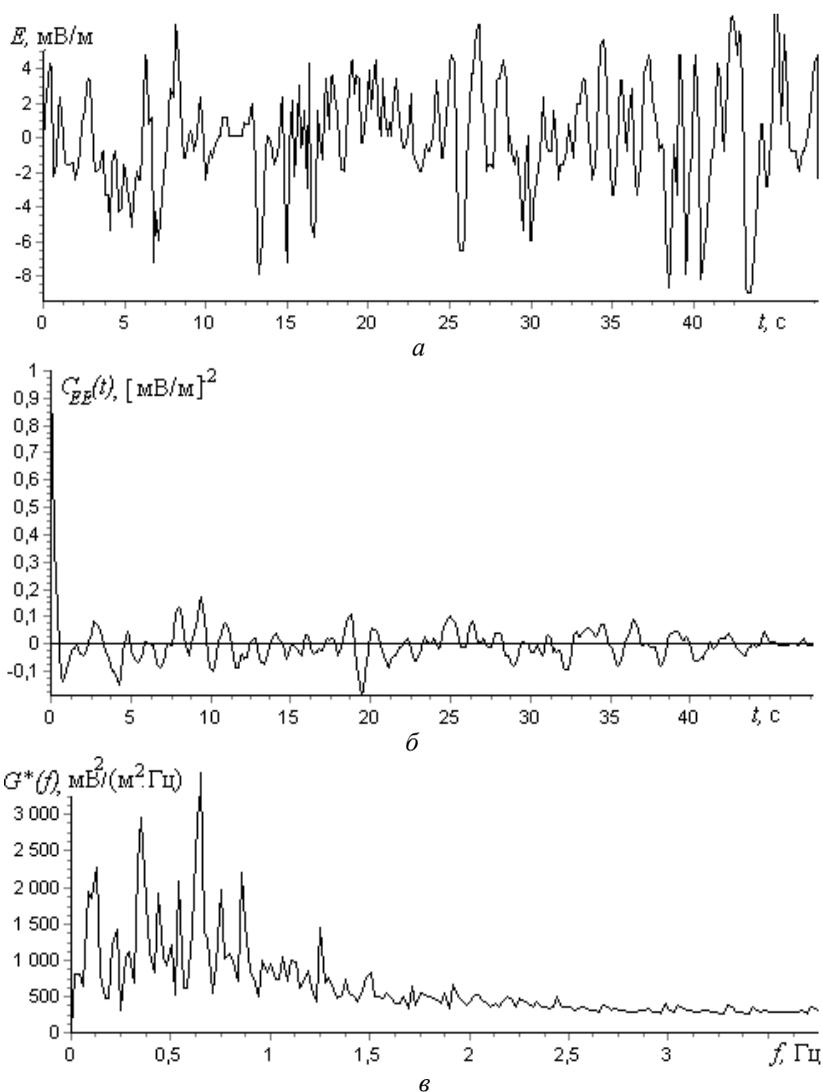


Рис. 18. 3.1.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 3: напряженность электрического поля,  $E$ , В/м ( $3 \frac{E}{\text{В/м}}_{\text{окт81р}}$ ) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

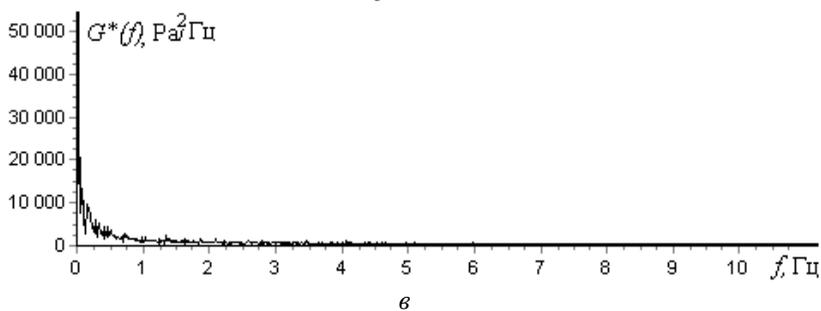
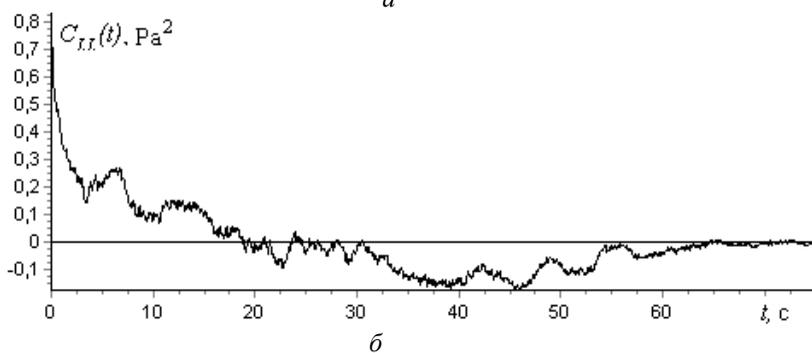
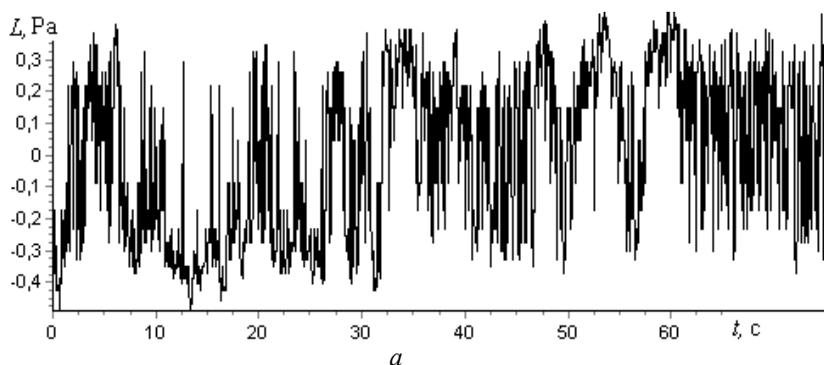


Рис. 18. 3.2.1. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 3: уровни звукового давления  $L, \text{Pa}$  (3\_L\_Pa\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

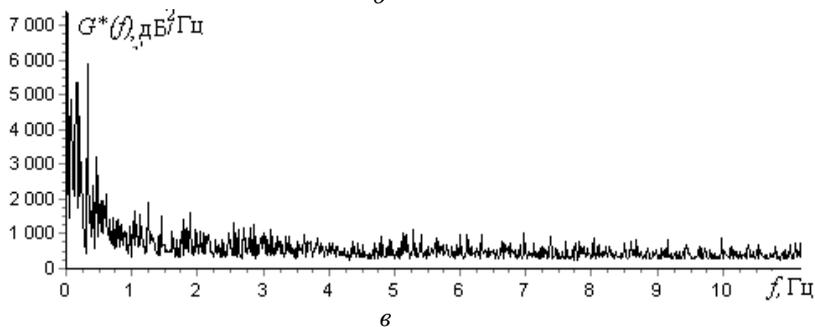
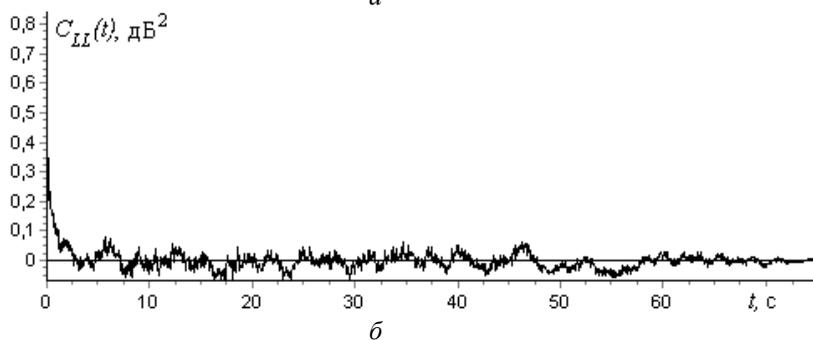
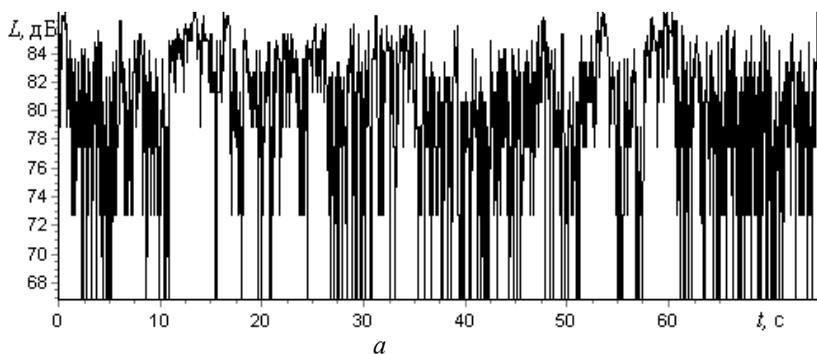


Рис. 18. 3.2.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 3: уровни звукового давления  $L$ , дБ (3\_ЛдБ\_окт81к) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

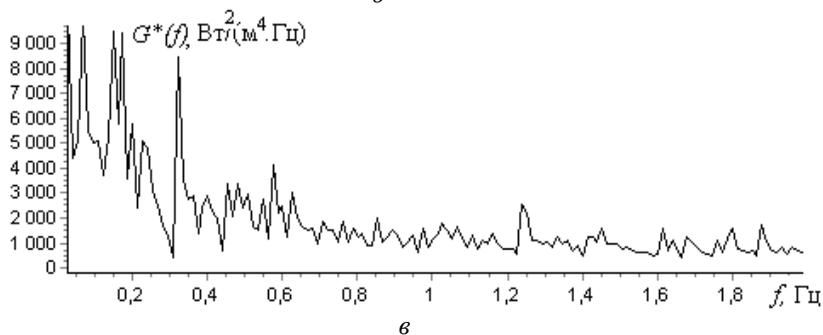
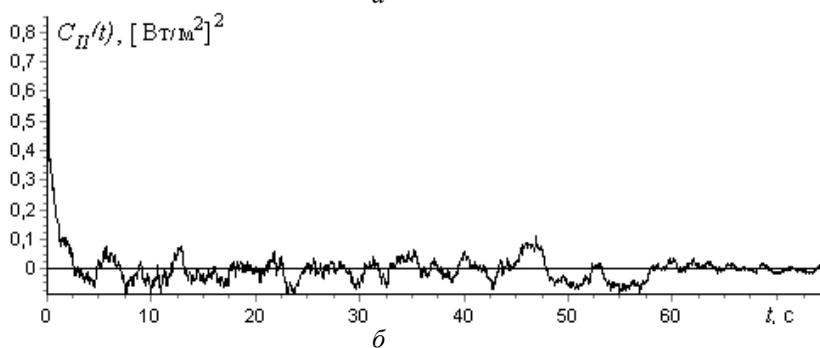
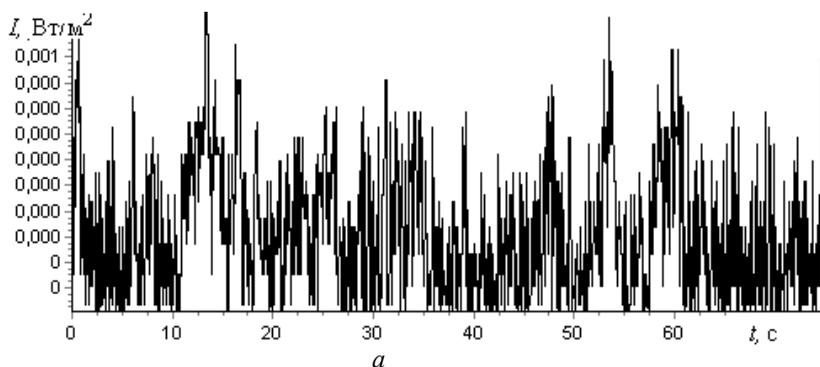


Рис. 18. 3.2.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 3: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  (3\_I\_Втм²\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

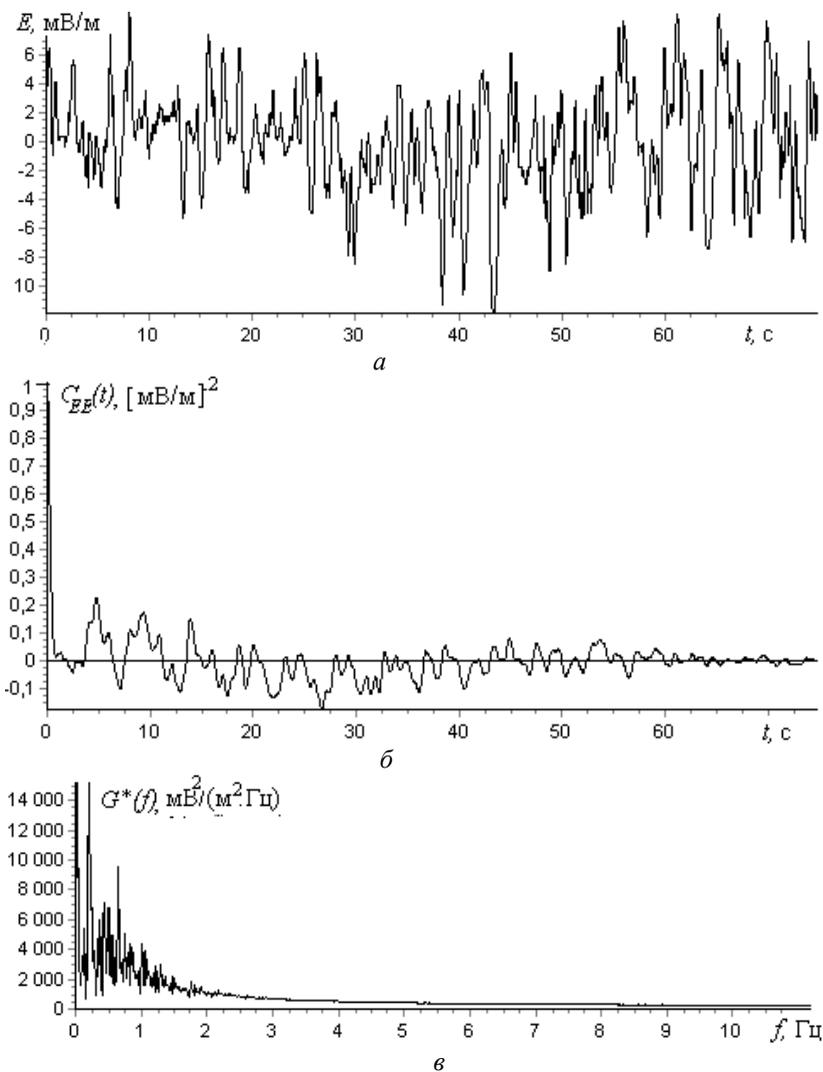


Рис. 18. 3.2.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 3: напряженность электрического поля,  $E$ , В/м (3\_Е В/м\_окт81к) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

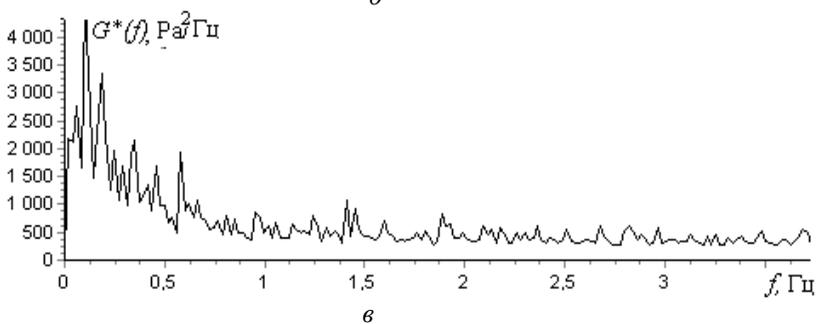
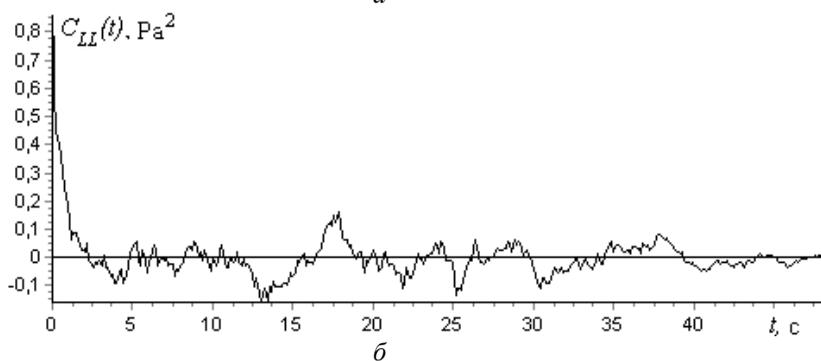
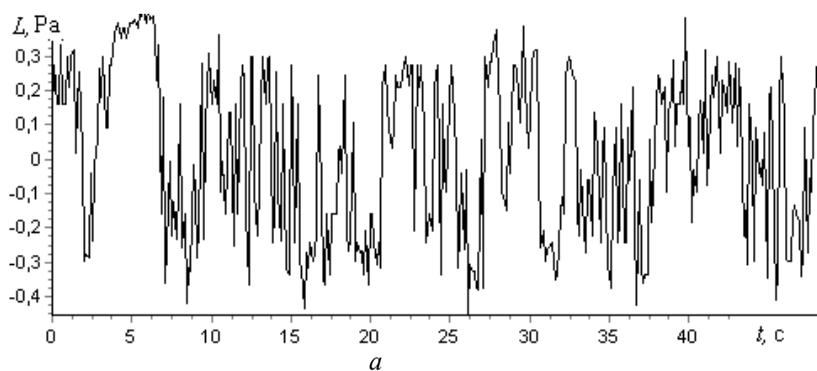


Рис. 19. 4.1.1. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 4: уровни звукового давления  $L$ , Pa (4\_L\_Pa\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

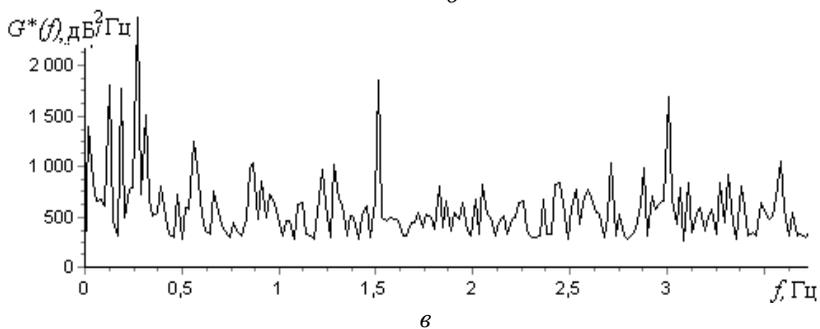
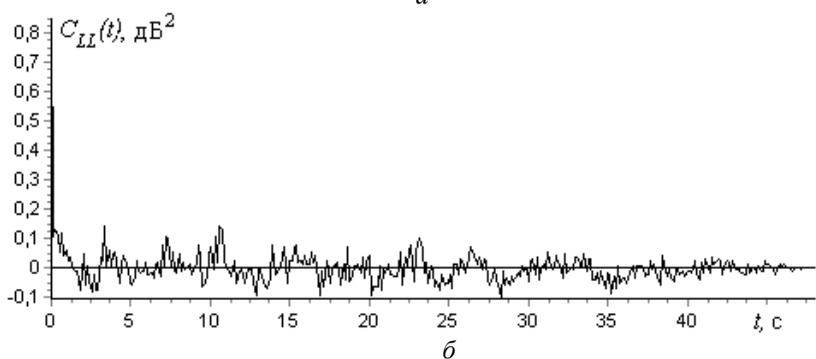
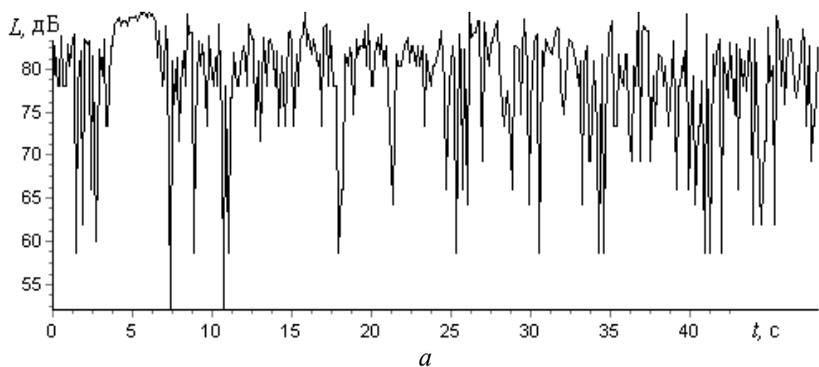


Рис. 19. 4.1.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 4: уровни звукового давления  $L$ , дБ (4\_ЛдБ\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

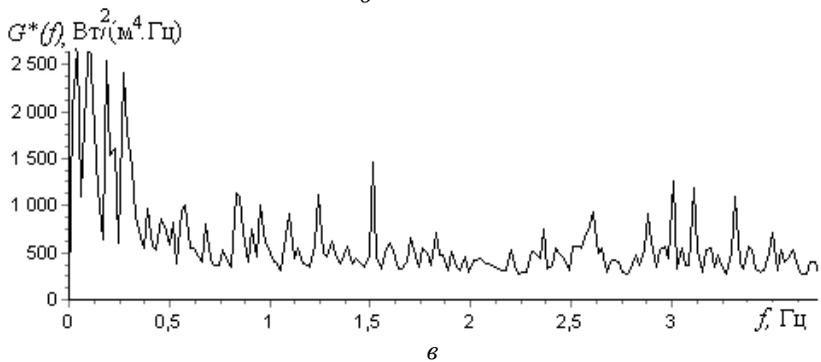
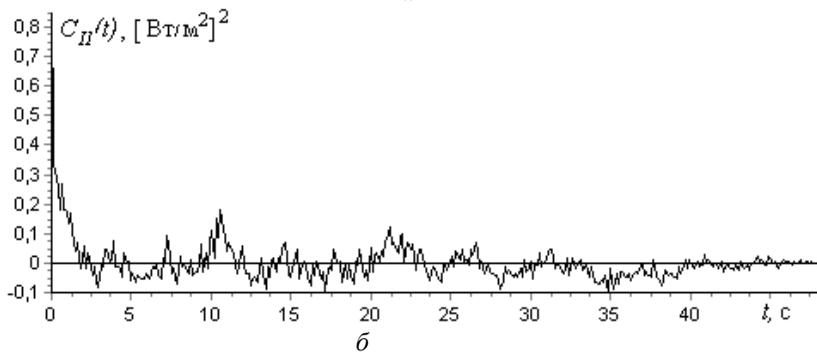
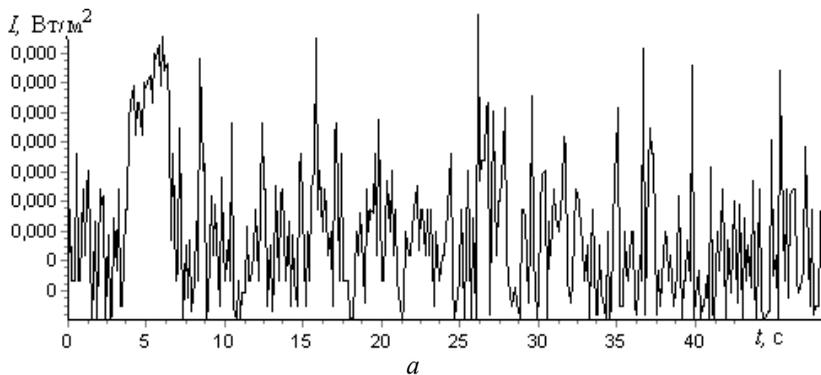


Рис. 19.4.1.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 4: интенсивность звукового давления  $I$ , Вт/м<sup>2</sup> (4 I Вт/м<sup>2</sup>\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

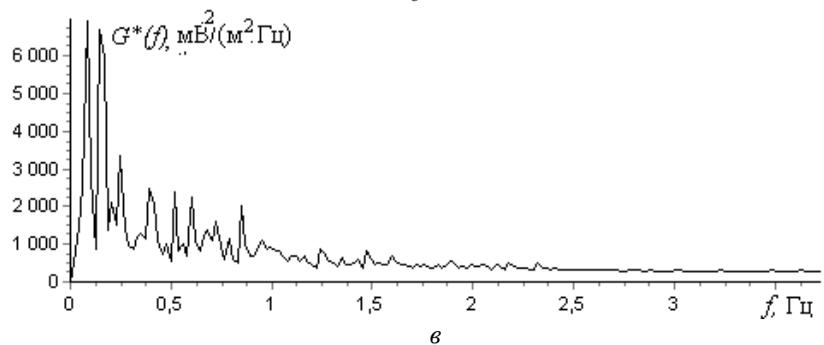
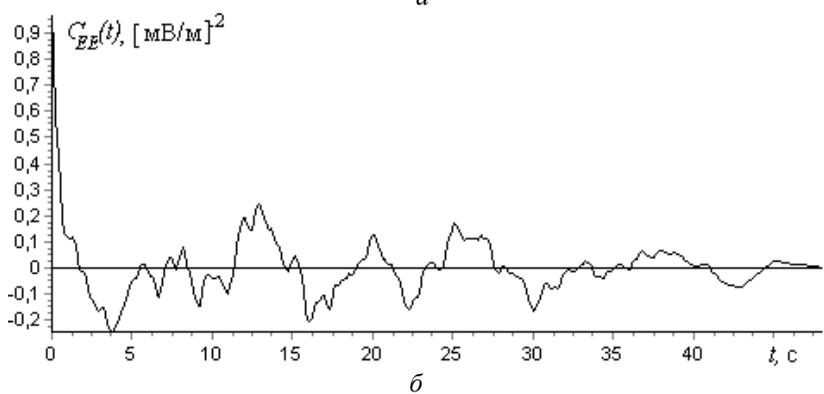
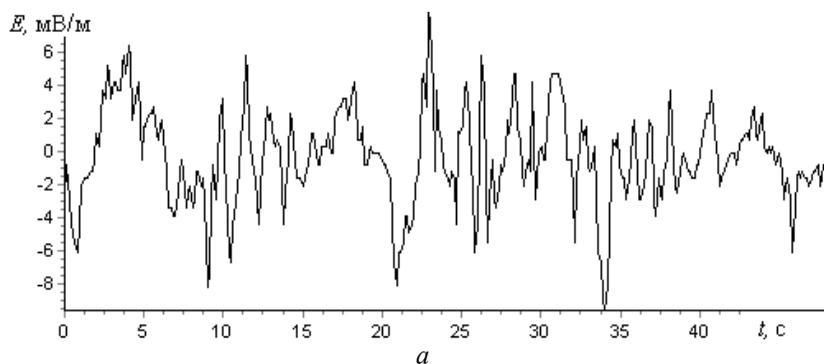


Рис. 19.4.1.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 4: напряженность электрического поля  $E$ , В/м (4\_E В/м\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

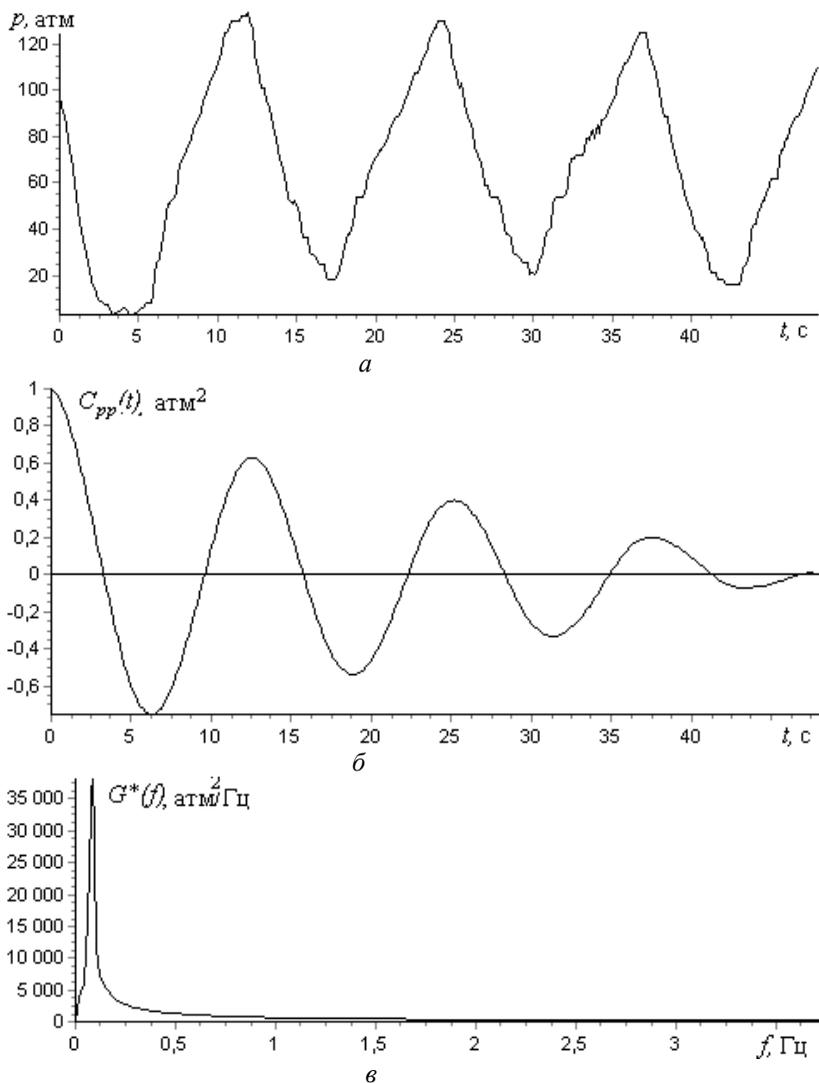


Рис. 19.4.1.5. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 4: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ (4\_p\_атм\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

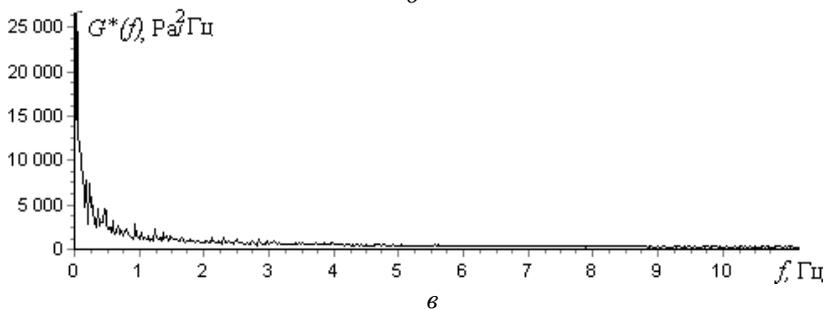
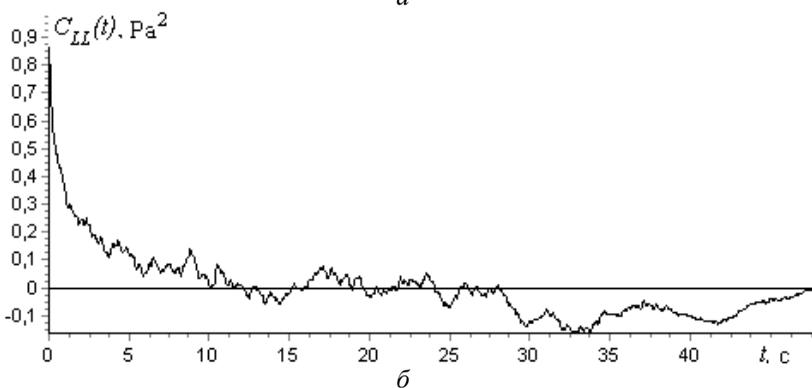
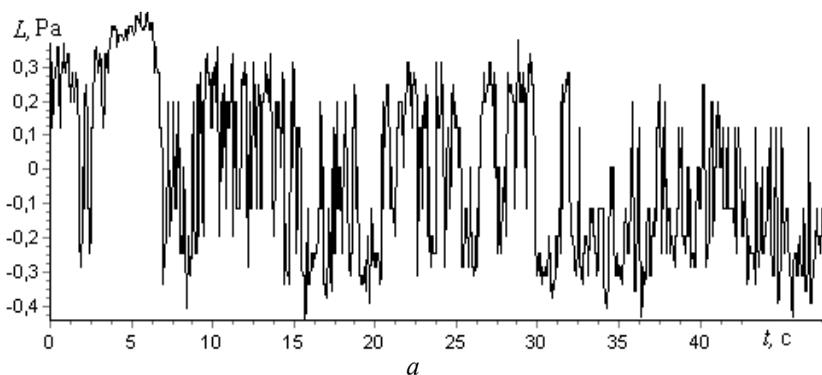
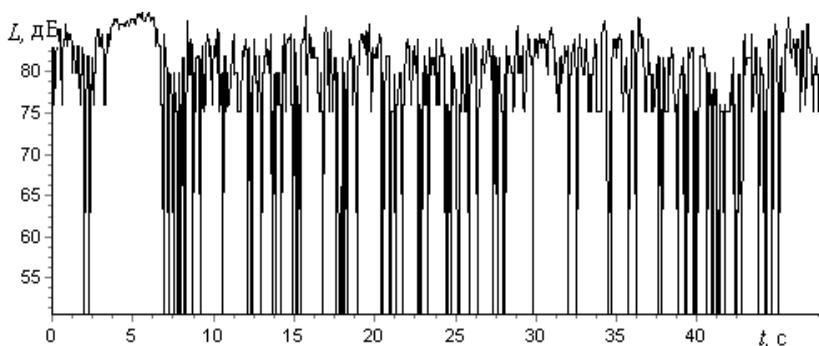
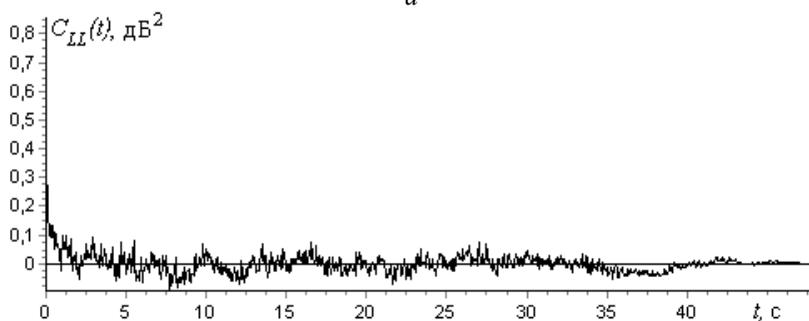


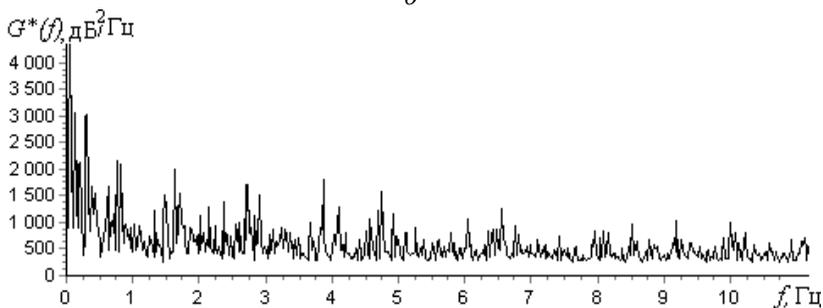
Рис. 19.4.2.1. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 4: уровни звукового давления  $L$ , Pa (4\_L\_Pa\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)



*a*



*б*



*в*

Рис. 19.4.2.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 4: уровни звукового давления  $L$ , дБ (4\_ЛдБ\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

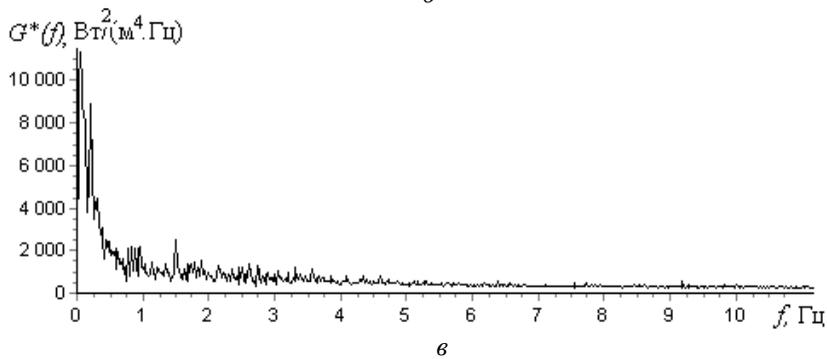
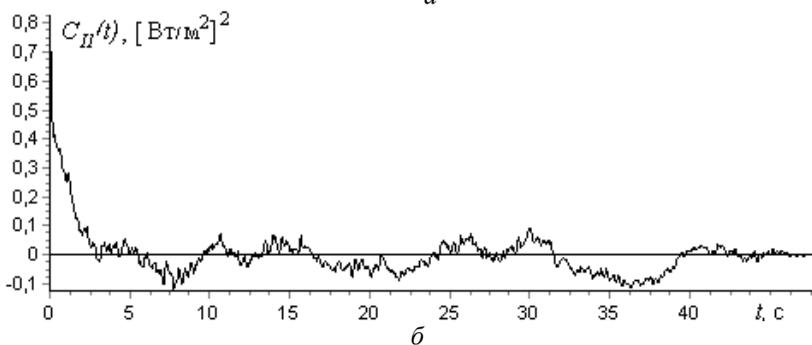
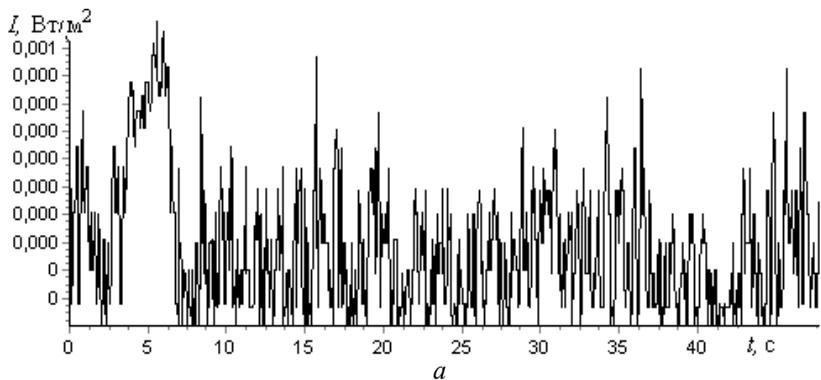


Рис. 19.4.2.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 4: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  (4\_I\_Втм<sup>2</sup>\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

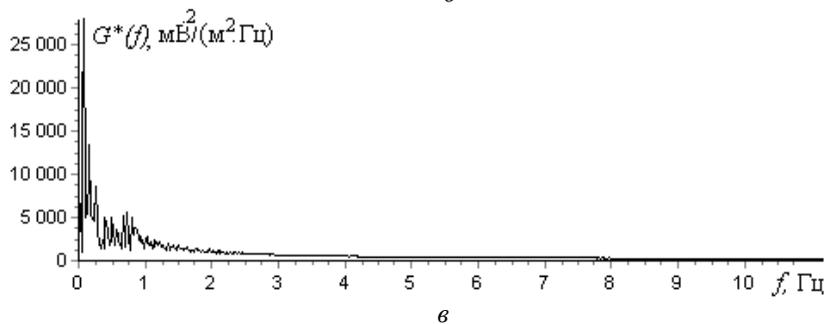
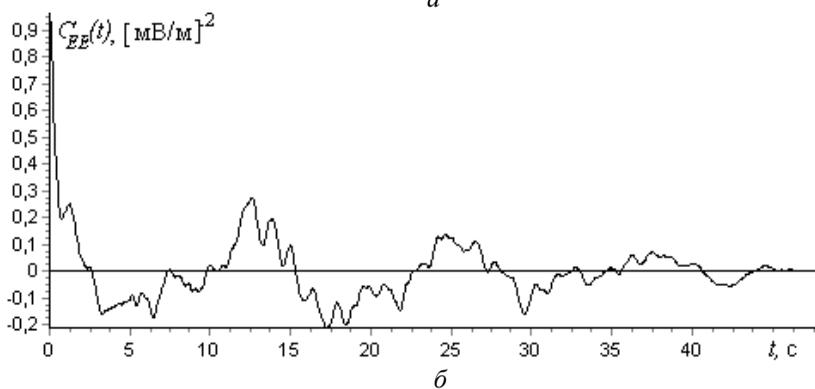
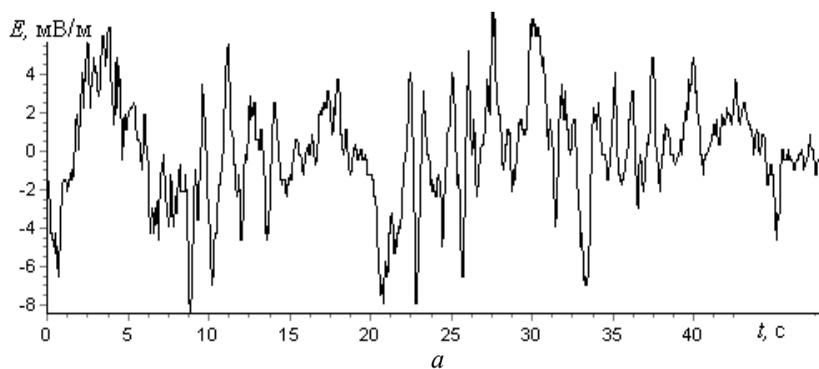
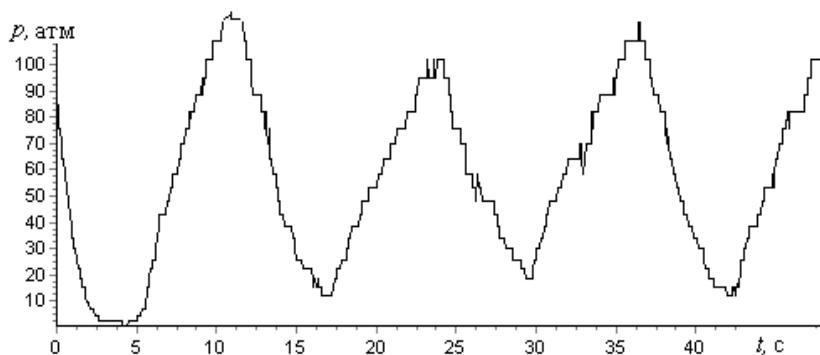
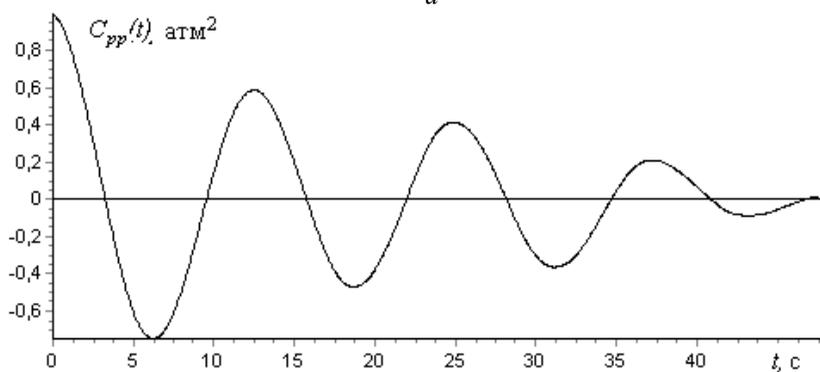


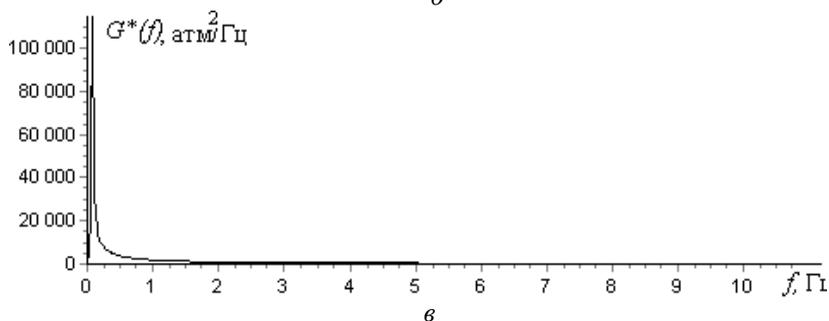
Рис. 19.4.2.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 4: напряженность электрического поля  $E$ , В/м (4\_E В/м\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)



*a*



*б*



*в*

Рис. 19.4.2.5. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 4: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ (4\_p\_атм\_окт81к) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

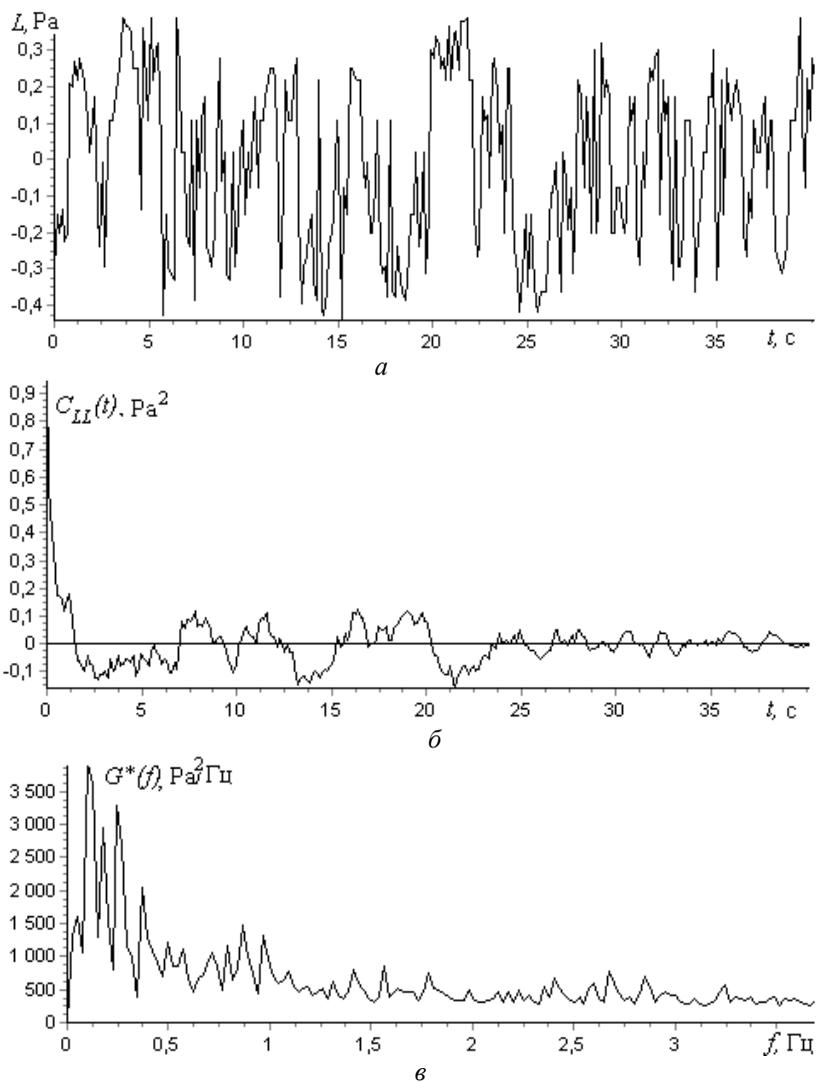


Рис. 20.5.1.1. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 5: уровни звукового давления  $L, \text{Pa}$  (5\_L\_Pa\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

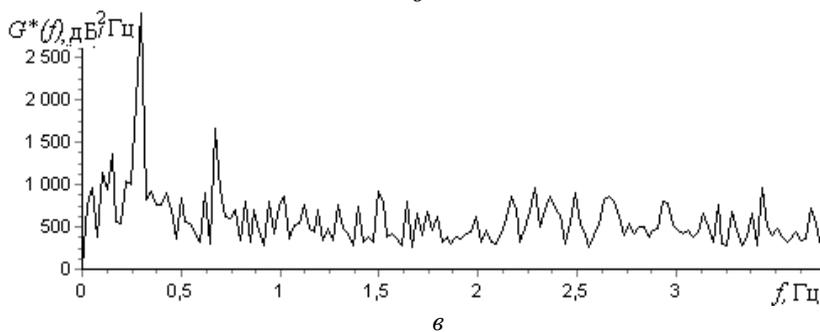
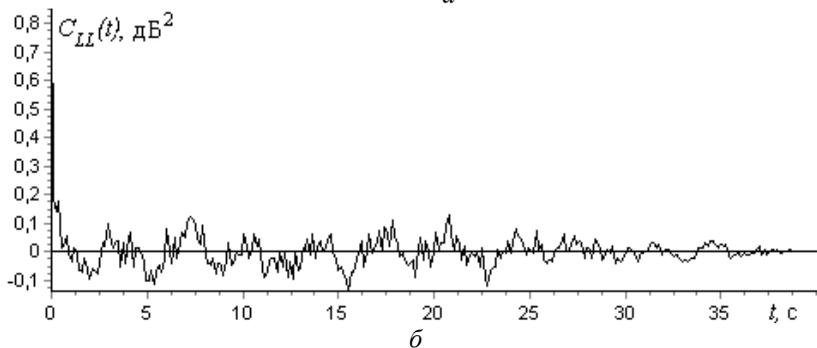
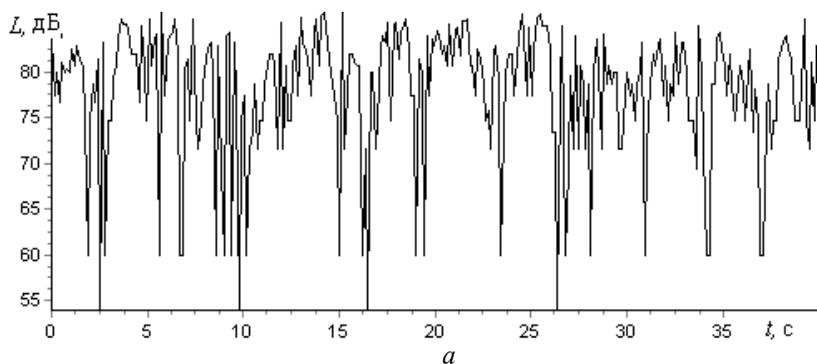


Рис. 20.5.1.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 5: уровни звукового давления  $L$ , дБ ( $5\_L\text{дБ\_окт81p}$ ) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

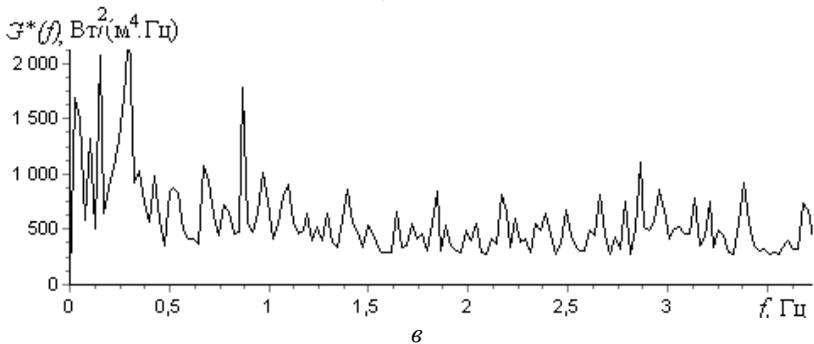
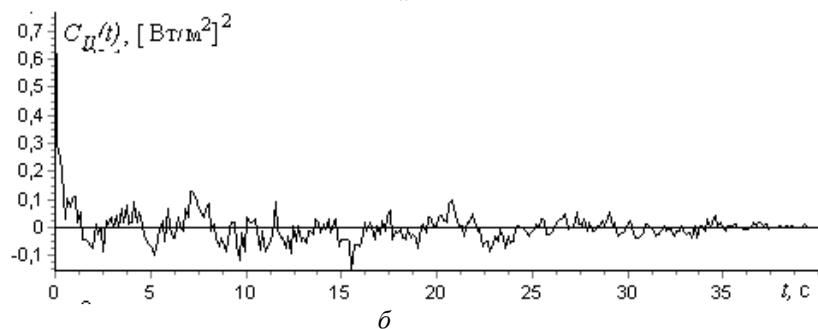
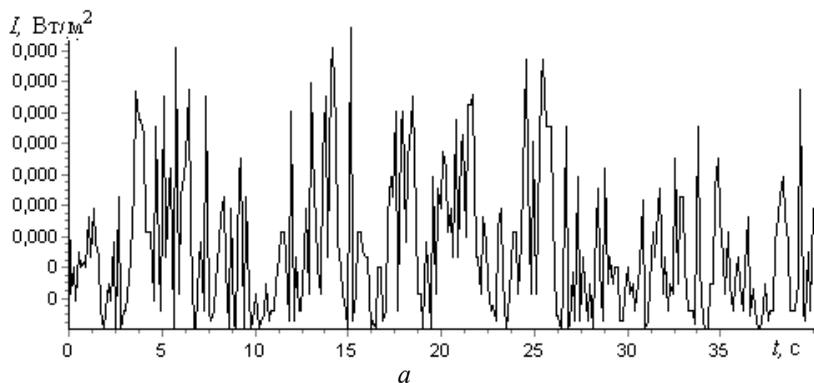


Рис. 20.5.1.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 5: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{Вт/м}^2$  (5\_I\_Втм²\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

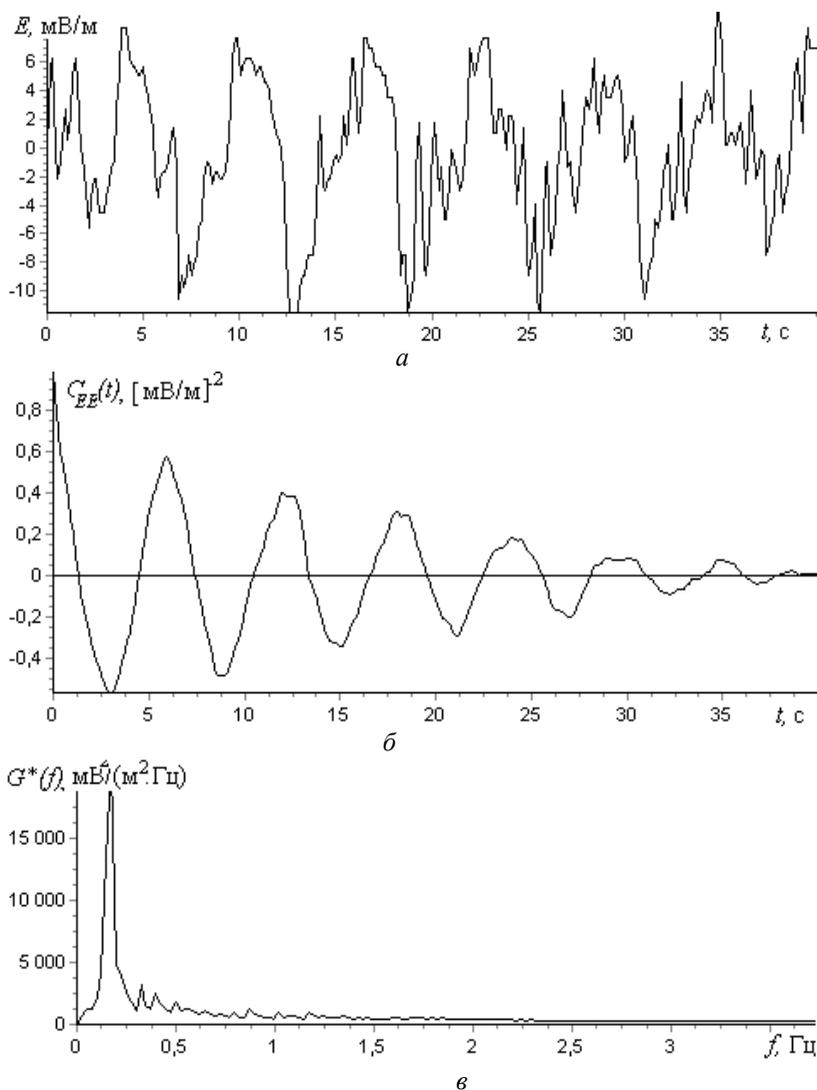


Рис. 20.5.1.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 5: напряженность электрического поля  $E$ , В/м ( $5E$  В/м\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

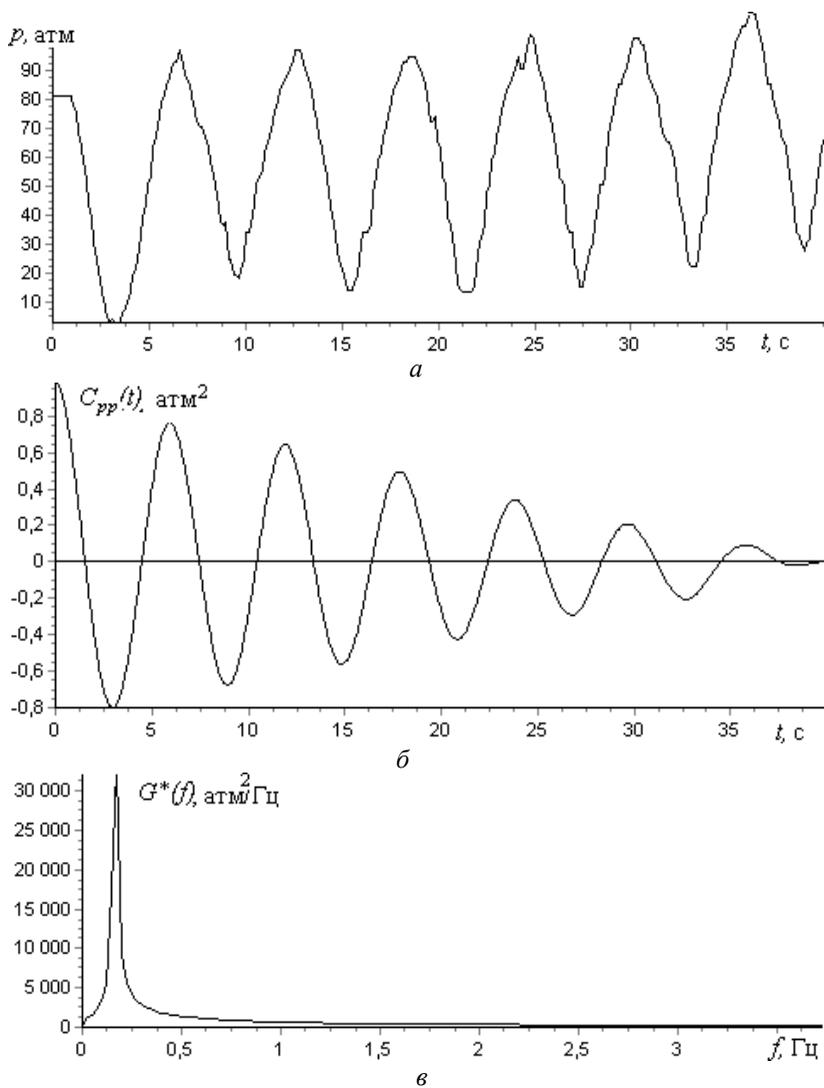


Рис. 20.5.1.5. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 5: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ ( $5\_p\_атм\_окт81р$ ) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

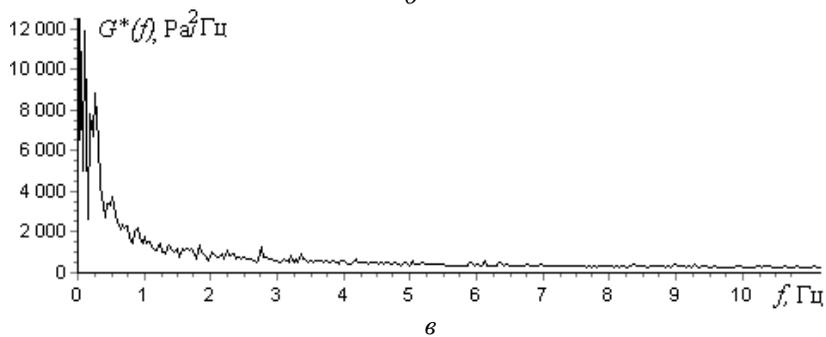
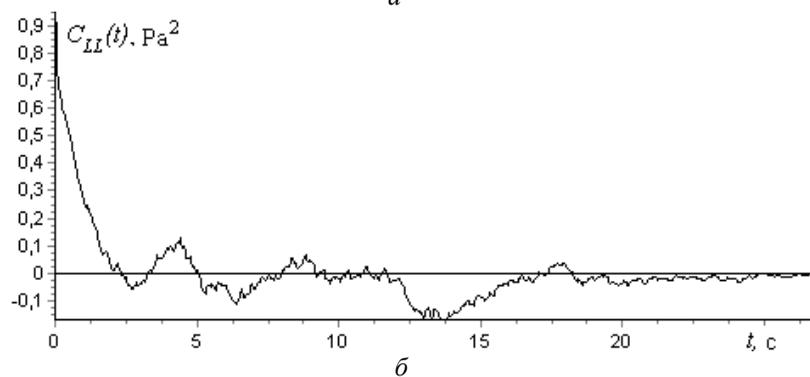
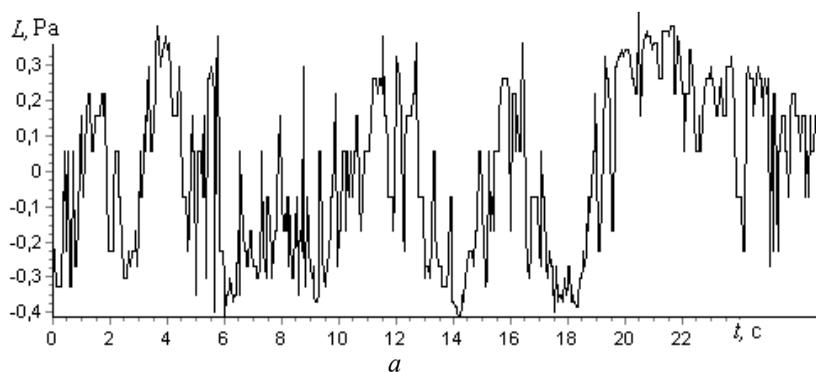
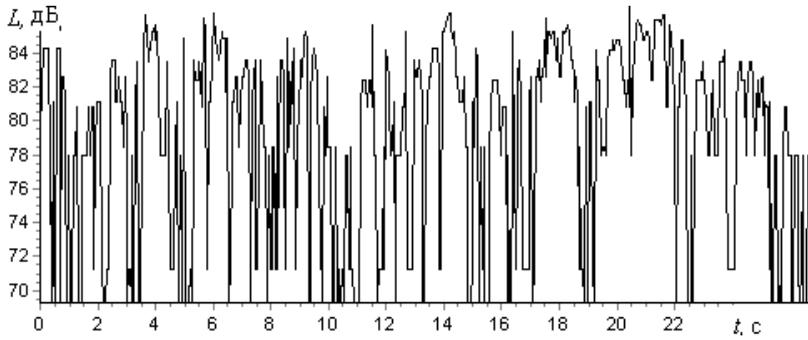
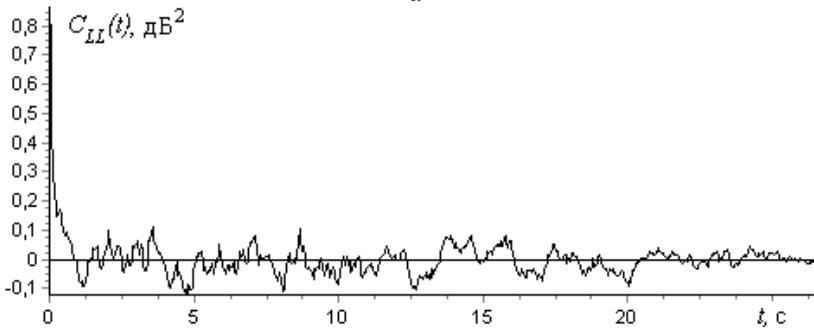


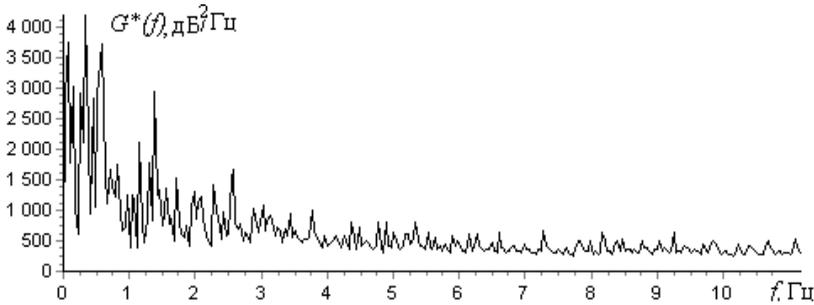
Рис. 20.5.2.1. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 5: уровни звукового давления  $L$ , Pa (5\_L\_Pa\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)



*a*

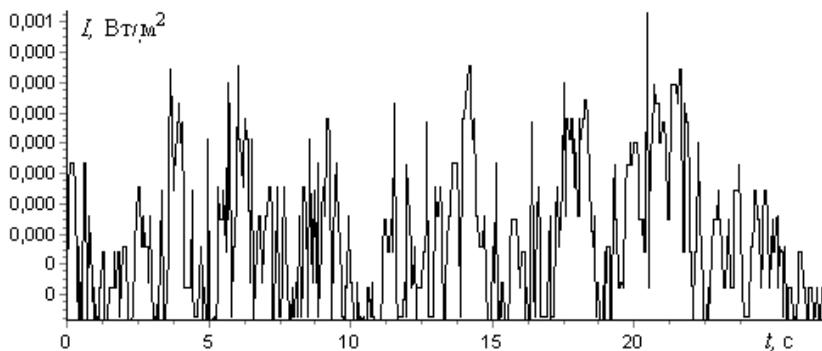


*б*

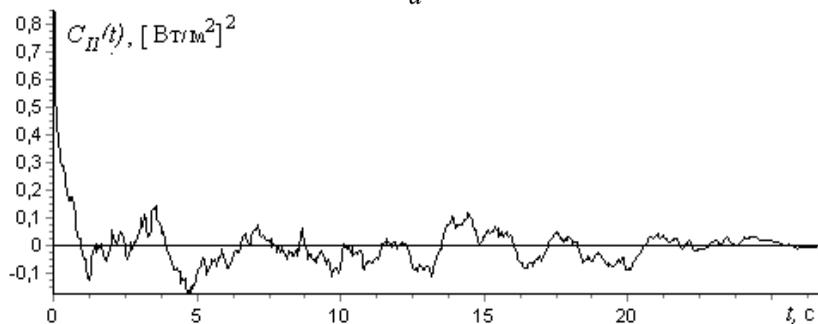


*в*

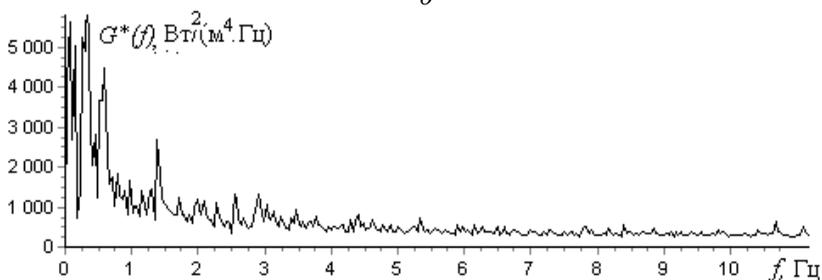
Рис. 20.5.2.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 5: уровни звукового давления  $L$ , дБ (5\_ЛдБ\_окт81к) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)



*a*



*б*



*в*

Рис. 20.5.2.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 5: интенсивность звукового давления  $I$ , Вт/м<sup>2</sup> (5\_I\_Втм<sup>2</sup>\_окт81к) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

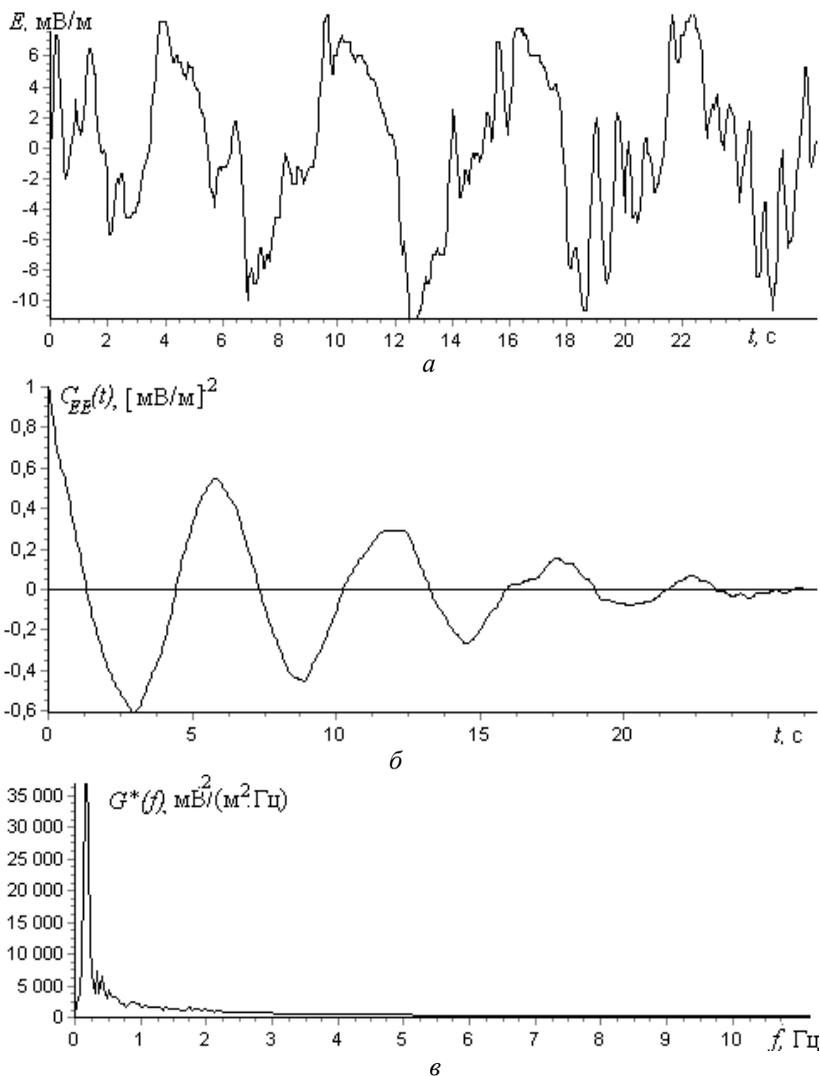


Рис. 20.5.2.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 5: напряженность электрического поля  $E$ , В/м (5\_E В/м\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

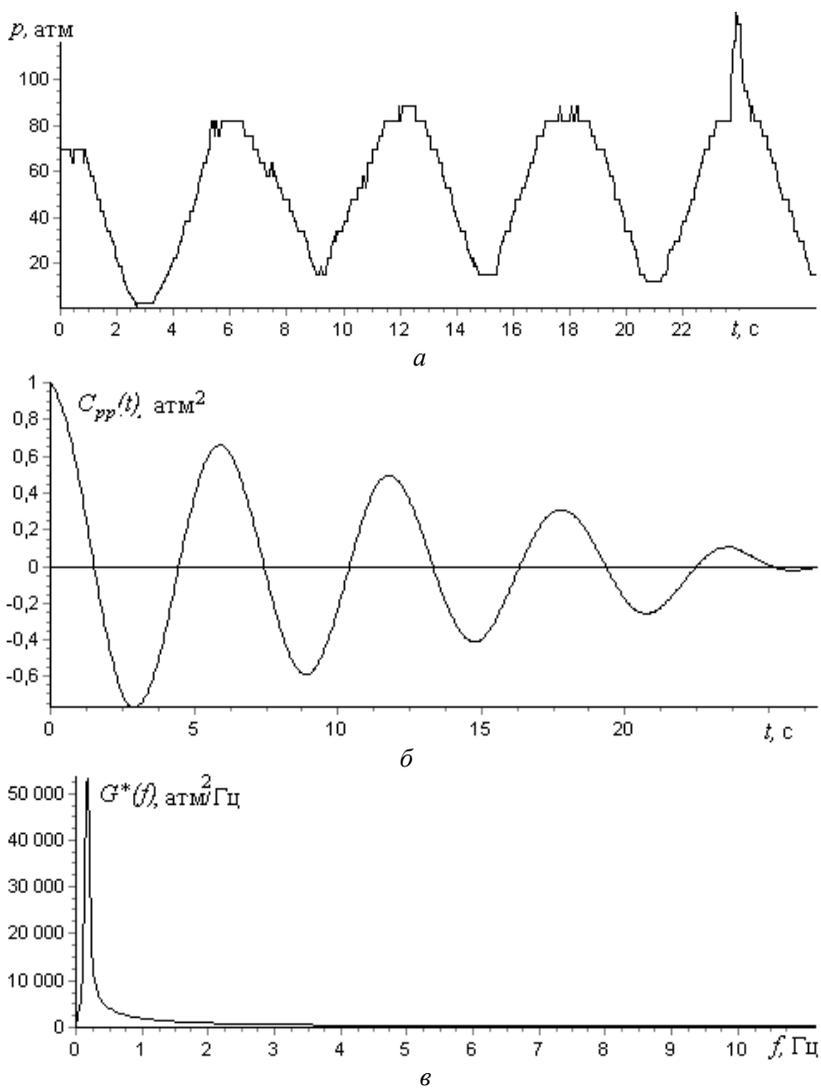
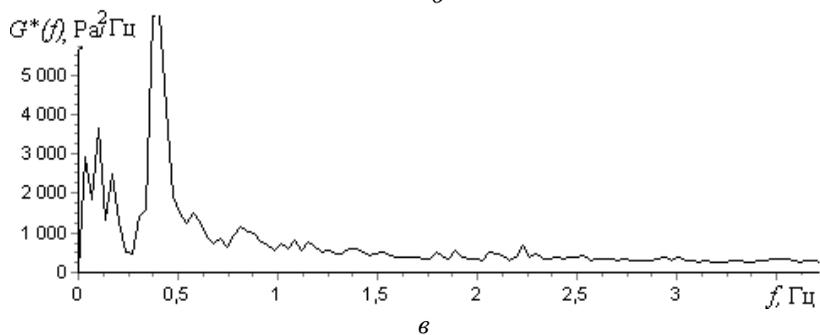
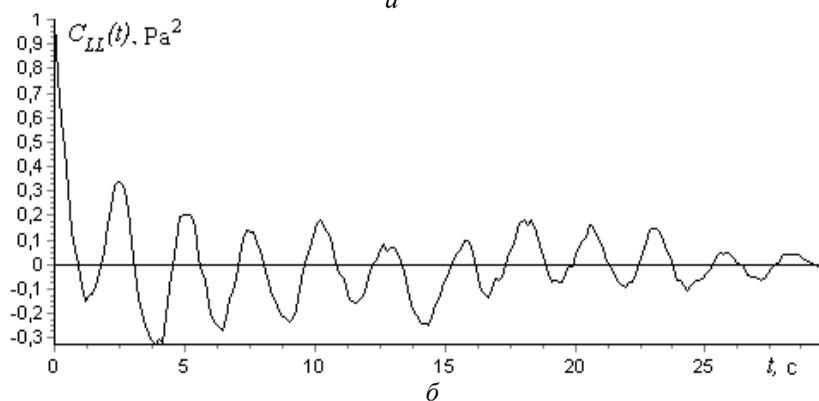
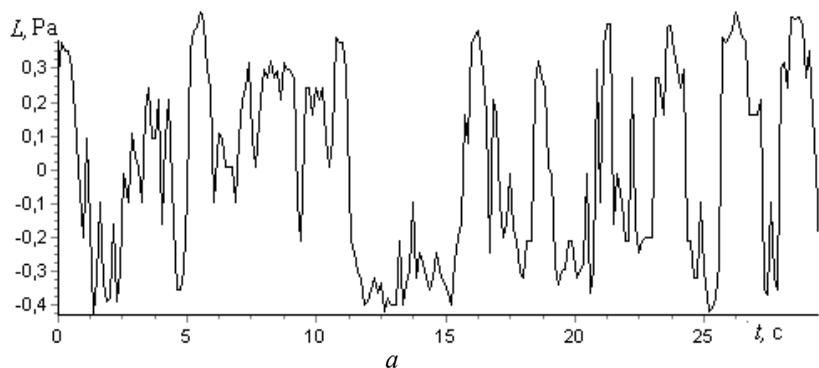


Рис. 20.5.2.5. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 5: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ (5\_p\_атм\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)



6

Рис. 21.6.1.1. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 6: уровни звукового давления  $L$ , Pa (6\_L\_Pa\_окт81p) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

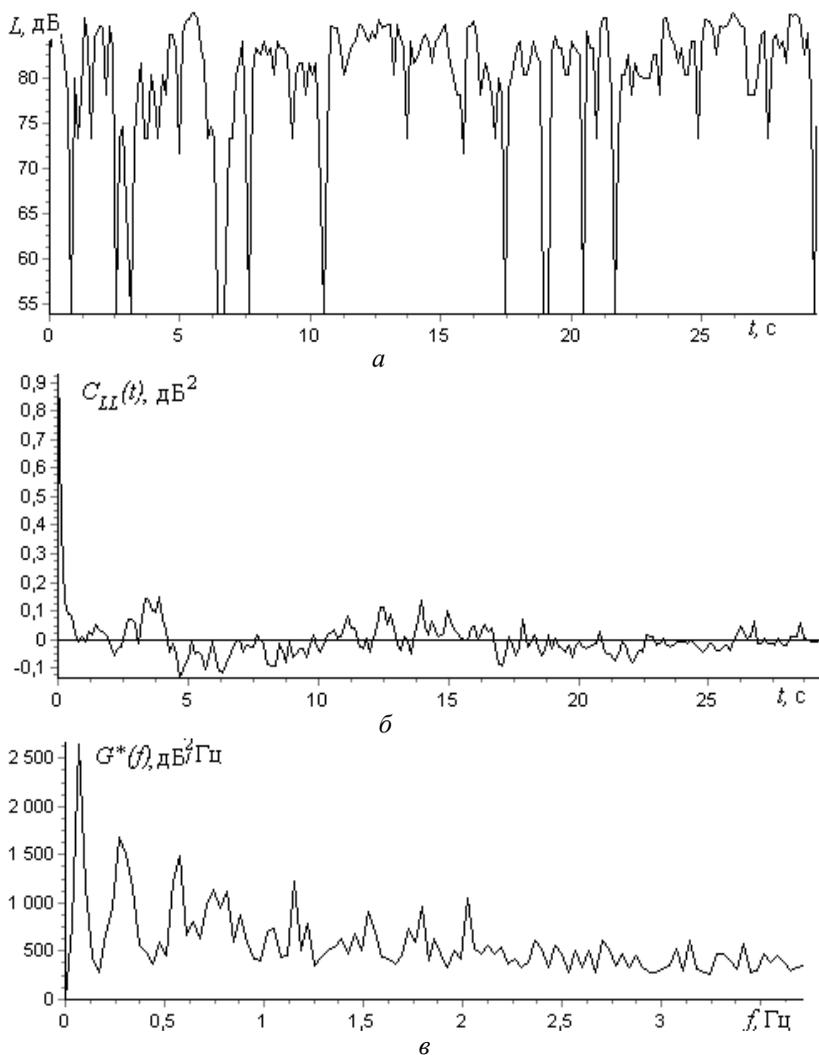
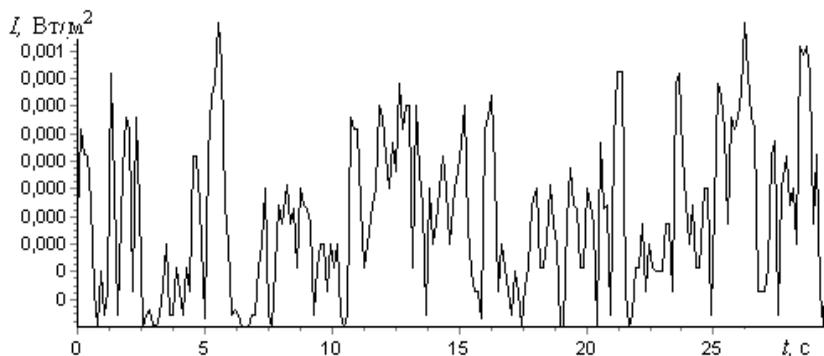
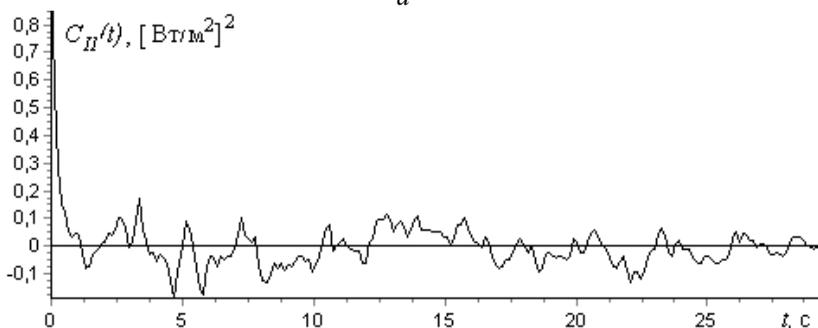


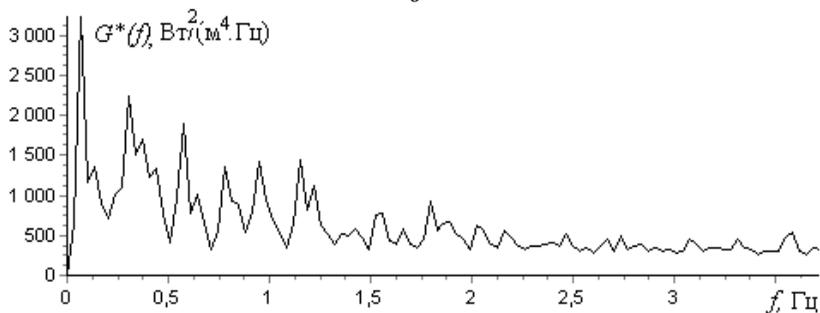
Рис. 21.6.1.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок б: уровни звукового давления  $L$ , дБ (6\_ЛдБ\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)



*a*



*б*



*в*

Рис. 21.6.1.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок б: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{Вгм}^2$  ( $6\_I\_Вгм^2\_окт81р$ ) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

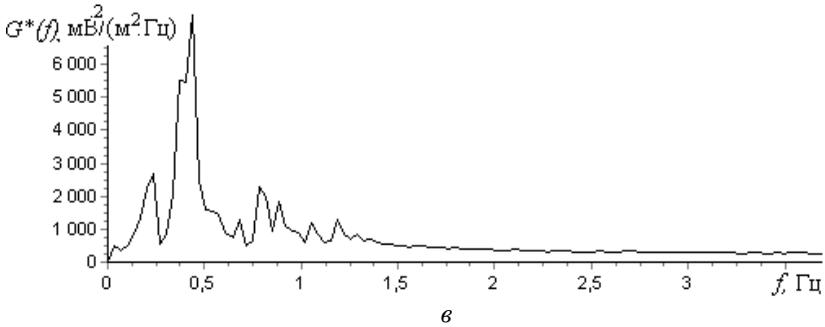
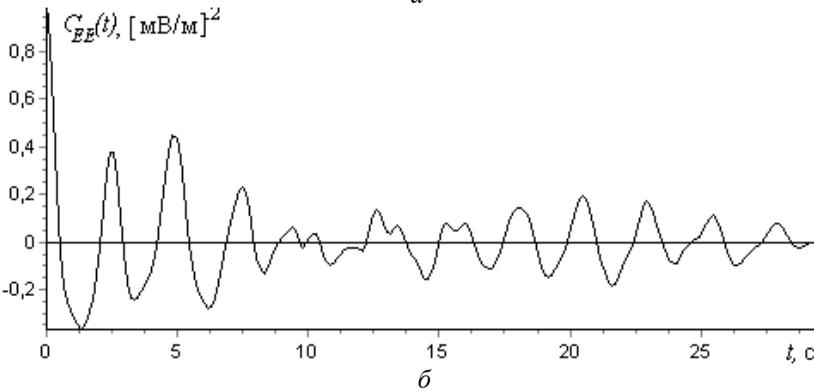
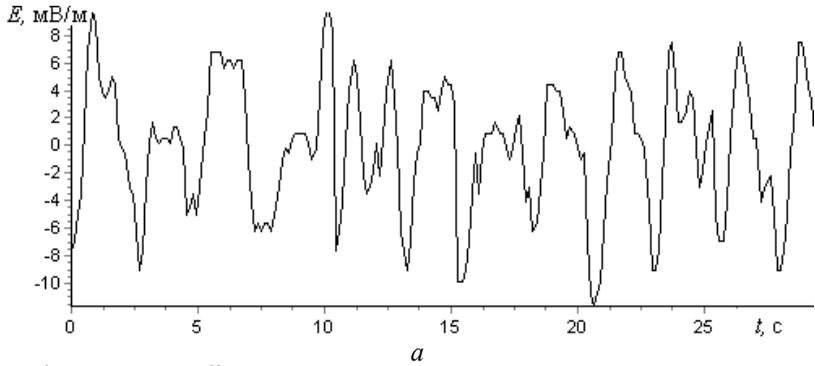


Рис. 21.6.1.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок б: напряженность электрического поля  $E$ , В/м ( $6\_E$  В/м\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

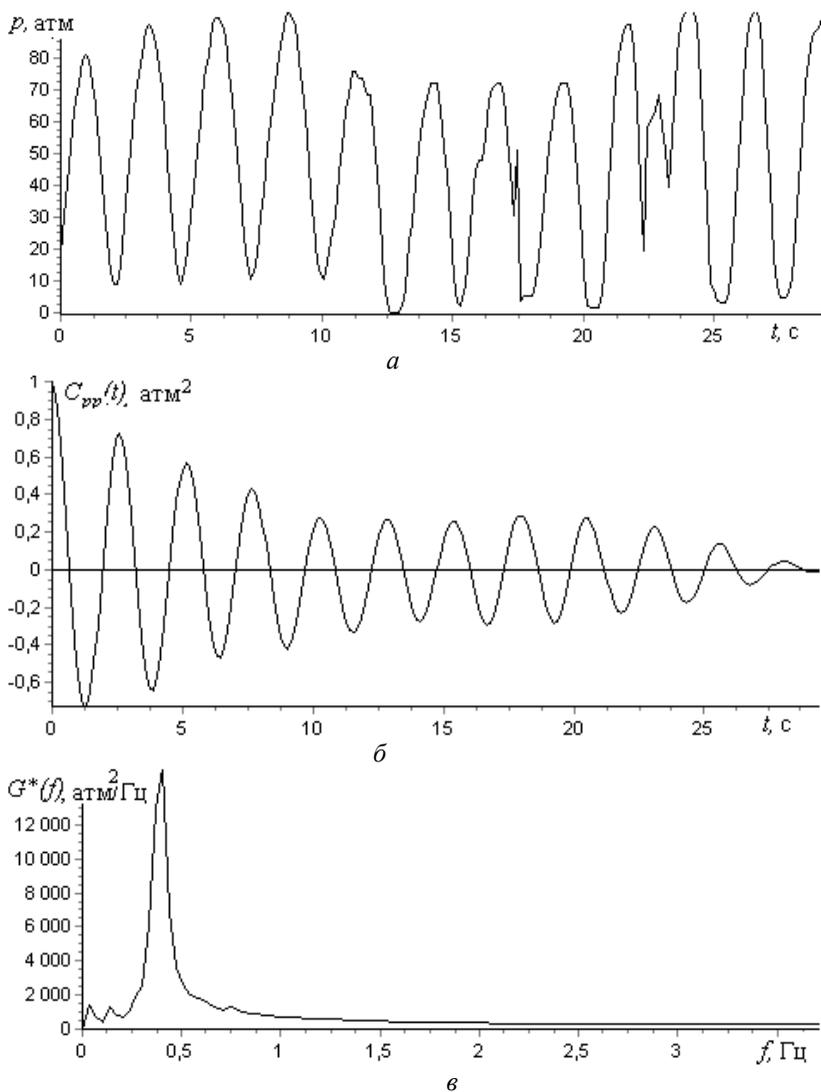


Рис. 21.6.1.5. Запись регистрации 31.10. 81. Участок б: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ (6\_p\_атм\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

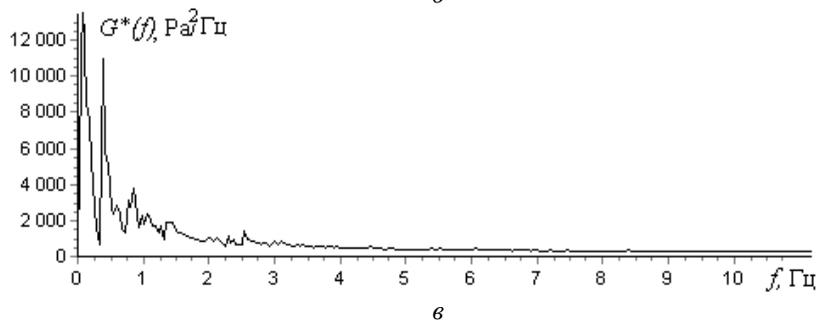
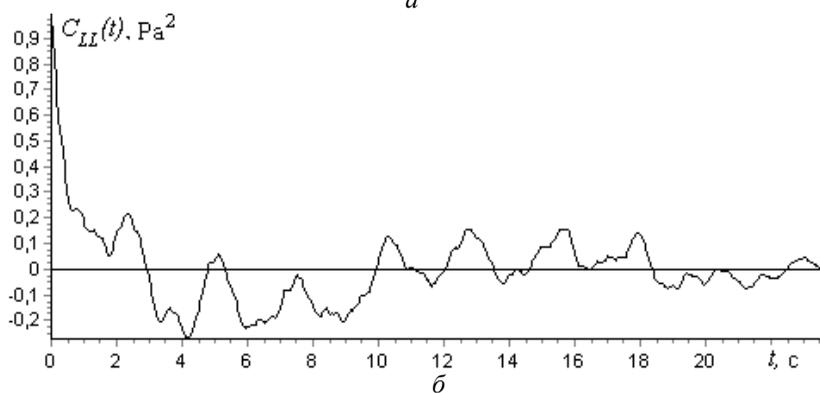
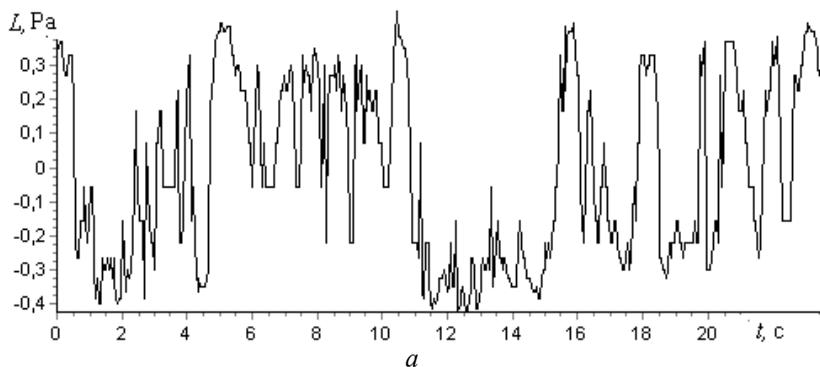


Рис. 21.6.2.1. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 6: уровни звукового давления  $L$ , Па (6\_L\_Pa\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

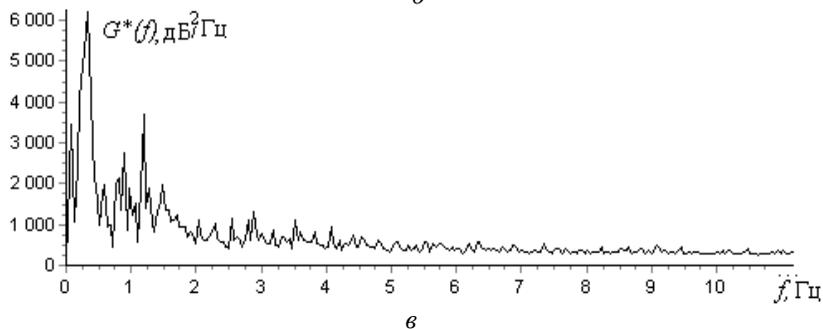
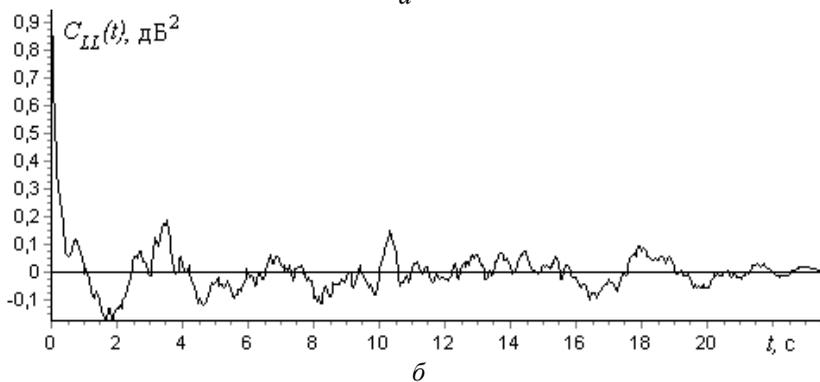
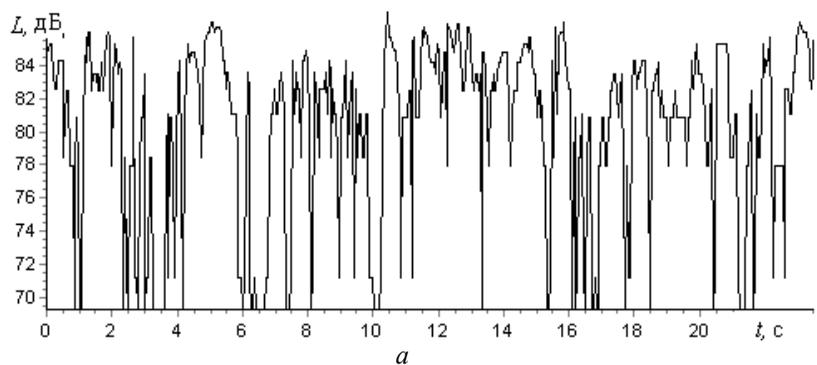


Рис. 21.6.2.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок б: уровни звукового давления  $L$ , дБ (6\_ЛдБ\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

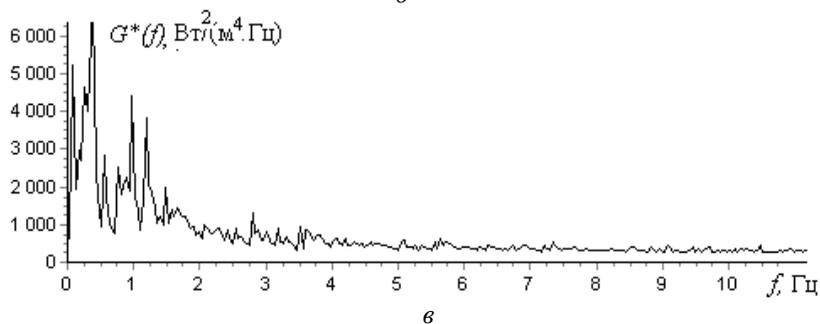
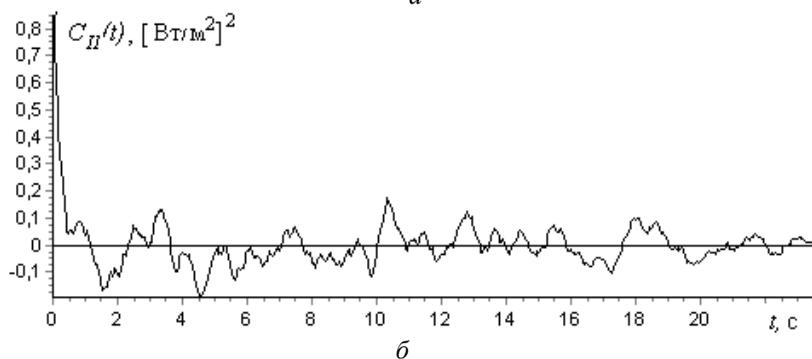
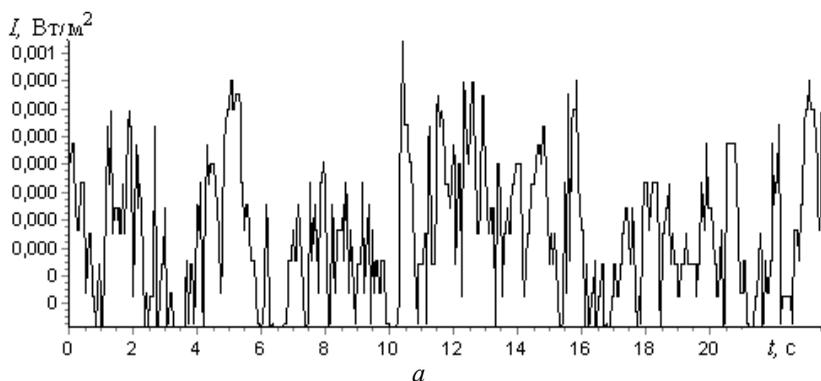


Рис. 21.6.2.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 6: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{Вт/м}^2$  (6\_I\_Втм²\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

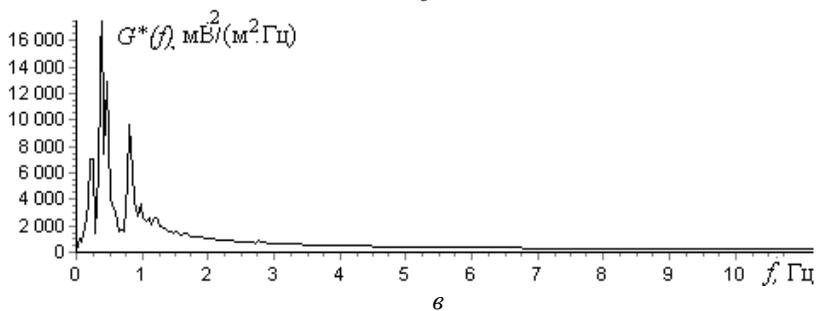
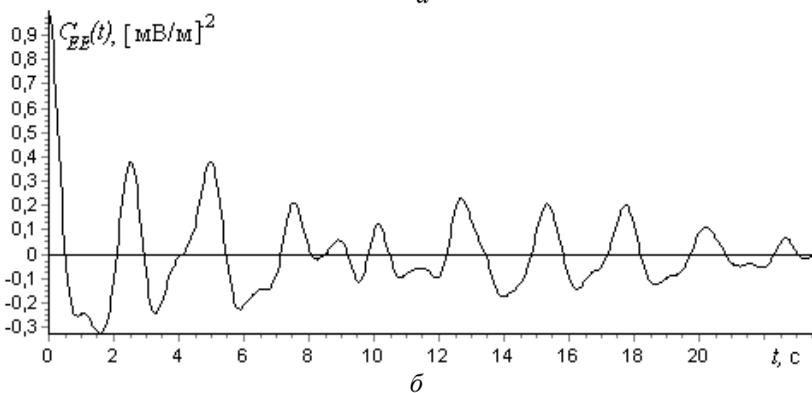
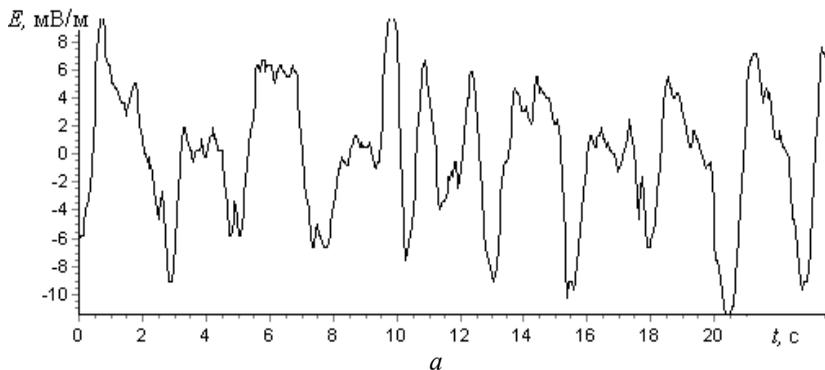


Рис. 21.6.2.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок б: напряженность электрического поля  $E$ , В/м б\_Е В/м\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (е)

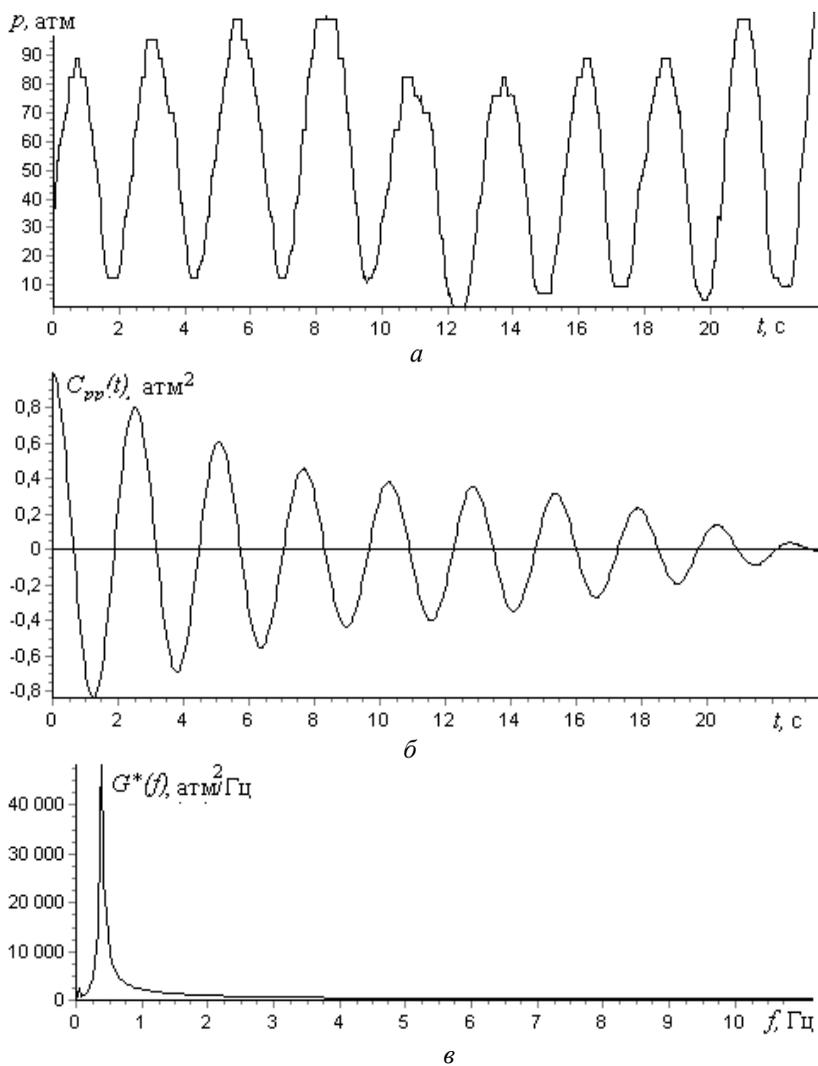


Рис. 21.6.2.5. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка б: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ (6\_p\_атм\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

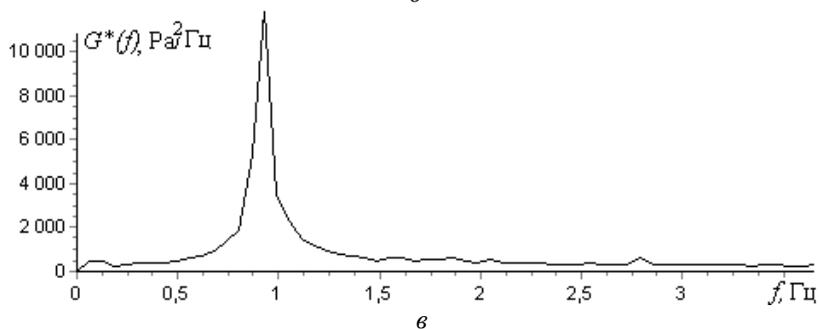
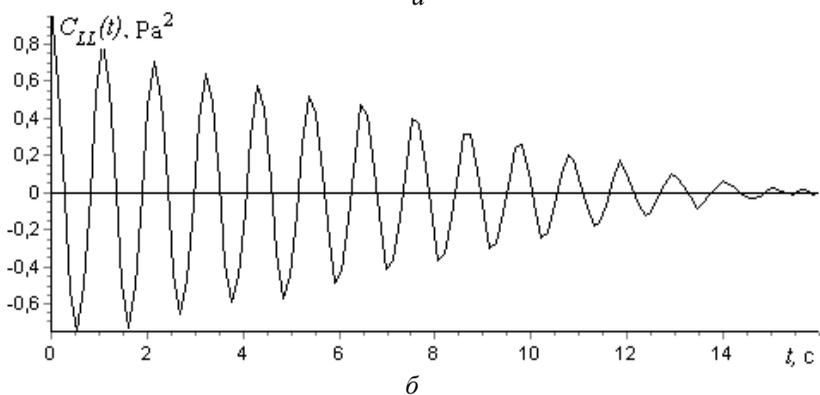
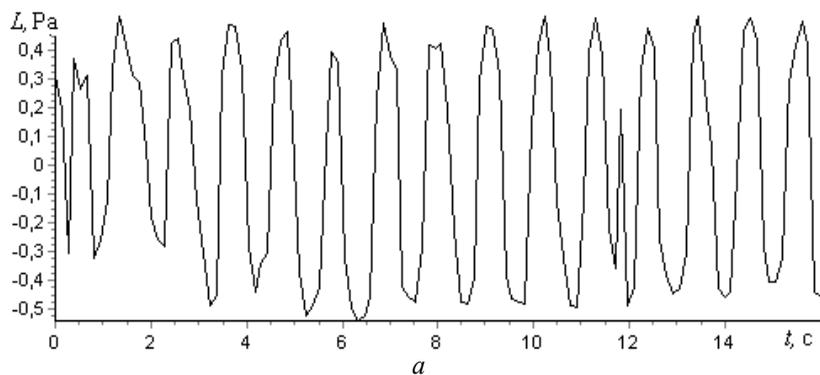


Рис. 22.7.1.1. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 7: уровни звукового давления  $L$ , Pa (7\_L\_Pa\_окт81p) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

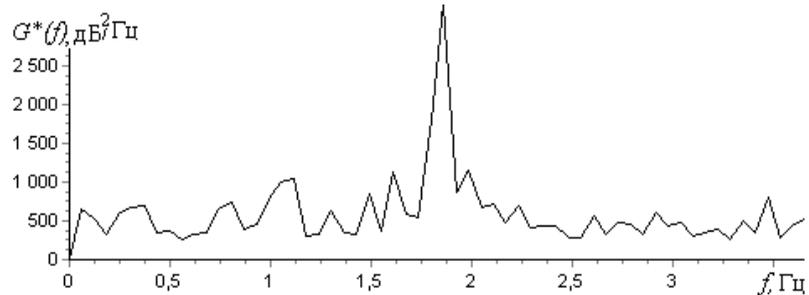
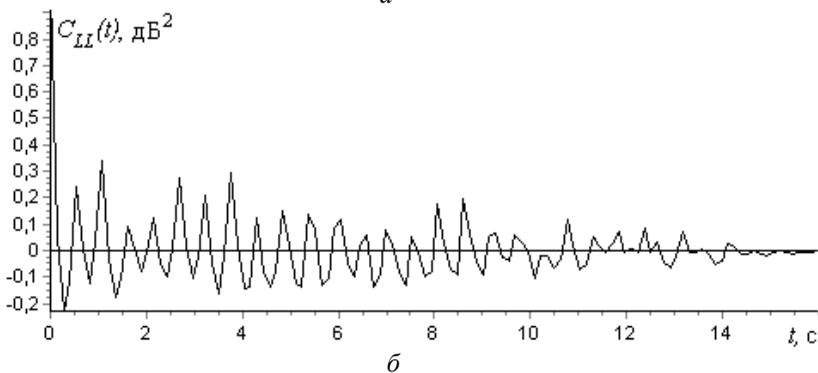
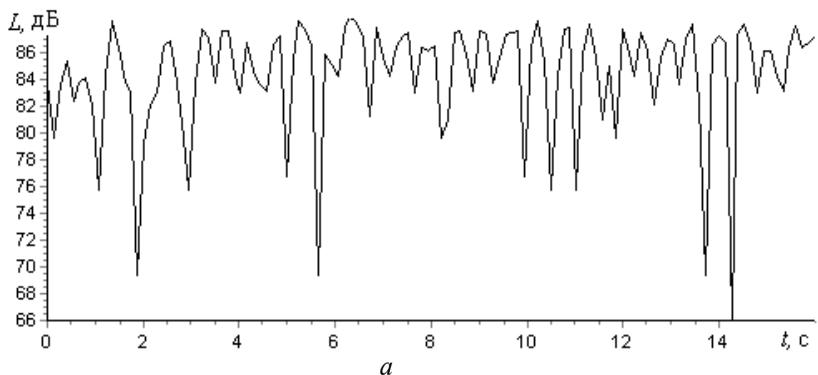


Рис. 22.7.1.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 7: уровни звукового давления  $L$ , дБ (7\_LдБ\_окт81p) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

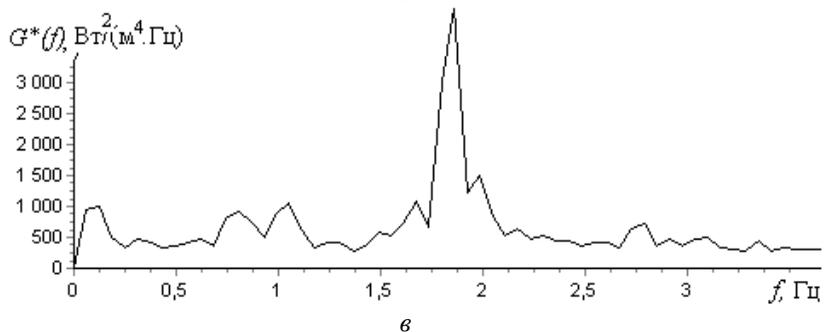
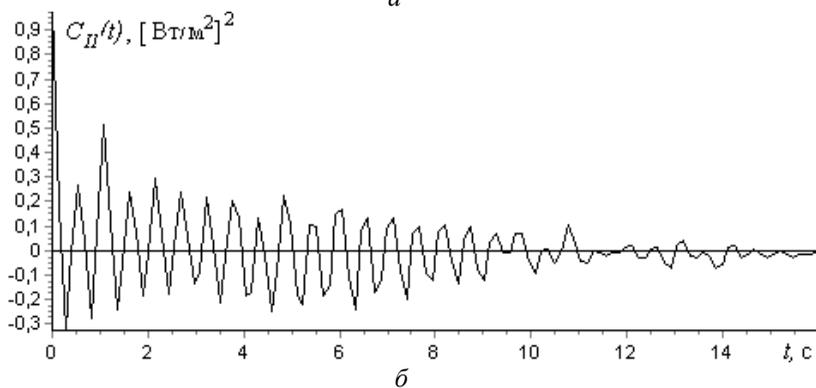
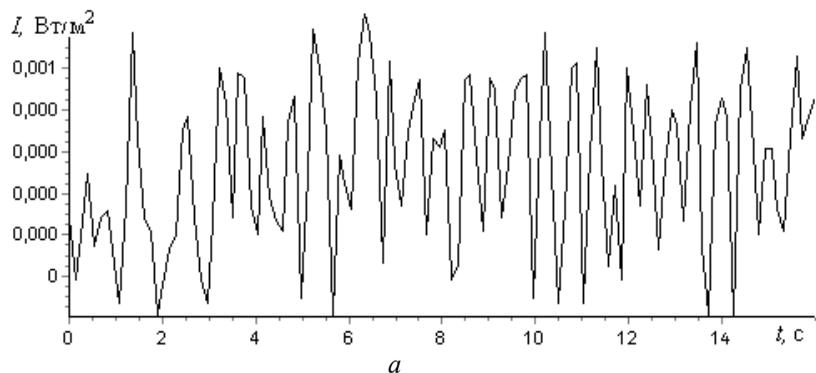


Рис. 22.7.1.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 7: интенсивность звукового давления  $I$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  (7\_I\_Втм²\_окт81р) после ручной обработки табулятором (а), АКФ (б); СПМ (в)

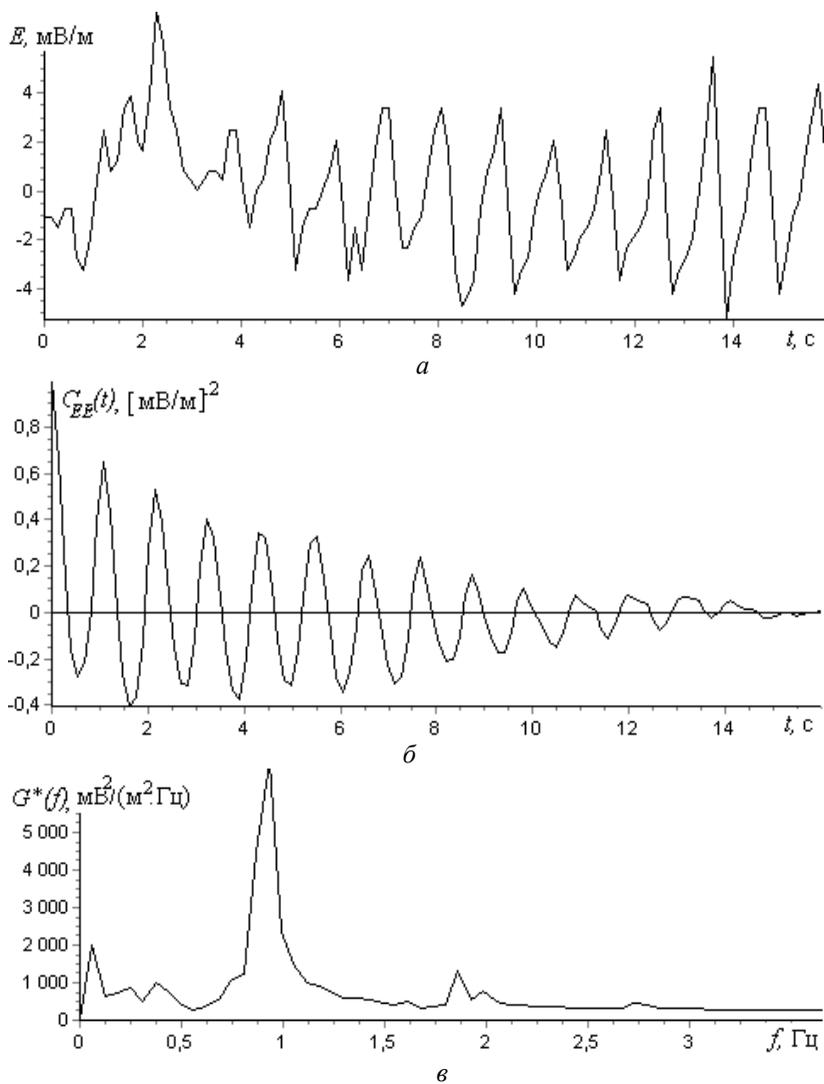


Рис. 22.7.1.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 7: напряженность электрического поля  $E$ , В/м ( $7\_E \text{ В/м\_окт81р}$ ) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

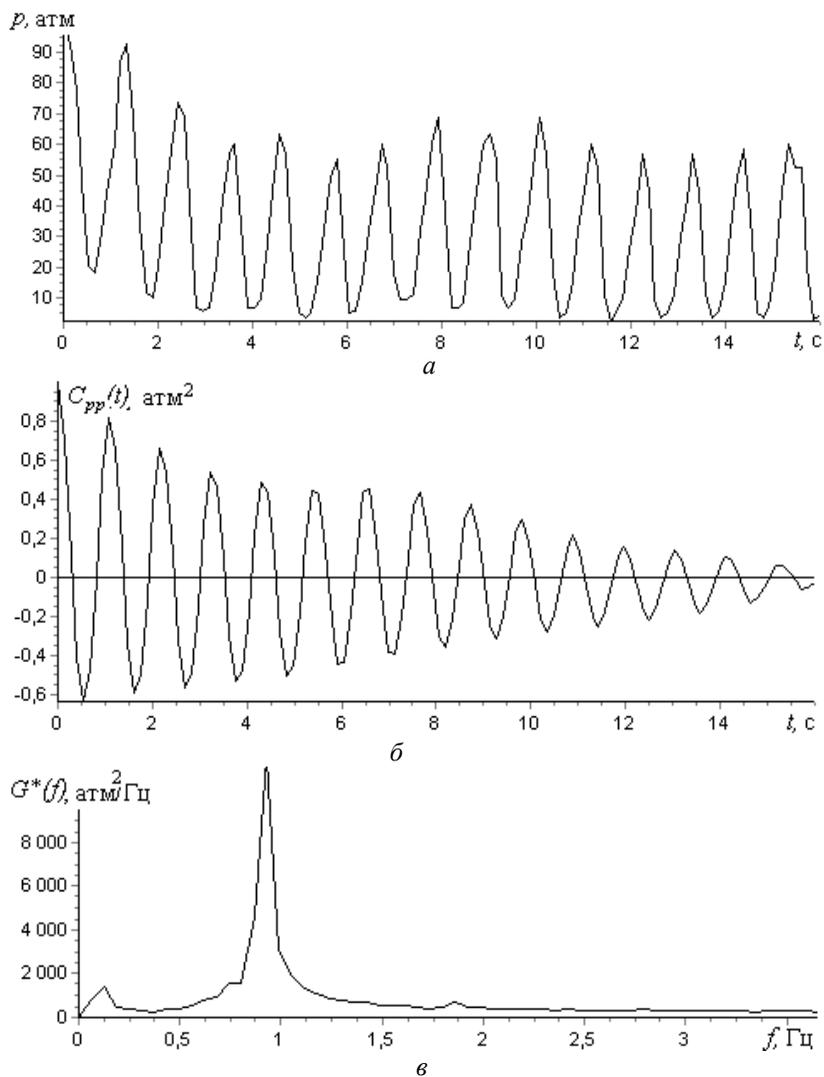


Рис. 22.7.1.5. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 7: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ (7\_p\_атм\_окт81р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

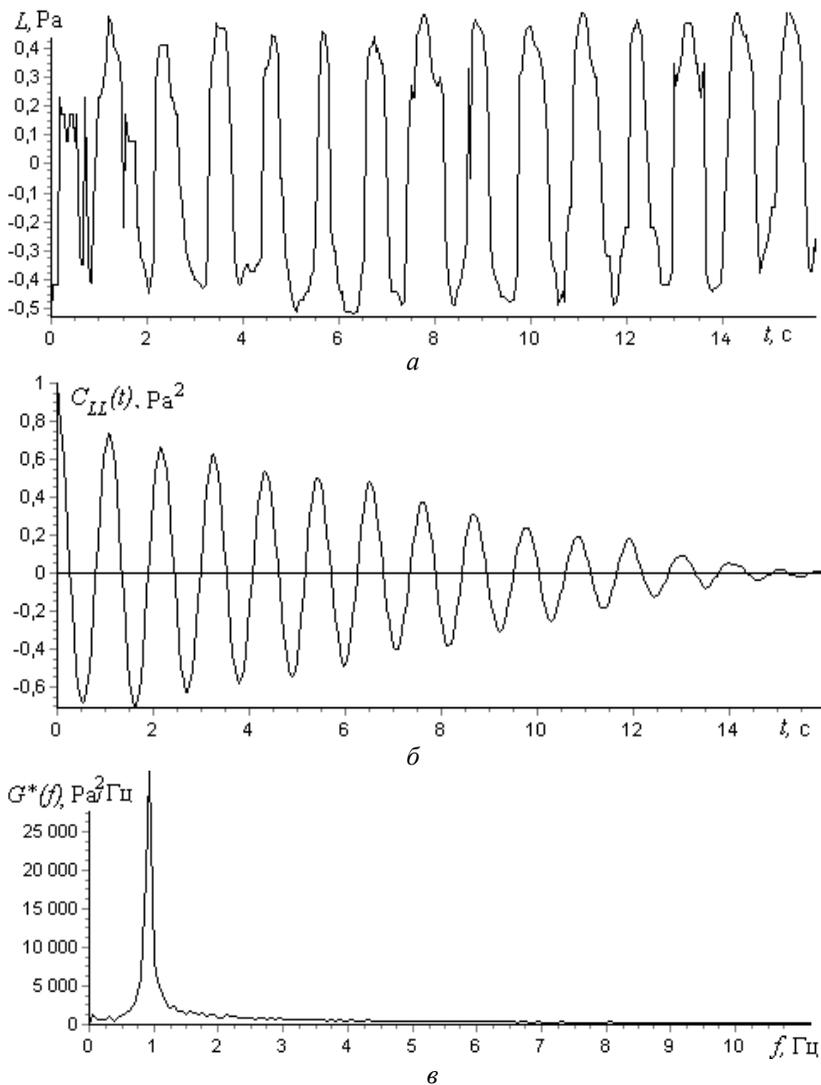


Рис. 22.7.2.1. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 7: уровни звукового давления  $L, \text{Pa}$  ( $7\_L\_Pa\_окт81к$ ) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

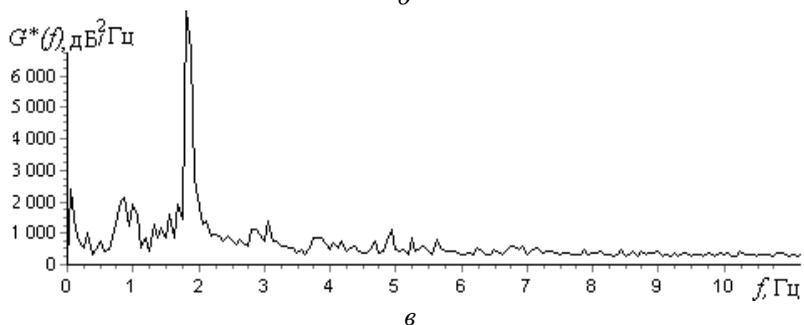
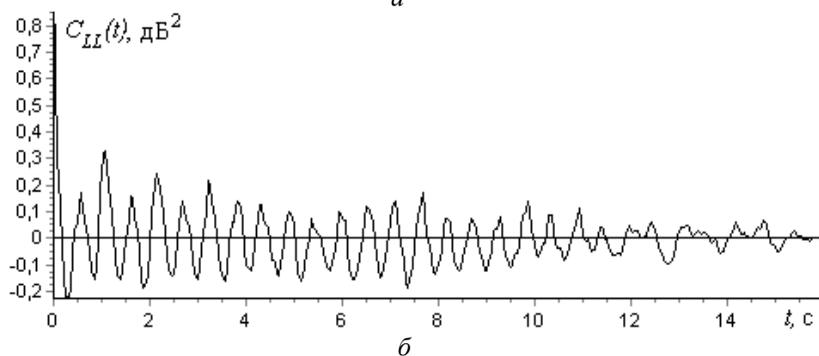
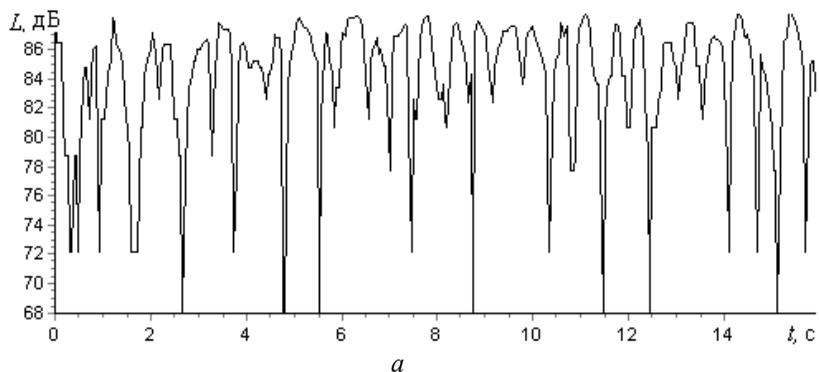


Рис. 22.7.2.2. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 7: уровни звукового давления  $L$ , дБ (7\_ЛдБ\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

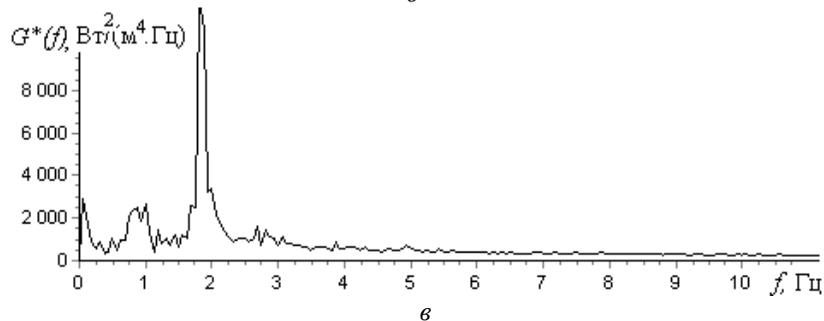
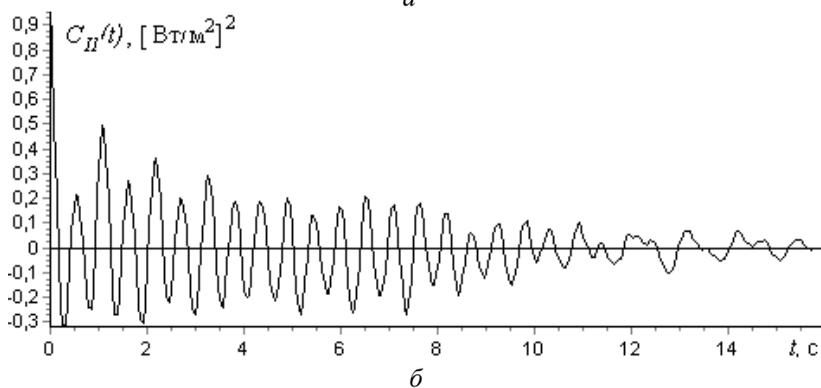
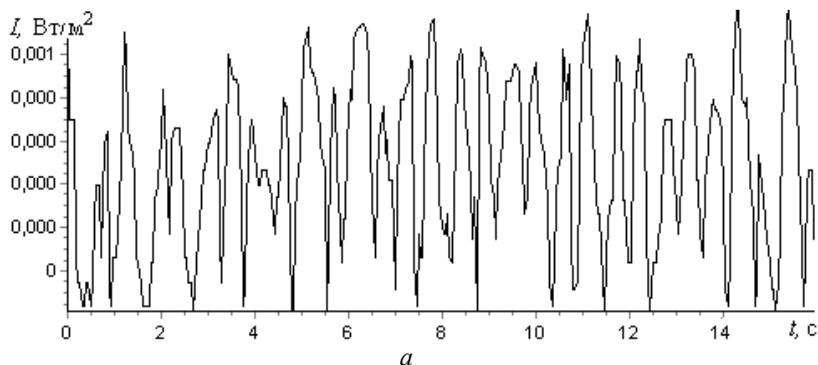


Рис. 22.7.2.3. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 7: интенсивность звукового давления  $I$ , Вт/м<sup>2</sup> (7\_I\_Втм<sup>2</sup>\_окт81к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

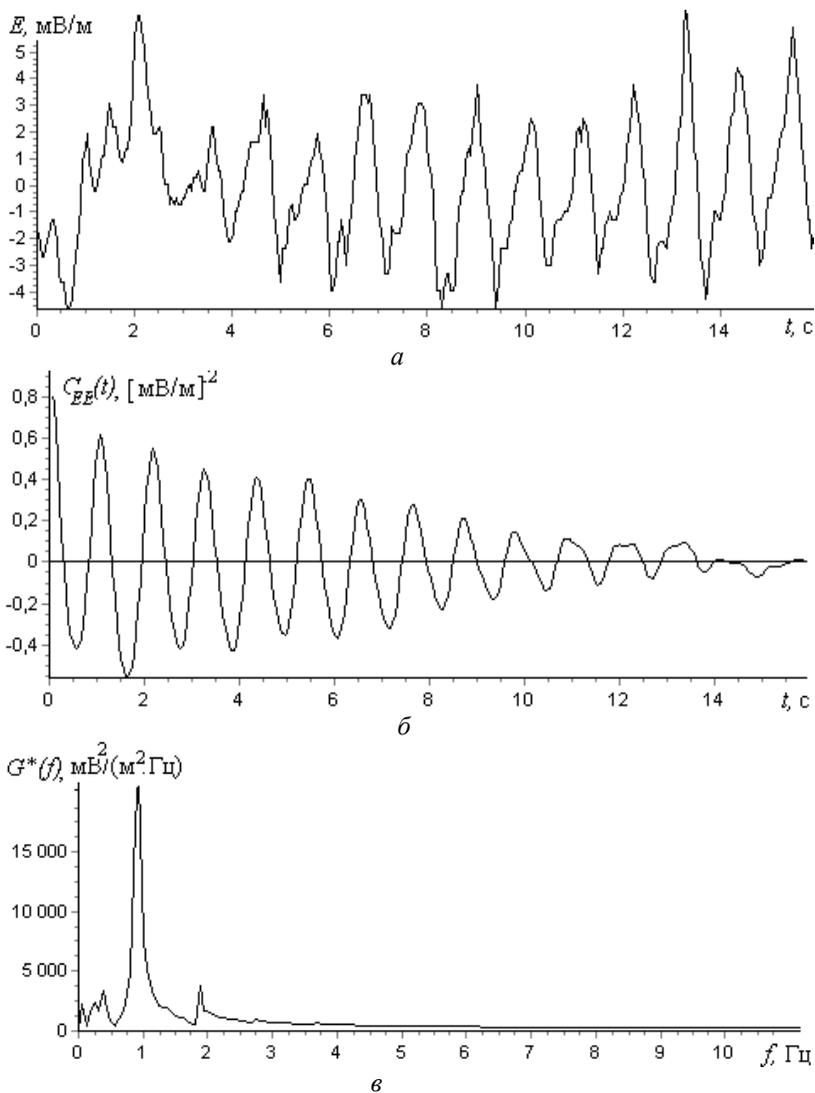


Рис.22.7.2.4. Запись регистрации 31.10. 81. Участок 7: напряженность электрического поля  $E$ , В/м ( $7\_E$  В/м\_окт81к) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

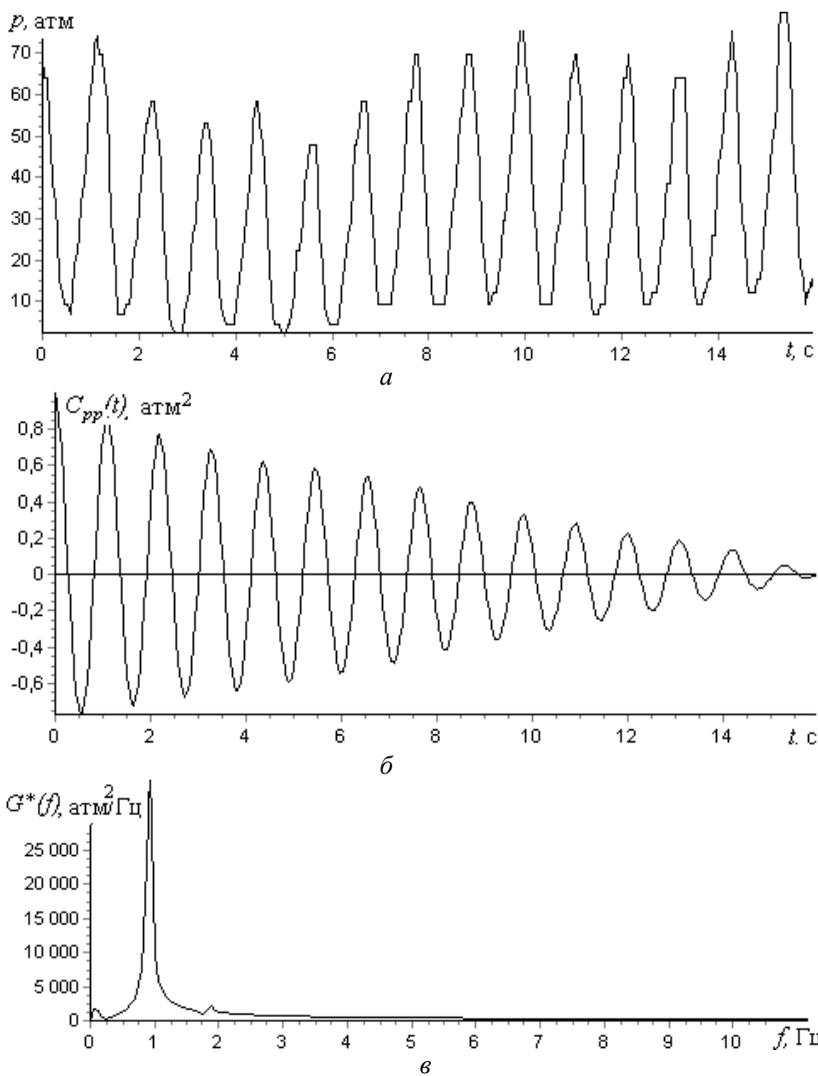


Рис. 22.7.2.5. Запись регистрации 31.10. 81. Компьютерная версия участка 7: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ (7\_р\_атм\_окт81к) после цифровой обработки (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

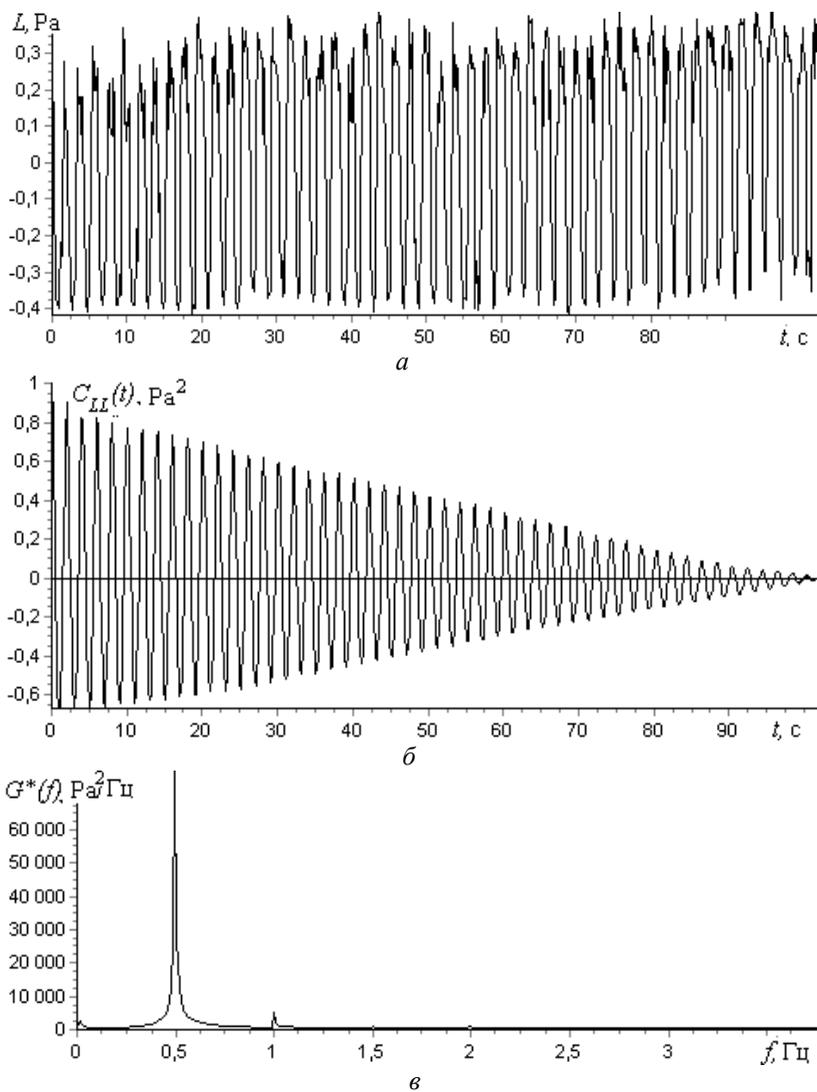


Рис. 23.Pod.1.1. Запись регистрации 25.09.84. Участок Pod: уровни звукового давления  $L, \text{Pa}$  (Pod\_L\_Pa\_сент84р) после ручной обработки таблютором (а), АКФ (б); СПМ (в)

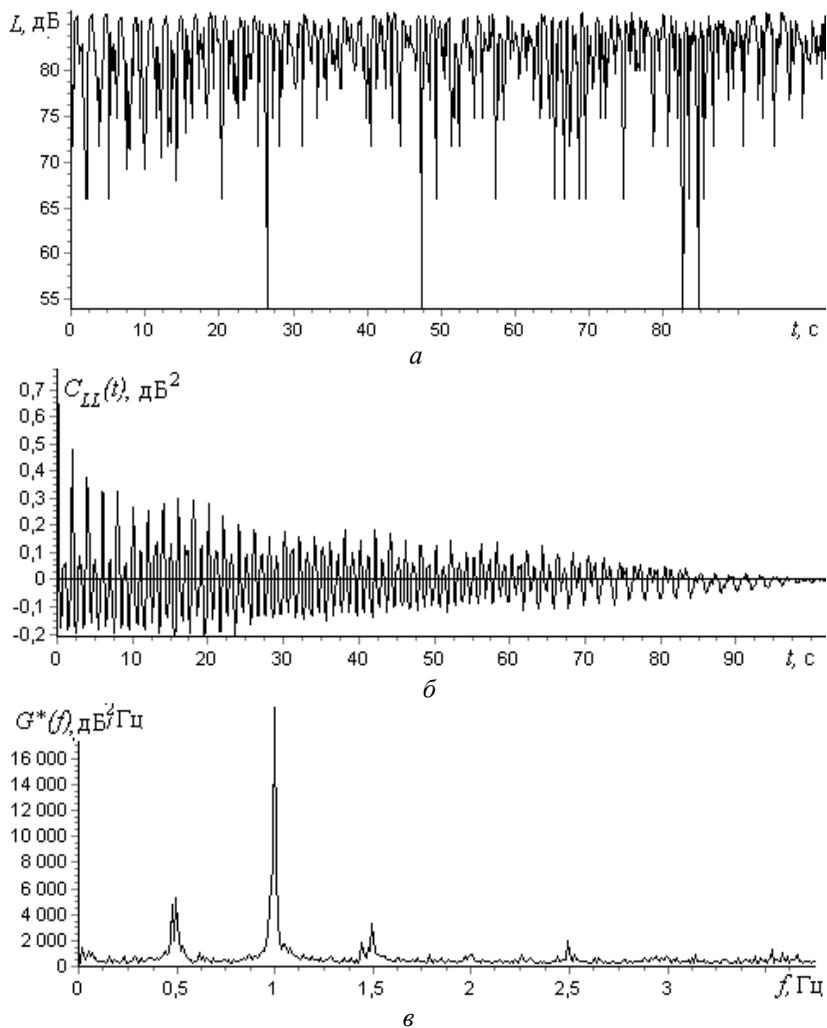


Рис. 23. Pod.1.2. Запись регистрации 25.09.84. Участок Pod: уровни звукового давления  $L$ , дБ (Pod\_LдБ\_сент84р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

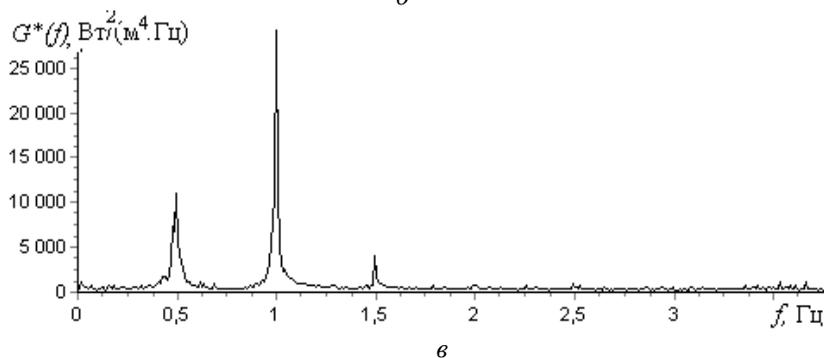
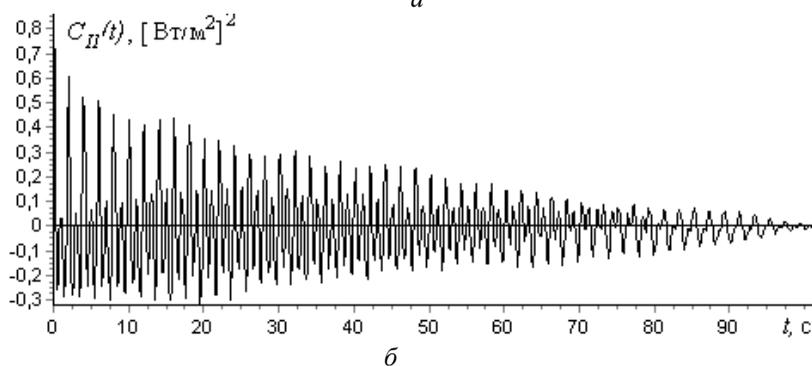
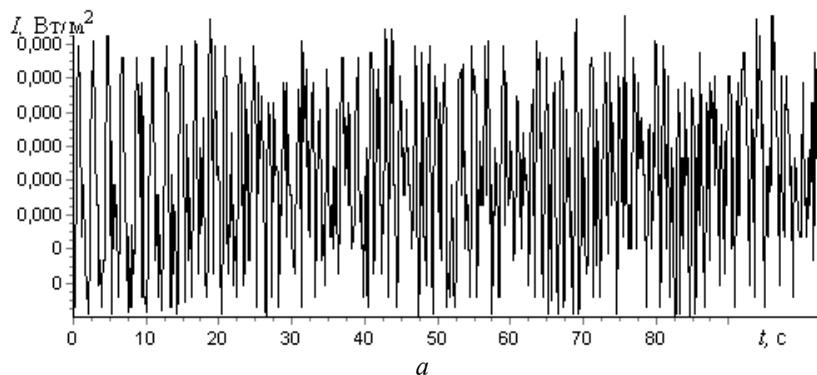


Рис. 23.Pod.1.3. Запись регистрации 25.09.84. Участок Pod: интенсивность звукового давления  $I$ , Вт/м<sup>2</sup> (Pod\_I\_Втм<sup>2</sup>\_сент84р) после ручной обработки табулятором (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

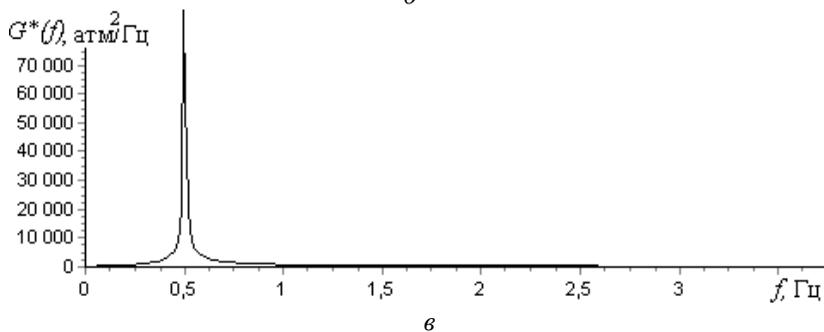
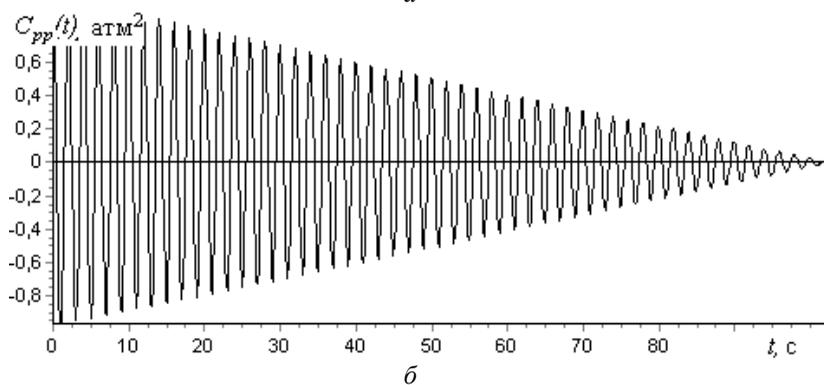
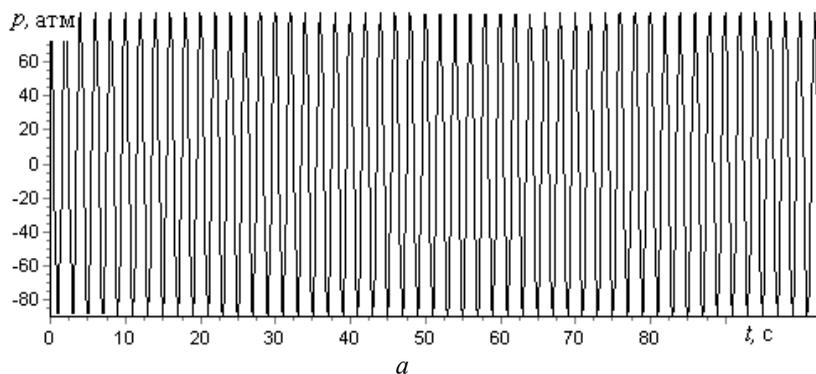


Рис. 23.Род.1.5. Запись регистрации 25.09.84. Компьютерная версия участка Род: давление  $p$ , атм подачи топлива на форсунки ТУМ (Род\_р\_атм\_сент84к) после цифровой обработки (а), АКФ (б); СПМ (в)

**Помеховая обстановка до опыта и после опыта.** На рис. 24 приведены участки записи помехи до (0) и после (8) опыта. С одной стороны можно сказать, что продублирован рис. 12 *а, б*, но с другой стороны на рис. 12 приводится общий вид участка ленты, а на рис. 25 – 28 приводятся участки, подготовленные к обработке, и собственно результаты обработки, представленные в принятой форме. При этом участок помехи после опыта обозначен последовательно за участком 7 участком 8. Его не следует путать с участком 8 Род (см. табл. 8), который в таблице обозначен лишь как последовательный номер.

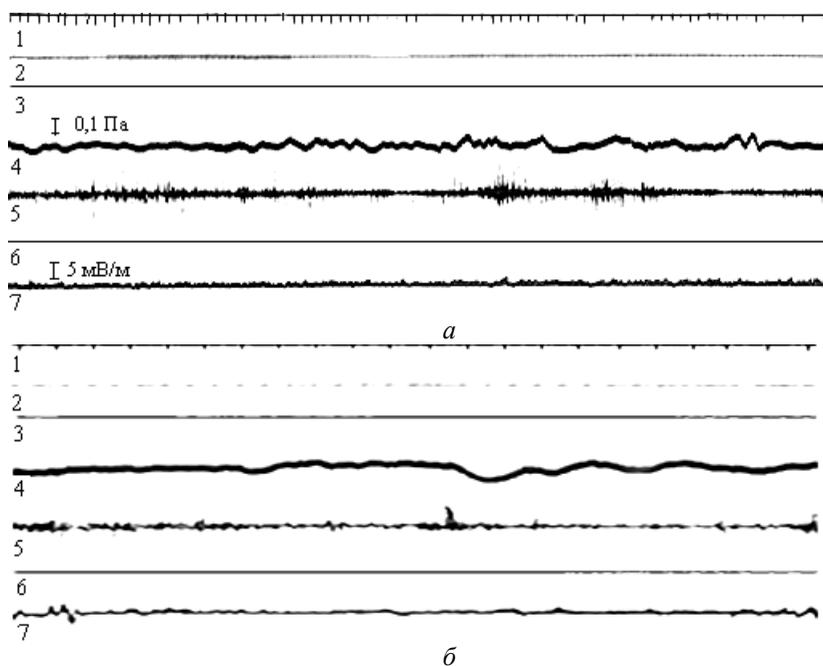
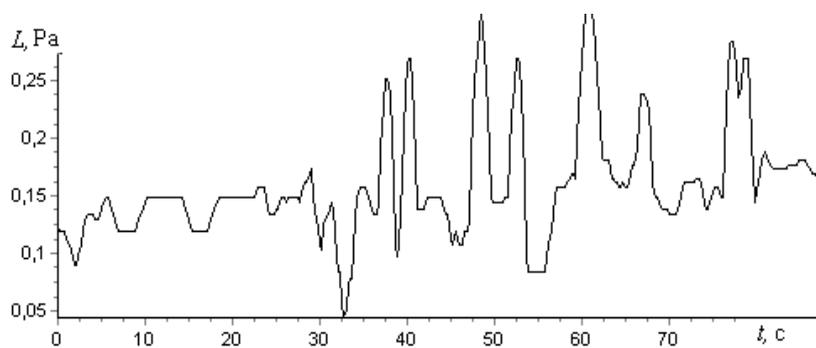
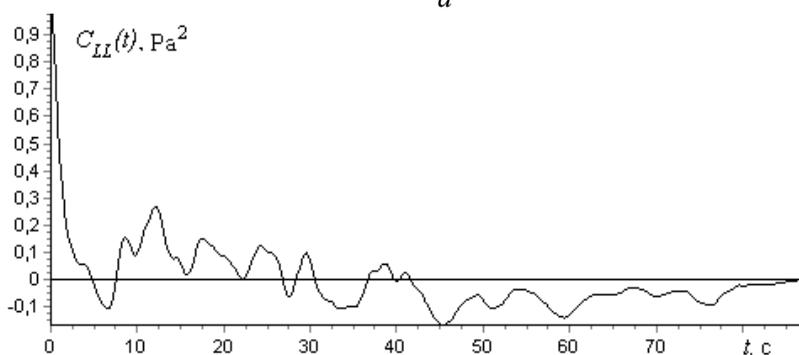


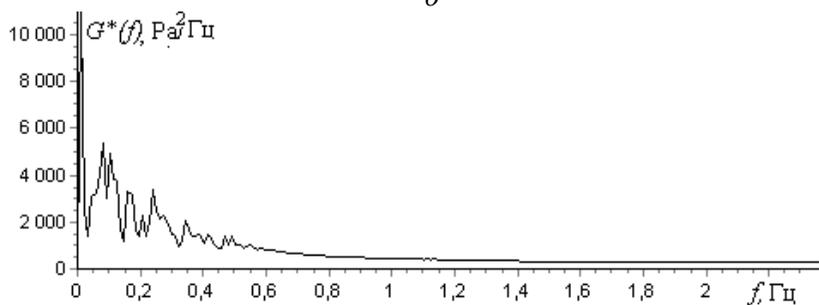
Рис. 24. Участок 0 диаграммы с ленты записи помехи до включения (*а*) и участок 8 после выключения (*б*) ТУМ V по всем шлейфам (каналам) регистрации опыта 31.10.81: 1 – метка времени СЕВ, 2 – давление подачи топлива на форсунки горелок ТУМ, 3 – 0-линия, 4 – инфразвуковое давление, 5 – звуковое давление, 6 – 0-линия, 7 – напряженность электрического поля



*a*



*б*



*в*

Рис. 25. Запись помехи до работы ТУМ 31.10. 81. Участок 0: уровни звукового давления  $L$ , Па (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

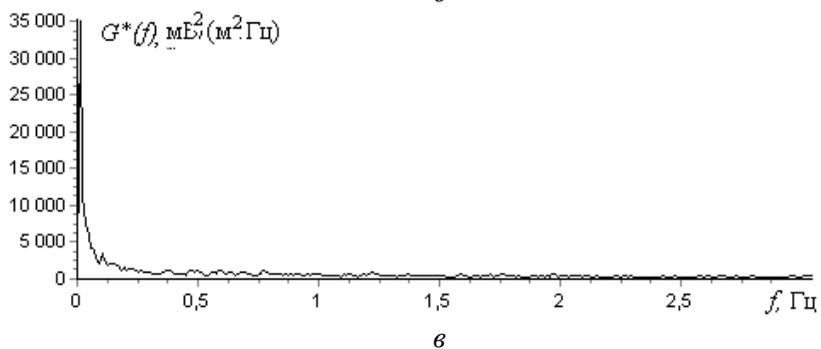
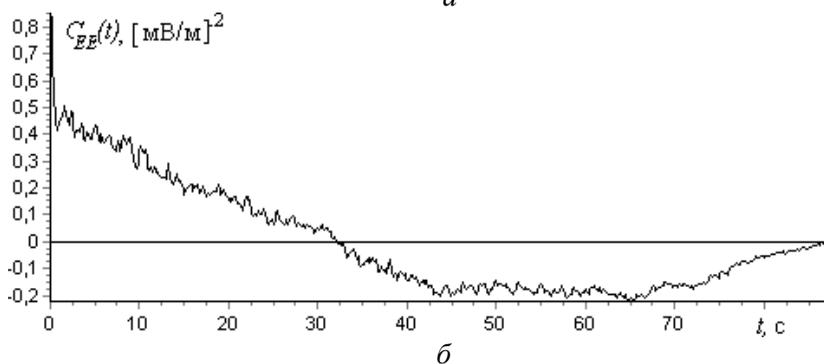
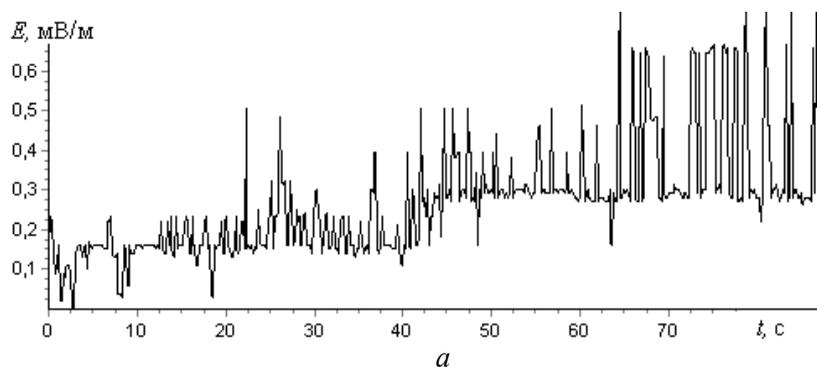


Рис. 26. Запись помехи до работы ТУМ 31.10. 81. Участок 0: напряженность электрического поля,  $E$ , В/м (а), АКФ (б); СПМ (в)

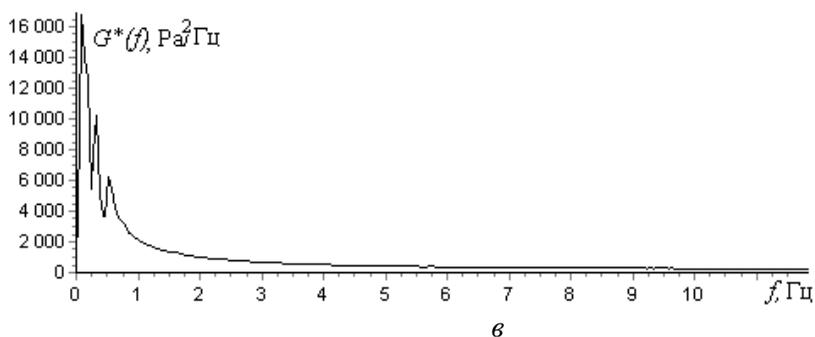
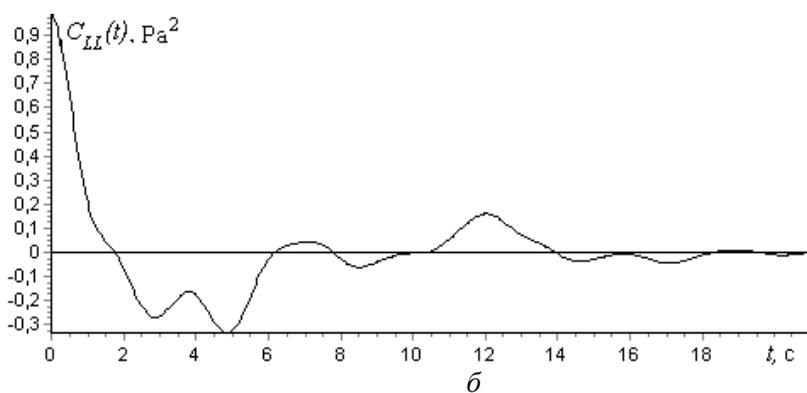
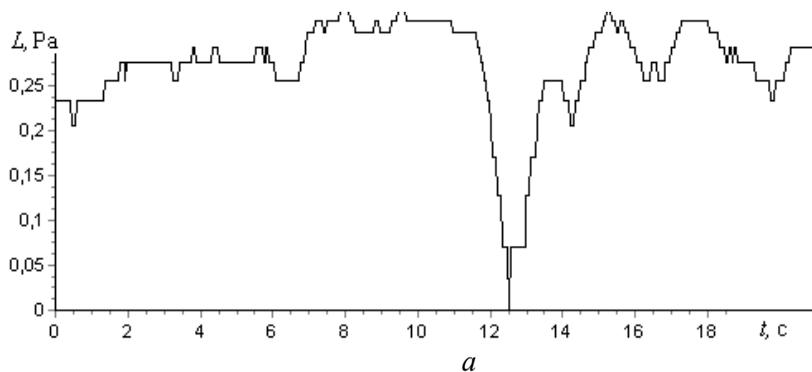


Рис. 27.1.1. Запись помехи после работы ТУМ 31.10. 81. Участок 8: уровни звукового давления  $L$ , Па (8помеха после работы  $L_{Pa\_окт81p}$ ) после ручной обработки увеличено (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

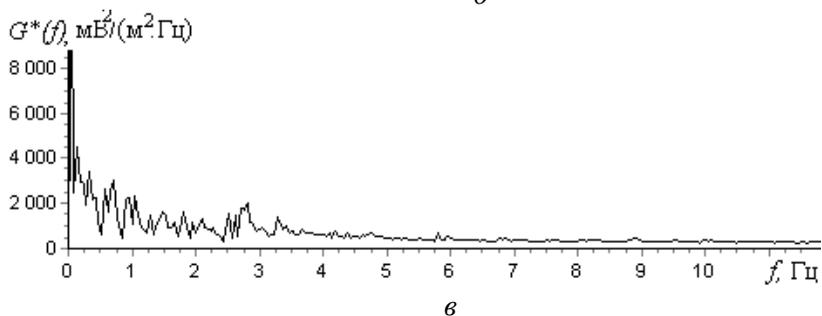
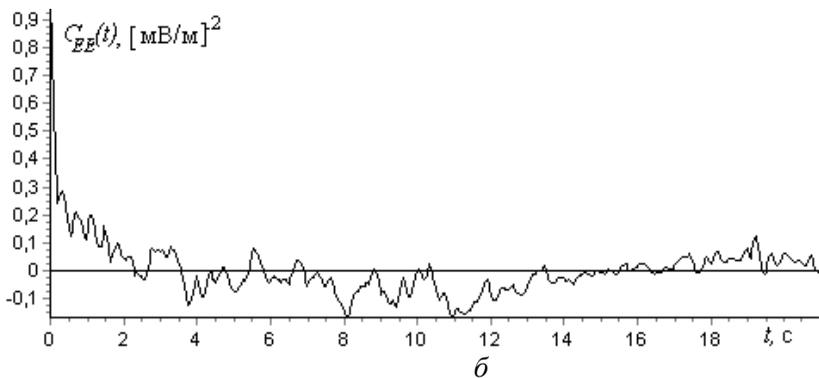
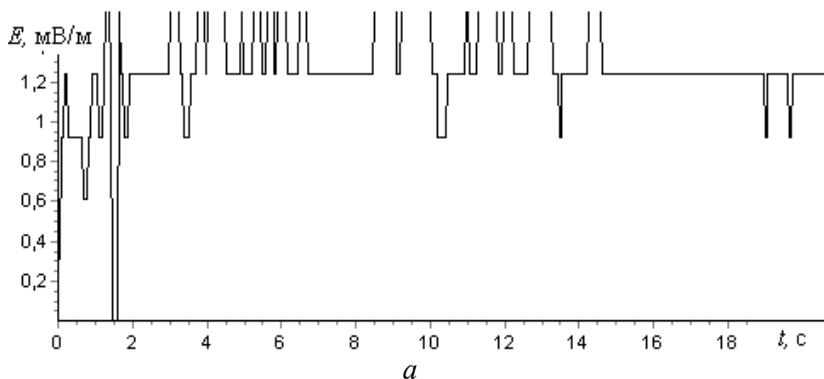


Рис. 28.8.1.4. Запись помехи после работы ТУМ 31.10. 81. Участок 8: напряженность электрического поля,  $E$ , В/м (8помеха после работы  $E$  В/м\_окт81р) после ручной обработки увеличено (*a*), АКФ (*б*); СПМ (*в*)

**Результаты корреляционного анализа.** Для проведения корреляционного анализа к результатам статистического анализа опыта 31.10.81. добавлен такой же осенний опыт по регистрации инфразвуковых колебаний при работе метеотрона при совместных экспериментальных работах с организациями г. Москвы и Подольска (Опыт 25.09.84. – 26.09.84). Данные по этому опыту (8 Pod) приведены в табл. 9. Режим работы метеотрона: стационарный с переходом на переменный с частотой автоматической модуляции (глубиной до 100%) давления топлива на выходе из форсунок  $f_m = 0,5$  Гц [1]. Регистрируемые динамические процессы: давление  $p(t)$  подачи топлива на форсунки горелок ТУМV, уровни инфразвукового давления  $L(t)$ .

Таблица 9. Коэффициенты парной корреляции цифровых рядов соответствующих реализаций физических процессов (см. табл. 8)

| Участок  | 1        | 2     | 3        | 4                     | 5                     | 6                     | x                     | 7                             |
|----------|----------|-------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Режим    | Линейный | $p =$ | Линейный | $\langle f \rangle =$ |                               |
| процессы | рост $p$ | пост  | рост $p$ | 0,08 Гц               | 0,17 Гц               | 0,42 Гц               | 0,5 Гц                | $\langle f \rangle = 0,92$ Гц |
| $p - L$  | -0,103   | -     | 0,039    | -0,169                | -0,224                | 0,414                 | 0,768                 | 0,462                         |
| $p - E$  | 0,195    | -     | 0,057    | -0,336                | -0,240                | 0,474                 | -                     | 0,261                         |
| $L - E$  | -0,037   | 0,014 | 0,103    | 0,063                 | 0,244                 | 0,046                 | -                     | 0,676                         |

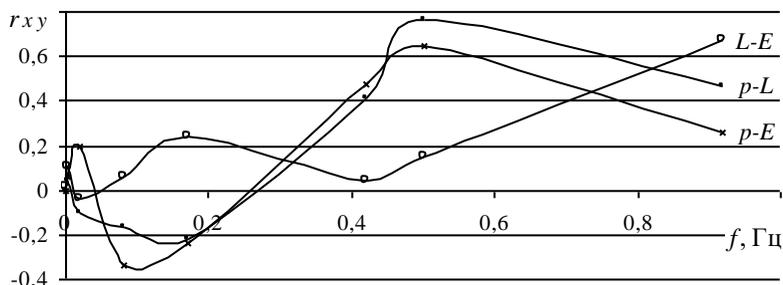
Для представления коэффициентов корреляции пар процессов на частотной оси в зависимости от режима работы ТУМ, расширим их ряд следующим образом. Сопоставим режим монотонного роста давления подачи топлива  $p$  на участке № 1 с ростом давления на участке № 4 (первый период). Выбираем режим первого нарастания давления на участке № 4: от 30 атм до 75 атм. Это изменение происходит за 2 с. А на первом участке точно такое же изменение происходит за 8 с. В приближении линейной пропорции можно предложить считать частотой модуляции участка № 1, частоту 0,02 Гц. На участке № 3 записи давление монотонно повышается от 75 атм до 90 атм за 48 с. В таком же приближении и без учета уровня давления предлагаем частоту «модуляции» на третьем участке 0,002 Гц. При записи на ленту участка № 2 давление подачи топлива на

форсунки оставалось постоянным и равным 90 атм. Полагая исследуемыми реакции акустического и электрического поля на изменение режима работы ТУМ, определяемого изменением давления подачи топлива на форсунки, получаем, что при отсутствии изменений отсутствуют и реакции по определению последних. В этой части оцениваем частоту «модуляции» на втором участке равной нулю (табл. 10). Таким образом, в интервале 0 – 0,05 Гц используются предположительные оценки частот без учета уровней и глубин модуляций.

Таблица 10. Расширенный ряд коэффициентов парной корреляции

| Процессы | Частота модуляции, Гц |       |        |        |        |       |       |       |
|----------|-----------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
|          | 0                     | 0,002 | 0,02   | 0,08   | 0,17   | 0,42  | 0,5   | 0,92  |
| $p - L$  | 0                     | 0,039 | -0,103 | -0,169 | -0,224 | 0,414 | 0,768 | 0,462 |
| $p - E$  | 0                     | 0,057 | 0,195  | -0,336 | -0,240 | 0,474 | 0,65  | 0,261 |
| $L - E$  | 0,0136                | 0,103 | -0,037 | 0,063  | 0,244  | 0,046 | 0,15  | 0,676 |

Распределение коэффициентов парной корреляции процессов на частотной оси дает лишь приблизительную трактовку: гладкая кривая сплайн-функции объединила расчетные значения не самым лучшим образом (рис. 29)



*a*

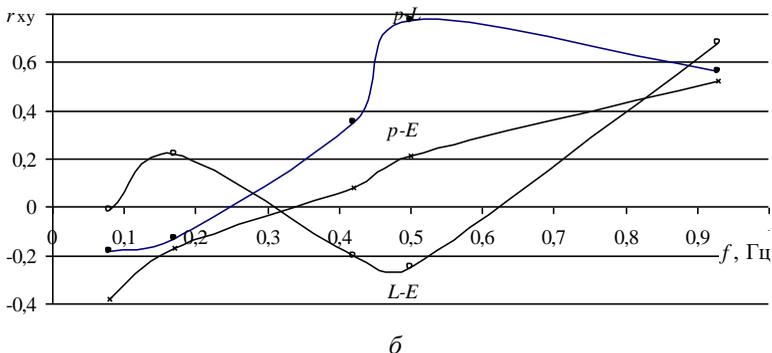


Рис. 29. Распределение значений коэффициентов парной корреляции на частотной шкале для указанных пар процессов: по данным ручной обработки (а), по данным цифровой обработки (б).

Авторы не исключают и некоторых иных конфигураций распределений. Например, кривая  $p - L(f)$  может иметь максимум ( $r_{pL} = 0,9$ ) около частоты  $f = 0,6$  Гц с последующим экспоненциальным затуханием. Кривая  $p - E$  может иметь значение ( $r_{pE} = 0,4$ ) около частоты  $f = 0,6$  Гц с последующим выходом на «участок насыщения», кривая  $L - E$  может иметь значение ( $r_{pE} = -0,4$ ) около частоты  $f = 0,6$  Гц с последующим выходом на экспоненциальный участок в положительном поле. Но, встроенная программа компьютера выбрала функции максимального правдоподобия. Так или иначе, но смена знака корреляции для пары цифровых рядов реализаций процессов  $L-E$  очень правдоподобна. Это может быть объяснено разной чувствительностью составляющих сопряжения пар  $p-L$  и  $p-E$  к частоте.

Для первичной оценки динамики теснот корреляционных связей первый участок диаграммы (31.10.81.) был представлен двумя массивами данных в виде двух цифровых рядов  $L(t)$  и  $E(t)$  одинакового размера  $n = 960$  значений (8 с). Каждый из них был синхронно во времени и одинаково разбит на интервалы по  $\Delta n = 50$  значений. По длине рядов каждой паре интервалов поставлены в соответствие интервалы времени и коэффициенты парной и ранговой корреляции (табл. 11, рис. 30).

Таблица 11. Коэффициенты парной и ранговой корреляции

| Текущее время | Коэффициенты парной корреляции | Коэффициенты ранговой корреляции |
|---------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 0             | 0,079                          | 0,1029                           |
| 0,4444        | -0,067                         | -0,1265                          |
| 0,8888        | -0,063                         | -0,0084                          |
| 1,3332        | 0,118                          | 0,1306                           |
| 1,7776        | 0,025                          | -0,0280                          |
| 2,222         | 0,004                          | 0,0218                           |
| 2,6664        | -0,061                         | -0,0319                          |
| 3,1108        | -0,041                         | -0,0069                          |
| 3,5552        | 0,040                          | 0,0004                           |
| 3,9996        | -0,105                         | -0,0828                          |
| 4,444         | -0,008                         | -0,0392                          |
| 4,8884        | -0,015                         | -0,0978                          |
| 5,3328        | 0,276                          | 0,2123                           |
| 5,7772        | 0,207                          | 0,1673                           |
| 6,2216        | -0,105                         | 0,0351                           |
| 6,666         | -0,007                         | -0,0197                          |
| 7,1104        | -0,075                         | -0,0866                          |
| 7,5548        | -0,289                         | -0,3098                          |
| 7,9992        | -0,008                         | -0,0156                          |

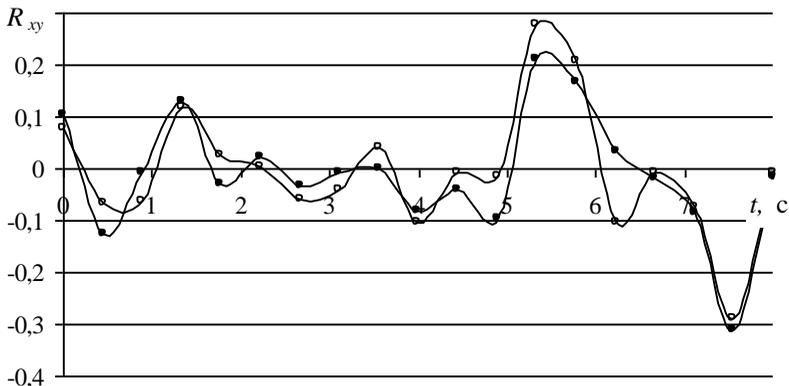


Рис. 30. Динамика теснот корреляционных связей (по данным табл. 4): о - парная корреляция; • - ранговая корреляция.

Основываясь на ходе коэффициентов корреляции  $L-E$  можно предположить, что характер взаимосвязи  $L(t)$  и  $E(t)$  флуктуационный. Флуктуации и взаимосвязи  $L - E$  выражены слабо. Однако можно предположить их наличие аperiodичное (или с натяжкой с периодом около 3 с) и может быть носят характер периодических возбуждений с релаксационным затуханием. При этом  $f = \frac{1}{2\tau}$ .

Переход от ручного управления производительностью насосов высокого давления к автоматическому управлению давлением в топливной магистрали высокого давления даже визуально заметно при сопоставлении как графиков изменения давления с графиком на рис. Pod\_p\_atm\_сент84к, так и сопутствующих реакций физических параметров. При этом с очевидностью возникает иное свойство гармонической функции – перераспределение энергии колебаний в гармонике больших кратных частот (см. рис. Pod1.2 – Pod.1.4).

**О шаге дискретизации.** Безгранично повышать скорость передачи невозможно, т.к. любой объект (живой организм или техническая система) в непрерывном сигнале воспринимает лишь конечное число различных значений. Значит, в каждой конкретной системе связи можно указать максимальное число  $L$  элементарных сигналов, которое система «разрешает» передать. Эта характеристика (в технике) называется шириной полосы пропускания системы (или шириной спектра сигнала). Например, ширина полосы пропускания уха человека  $L=20000$  Гц (а у телефонной сети:  $L_{т.с.}=3400-300=3100$  Гц).

Если вместо непрерывного сигнала передавать лишь его отдельные значения, отсчитанные через интервалы времени  $\Delta t = 1/2L$  (где  $L$  – ширина спектра непрерывного сигнала), то непрерывная информация без потерь преобразуется в дискретную. Это положение, известное в теории связи как теорема В. Котельникова, указывает на адекватность передач дискретной и непрерывной информации [12].

**Кросскорреляционный анализ.** При полученной (см. выше рис. 29) относительно высокой корреляции процессов в интервале 0,5 – 0,9 Гц вызывают резонные вопросы и сомнения низкие значения коэффициентов парной и ранговой корреляции на иных частотах и вне зависимости от метода обработки данных (ручной и компьютерной). Попробуем ответить на эти вопросы и развеять сомнения анализом кросскорреляционных функций пар цифровых рядов реализаций синхронных записей физических процессов по диаграммам рис. 12 – 15.

Кросскорреляционная функция (ККФ), как известно, определяется таким же методом, что и АКФ, которая определяется последовательными процедурами сдвига, перемножения и сложения:

$$R = R_x(r, h) = \frac{1}{N - r} \sum_1^{N-r} x_n \cdot x_{n+r}, \quad r = 1, 2, \dots, m,$$

где объем выборки  $N = m/\varepsilon^2$ , откуда обычно определяется величина стандартной ошибки  $\varepsilon = \sqrt{m/N}$ . Видно, что величина погрешности определяется числом шагов  $m = 1/(B_e \Delta x)$  относительно объема выборки  $N$ . Именно эта величина назначается при задаваемой величине ошибки и просчитывается дискретным сканированием. В работе принято отношение  $N/m = 10$ . Иная величина специально оговаривается. Понятно, что разрешающая способность  $B_e = 1/(m \Delta x)$ , а интервал дискретизации  $\Delta x = 1/(2f_c)$ . В принятых обозначениях длина реализации:  $T_r = (N + 1) \cdot \Delta x$  [13].

Отличие же заключается в том, что при проведении кросскорреляционного анализа анализируется путем наложения и дискретной сдвижки  $r$  не один и тот же цифровой ряд  $\{x_n\}$ , а два цифровых ряда  $\{x_n\}$  и  $\{y_n\}$  одинакового размера  $N$  разных условных параметров  $X$  и  $Y$ . Поэтому первое значение АКФ (при  $r = 1$ ) всегда равно 1, а первые значения ККФ определяют коэффициенты парной корреляции (рис. 31, 32, табл. 10). Как видно они не являются максимально возможными и при иных значениях  $r$  определяются максимальные амплитудные значения ККФ. Сдвижка между ними определяет временные интервалы запаздывания [14].

### Графики кросскорреляционных функций (опыт 31.10.81).

Графики кроскорреляционных функций (рис. 31, 32) несут информацию не только о коэффициентах парной корреляции (начальные значения), но и о максимальных (амплитудных) коэффициентах корреляции и о временных интервалах сдвижек сопряжений процессов [14].

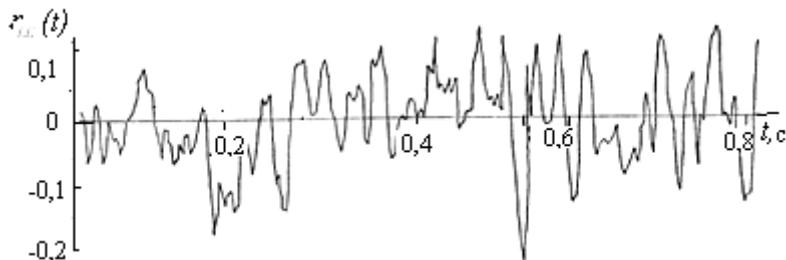
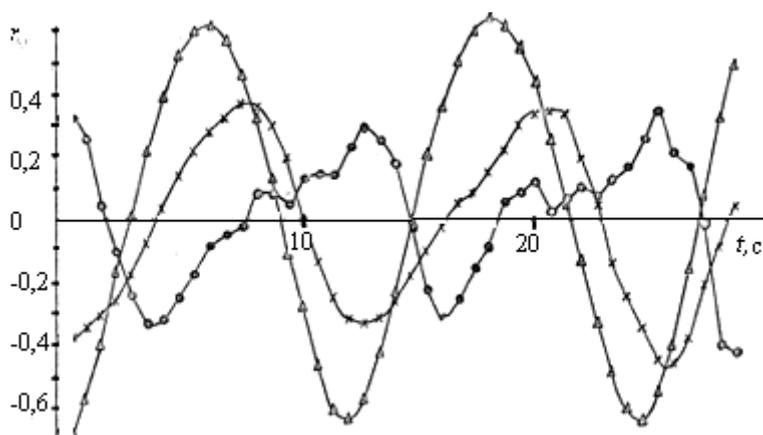
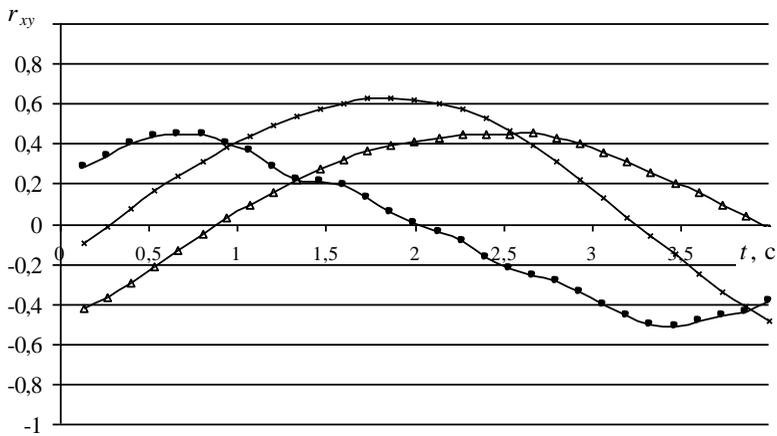


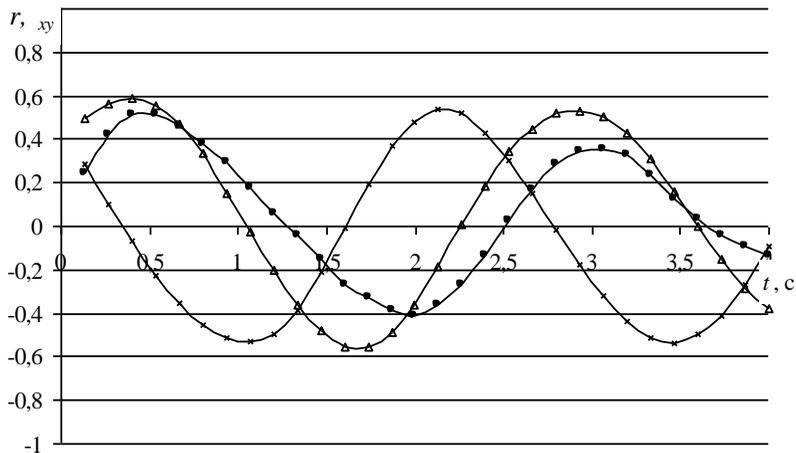
Рис.31. График кросскорреляционной функции  $r_{LE}(t)$  процессов  $L(t)$  и  $E(t)$  по диаграмме участка 2 (см. рис. 12). Режим работы ТУМВ – стационарный



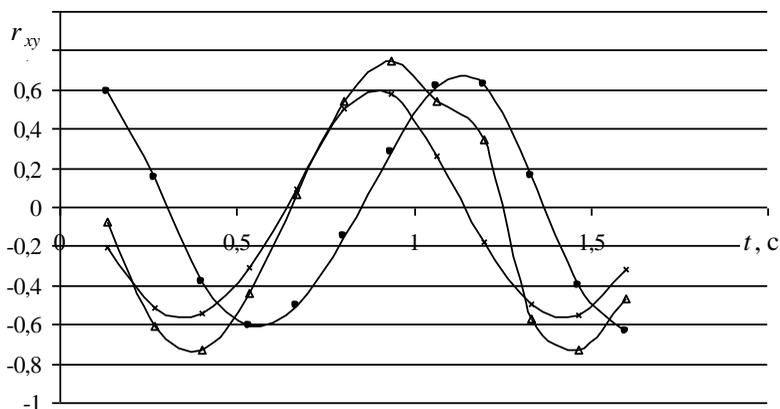
*a*



$\bar{b}$



$\bar{b}$



2

Рис. 32. Графики кросскорреляционных функций пар цифровых рядов реализаций синхронных записей физических процессов по диаграммам рис. 13 – 15 участков 4(а), 5 (б), 6 (в), 7(г) в обозначениях:  $\bullet$  -  $r_{LE}(t)$ ,  $\Delta$  -  $r_{LP}(t)$ ,  $\times$  -  $r_{Ep}(t)$

Все графики на рис. 31, 32 по всем участкам построены при одной заданной погрешности:  $\varepsilon = \sqrt{m/N} = \sqrt{0,1} \approx 0,316$ , т.е. около 30 %. График ККФ стационарного участка 1 диаграммы записи реализаций динамики параметров физических процессов  $L(t)$  и  $E(t)$  практически полностью дублируется и для участков 1 и 3 тех же процессов, по качеству представляя «стохастическую форму» в режимах разных постоянных или очень медленно меняющихся давлений подачи топлива на форсунки. При этом начальное значение коэффициента корреляции может быть очень малым – ниже  $\pm 0,01$  (рис. 29 а, табл. 11), но может быть и больше – до  $\pm 0,2$ . Во втором случае выявляется локальная временная структура ККФ на частоте 0,08 Гц. Эта частота выделяется более явно, если загрузить построение ККФ вдвое (прил. 2).

Процессы акустической и электрической генерации в окружающую среду на стационарном режиме работы ТУМВ сопряжены статистически слабо на частоте 0,08 Гц.

На переменном режиме работы ТУМВ (модуляции давления подачи топлива на форсунки горелок плетей) сопряжение между процессами акустической и электрической генерации в окружающую среду наблюдается на диаграммах записи и выделяется на соответствующих СПМ (см. рис. 19 – 21) и ККФ (см. рис. 32). Эффекты сопряжения на ККФ проявляются интегрально в формах подчинения пораздельности акустической и электрической генераций задаваемому оператором гармоническому закону изменения производительности ТУМВ. При этом даже визуально обращают на себя внимание и иные закономерности: переменная временная сдвигка одного процесса сопряжения относительно другого (рис. 32) и настройка сопряжения при формировании и гармонизации соответствующих структур на диаграммах [14]. Такой процесс формирования с одной стороны объясняет переменную временную сдвигку ККФ пар процессов и ее зависимость от частоты модуляции (рис. 33), а с другой стороны, слабо экспоненциальный рост амплитуды ККФ при увеличении расчетной погрешности (см. прил. 2, рис. П2).

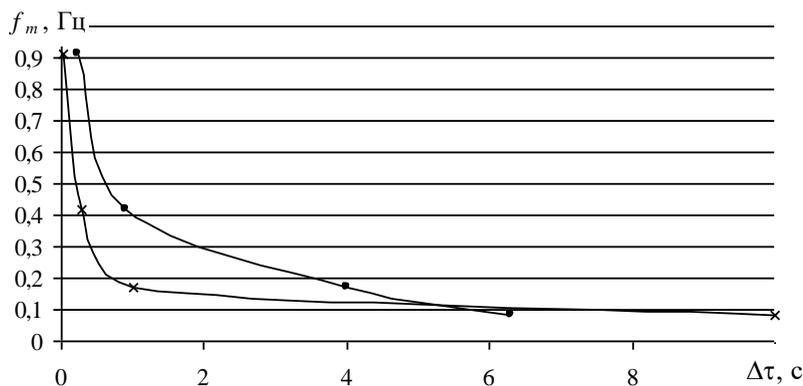


Рис. 33. Зависимость времени запаздывания  $\Delta\tau$  амплитудных максимумов ККФ пар процессов  $L-p$  (•) и  $L-E$  (x) от амплитудного максимума пары  $E-p$  (см. рис. 32) от частоты модуляции  $f_m$  давления топлива в магистрали высокого давления ТУМВ

### 3. Фотоальбом

Фотографии и компьютерные версии создания, испытания и модификации метеотрона с текущими пояснениями



*a*

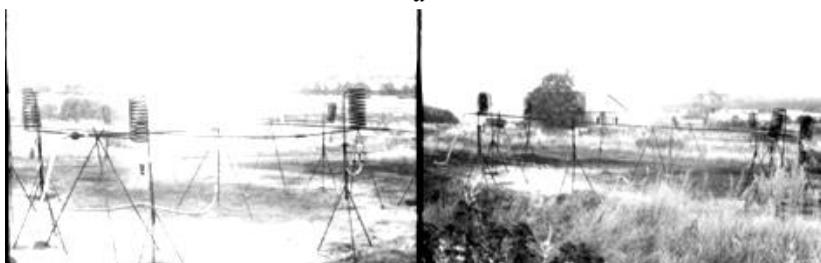


*б*

Рис. 34. Создание испытательного стенда исследования электрической зарядки и перезарядки двигателя ТРД ВК1. Заняты на верхнем снимке *a*) доц. Конопасов Н.Г. и асс. Галкин А.Ф. На нижнем снимке (*б*) приведен общий вид стенда со стороны ЦПУ (1975 – 1976 год). Авторы приносят извинения за качество некоторых старых фотоснимков



*a*

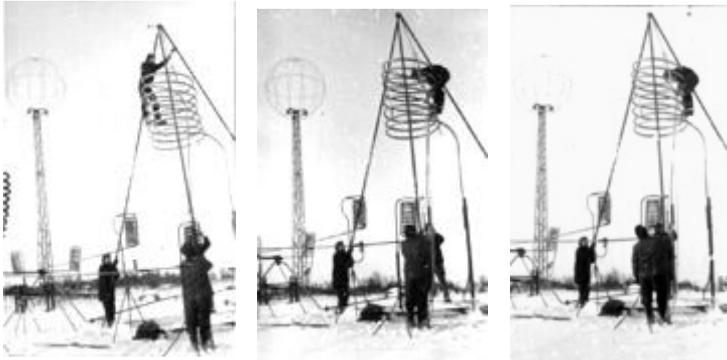


*б*



*в*

Рис. 35. Метеотрон II: *a* – монтаж конструкции Конопасовым Н.Г (правый снимок, весна 1977 г.); *б* – метеотрон II в последней модификации готов к работе (осень 1977 г.); *в* – пуски метеотрона II с регистрацией электрического поля по четырем каналам. Струя – на «мачту»



*a*



*б*



*в*



*г*

Рис. 36. Сборка и пуски ТУМШ: *a* – монтаж спирали ТУМШ (1978 г.); *б* – пуски вечерние; *в* – пуски ночные; *г* – пуски дневные (1979 г.)



*a*



*б*

Рис. 37. Пуски ТУМІV 8.02.80. с расходом топлива 6,02 л/с от насоса большого № 20. Вид в ортогональных проекциях *a*, *б*. Заметен устойчивый пароводяной смерч с подветренной стороны (см. *б*). Результаты опытов: 1. Поднять горелку над поверхностью увеличением высоты штативов, и так убрать смерч; 2. Разделить эллипс горелки на две плети: большую и малую под соответственно большой и малый насосы



Рис. 38. Подготовка к опыту 15.05.1980 г.: доц. Конопасов Н.Г. готовит к работе блок ЭДНВД, проф. Кунин В.Н. присутствует (слева)



Рис. 39. Испытания форсунок ТУМV 15.05.80. Давление подачи топлива 100 атм. Реакция форсуночного узла № 1 на входе в плетть на поджиг от факела и распределение форсуночных факелов на узле для эффективного поджига облака. Другие форсуночные узлы заглушены



*a*



*б*

Рис. 40. Испытание ТУМВ (15.05.80): *a* – отработка пересечений боковых форсуночных факелов для создания сплошного объема пламени; *б* – расстояние между плетьюми увеличено до 2,4 м. Пламя не коптит



Рис. 41. Пуски ТУМВ во время работы экспедиции утром 4 июня 1980 года. Расход топлива 9,4 л/с.



Рис. 42. Горелки (плети) ТУМВ через 1 час работы на номинальном режиме (100 атм). Установившаяся циркуляция вектора скорости воздуха «разрывает» сплошность факела пламени. Горение происходит при подавляющем избытке окислителя (рис. 39 в). Обнаружены деформации штативов под действием термической нагрузки. Необходимо их защитить постановкой защитных экранов на верхние части



*a*



*б*



*в*

Рис. 43. При работе комплекса «Атмосфера» успешно сгенерировано искусственное облако (след). Опыт 11 ноября 1981 года. Фотоснимки расположены в порядке очередности при нахождении фотоаппарата на расстоянии: *a* – 40 – 50 м, *б* – до 100 м, *в* – более 200 м



*a*



*б*



6

Рис. 44. Эксперименты по облету струи ТУМ V вертолетом МИ2 21.10.80.. Пока проговаривали с летчиком (полковник ДОСААФ) план полета вокруг установки и над ней на разных высотах, установка работала на номинальном режиме более полчаса.



*а*



*б*

Рис. 45. Версии двух последовательных фотоснимков с борта вертолета: *а* – в момент времени, соответствующий фотоснимку рис. 39; *б* - при подлете к струе на высоте до 200 м летчик почувствовал нарастающую вибрацию винта. Он был «настоящий полковник» и, сохраняя машину, залетать в струю отказался и пролетал под активным участком нагретой струи



*а*



*б*



*в*

Рис. 46. Проф. Кунин В.Н. с лопатой около своей лаборатории «Плазма» (*а*); очищает от снега индукционный накопитель (*б, в*). Видно, что намотан пока 1 слой



Рис. 47. Предварительные пуски ТРД (20.10.81.). Отладка скоростного напора пароводяной струи по расходу воды и выходным параметрам ТРД. Отладкой руководит проф. Кунин В.Н. (слева)



*a*



б



в



2



3



*e*



*ж*

Рис. 48. Пуски комплекса «Атмосфера» (20.10.81.). Последовательные кадры *a - г* фронтальной съемки справа, *д* - фронтальной съемки слева, *e, ж* – вид сзади



*а*



*б*

Рис. 49. После эксперимента фото участников (20.10.81.): *а* – молодые слева-направо Конопасов Н.Г. (40 лет), Кунин В.Н. (50 лет); *б* – вообще пацан Кузнецов А.А. (26 лет). Земля еще парит как после бомбежки. Все трое в ужасе оттого, что увидели, услышали и почувствовали (см. выше фото опыта (рис.42)) и очень довольны, что все закончилось



Рис. 50. Работа ТУМВ (100 атм) (21.09.82.) Поиск «лепестка» направленности акустического излучения в предполагаемом фокусе пламени



Рис. 51. Работа ТУМВ (100 атм) (21.09.82.). Опыт по воздействию тепловой влажной струи на характеристики атмосферы. Снимок с необычного ракурса – из-за пределов экспериментального полигона



*a*



*б*

Рис. 52. абота комплекса «Атмосфера» (21.09 82). Опыт по воздействию тепловой влажной струи на характеристики атмосферы. Два последовательных фотоснимка в ортогональных проекциях *a*, *б*



*a*



*б*



*в*

Рис. 53. Работа комплекса «Атмосфера» (21.09 82). Продолжение опыта по воздействию тепловой влажной струи на характеристики атмосферы (см. рис. 52) в ночное время. Три последовательных фотоснимка в ортогональных проекциях *a*, *б*, *в*



*a*

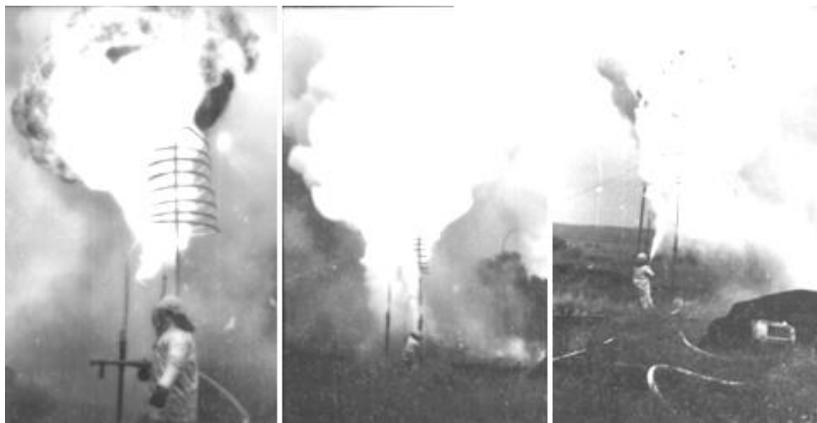


*б*

Рис. 54. Работа комплекса «Атмосфера» зимой 1983 год. Два последовательных фотоснимка в ортогональных проекциях *a*, *б*



*а*



*б*

Рис. 55. Совместные с ВНИИПО (г. Балашиха) опыты (23.05.85) по моделированию тушения газовых скважин и испытание термокостюма ТК-1500: *а* – приезд ВНИИПО и демонстрация костюма ТК-1500; *б* – последовательные снимки безуспешных попыток тушения факела на ц/б форсунке ТУМ Ш ручной подачей порошка в разные области факела



*a*



*б*

Рис. 56. Совместные с ВНИИПО (г. Балашиха) эксперименты (24.05.85) по моделированию тушения мощных сосредоточенных пожаров из пушки (см. 47 *a*) со скоростной подачей порошка при работе ТУМVI на номинальном режиме (*a*) и режиме 0,3 номинального (*б*).



*a*



*б*

Рис. 57. Совместная работа ТУМ VI, ТРД, системы подачи воды. Опыт 3.10.85 г. Измерения в воздухе производились летающей лабораторией ВГИ (г. Нальчик)

## **Принятые сокращения и термины в дневниках и рабочих тетрадях авторов**

АБ-2-Т/230 (или АБ-4-Т/230С/П) (где АБ – агрегат бензоэлектрический; 2 (или 4) мощность в л.с.; Т – трехфазный; 230 – предельное выходное напряжение, В);

БСЕВ – блок системы единого времени осуществляет прием и контроль сигнала точного времени. В состав БСЕВ входит приемник СЕВ 4-7-13, блок выделения шестого сигнала точного времени Б6С и радиоприемник «Ленинград 006»;

ВД – высокое давление (о магистрали);

ВНИИПО – Всесоюзный научно-исследовательский институт пожарной охраны (в г. Балашиха, СССР);

ГАИ – государственная автоинспекция (устаревшее название дорожнопатрульной службы (ДПС));

Горький – бывшее название города Нижний Новгород;

ИЗ – инфразвук;

ИК-излучение – инфракрасное излучение;

ИРЭ АН СССР – Институт Радиоэлектроники Академии Наук Союза Советских Социалистических Республик;

Модул. (М) - модуляция производительности насосав.д.;

Насос в.д. – насос высокого давления; насос н.д. – насос низкого давления;

НИРФИ – научно-исследовательский радиофизический институт;

П – перемножение сигналов каналов приема;

Пост. (П) – постоянный;

П+М – чередование постоянного режима работы установки с переменным, т.е. с модуляцией давления подачи топлива на форсунки горелочных устройств;

ПАУ – пункт автономного управления;

Пр. – произведение: синхронное произведение амплитуд графических реализации по назаначаемых дорожкам записи;

ФК – фотокамера «Красногорск»;

С-З – северозападный (ветер);

СЕВ – система единого времени;  
СНП-120 – станция насосная передвижная, дизельная, на одноосном прицепе;  
ТК-1500 – термокостюм для температур ниже 1500°С;  
ТРД – турбореактивный двигатель марки ВК-1;  
ТУМ – тепловая установка метеотрон;  
ТС-1 – марка авиационного керосина;  
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;  
УСК – устройство сканирования;  
ЦН – подкачивающий насос низкого давления (1 атм) с асинхронным двигателем АО2-81-6;  
ФЭД-2 – марка фотоаппарата в СССР (Феликс Эдмундович Дзержинский) второй модификации;  
ЦПУ – центральный пункт управления (на полигоне);  
ц/б (ц.б) – центробежная (форсунка (ф));  
ЭД – электродинамический;  
ЭДМНВД – электродвигатель магистрального насоса высокого давления;  
ЭДПННД – электродвигатель подкачивающего насоса низкого давления;  
ЭМП – электромагнитное поле;  
ЭПП – электронная панель приборов;  
ЭЭГУ-16-02 – электроэнцефалограф универсальный на 16 дорожек записи второй модификации.

Вставленные в дневники, авторские рисунки, скопированы из рукописных дневников и журналов опытов авторов. Обозначения приемных каналов вариаций электрического поля приведены в приложении 8 книги 1 [3]. Обозначения символьные и единицы измерения используются общепринятые в соответствии с СИ. Кроме этого используются технические единицы измерения: атм – 1 техническая атмосфера ( $10^5$  Па), л/с – производительность, литров в секунду (или  $\text{дм}^3/\text{с}$ ).

## Заключение

Четвертая книга «Метеотрон. История создания. Дневник экспериментов. Фотоальбом» монографии содержит уникальную информацию об истории создания нескольких модификаций ТУМ и постановок регистраций физических полей, метеоусловий и параметров факела и нагретой струи. Наряду с приведенным дневником опытов это воспроизводит полную картину развития идеи в осмысленный алгоритм последовательно решаемых задач, без эмоций и иных гуманитарных эффектов.

В отличие от естественных тепловых источников ТУМ имеет возможность резкого выключения (отсечки) подачи топлива за доли секунды и резкого прерывания горения пламени как генератора струи нагретых продуктов сгорания и радиационной тепловой калонки. Таким образом, протяженный участок струи некоторое время действует как струя и, в то же время, с образованием нижней кромки – как термик. Газодинамическая струя некоторое время является неотъемлемой составляющей системного газодинамического течения в форме установившейся циркуляции воздуха в приграничном слое атмосферы. При подъеме нагретого воздуха область установки продолжает оставаться газодинамическим стоком по горизонтали и источником по вертикали. Даже разогретая поверхность земли поддерживает некоторое время радиационный конус, подогревая поступающий воздух. Структура «струя – термик» некоторое время поддерживает системную теплообменную и газодинамическую связь с поверхностью земли, но далее связь утоняется, рвется и структура переходит в автономный режим. Такая структура «струя – термик» неустойчива и не естественна. Поэтому включение и выключение установки – это отдельное исследование. В первом случае – реакция «раскачки» среды и полей, во втором – релаксация к исходному состоянию. В частности, надо ответить на вопросы: когда после выключения установки прекращается циркуляция воздуха, как прекращается, как меняется вектор скорости и насколько инерционна среда к такому виду воздействия, с какого

момента структура «струи – термик» становится автономным пузырем с положительной плавучестью.

Как ни странно, но существуют многочисленные генерации естественных тепловых струй с таким конечным решением режима развития. Ослабление и усиление вертикального массо – и теплообмена происходит в естественных условиях очень медленно. Естественная нагретая струя реагирует на усиление и ослабление теплообмена соответствующим изменением высоты подъема тепловой колонки. Касание колонки слоя конденсации с вырождением тепловой колонки, не говоря уже о дальнейшем развитии купола, относится к нередким, но непревалирующим событиям. Поэтому исследуемый случай вполне естественен.

Дополнительное исследование в рамках заданного подхода следует провести для экспериментов с топливным облаком («включение без зажигания»). Записи таких опытов существуют и на постоянном режиме работы и с модуляцией (см. дневник опытов). Здесь же следует обратить внимание на записи регистраций «аварийных» включений и выключений насосов для составления классификации влияний факторов на формы инфразвуковых и электрических сигналов в комплексных опытах.

С одной стороны материал книги 4 монографии по содержанию очень разнородный: здесь и хронологический фактор в истории создания метеотронного и регистрационного комплексов, и личностный аспект из дневников, и на первый взгляд хаотический анализ «всего и вся» и субъективный набор фотографий в компьютерной версии. С другой стороны каждый фактор или индивидуальный аспект создает собственную информационную линию, которые совместно сильно добавляют системность в предыдущие три книги авторов. Поэтому четвертая книга имеет качество общего приложения к первым трем. В фотоальбоме представлены не дублируемые по предыдущим трем книгам, но поясняемые дневником опытов хронологически расположенные фотографии.

## Заключительное слово от авторов монографии

Как уже отмечалось [1, 2] и сама экспериментальная работа, и результаты исследований являются уникальными, представляя материалы двух созданных, но нереализованных докторских диссертаций авторов. С одной стороны именно поэтому библиографический список в большей степени представлен авторскими изданиями и относится к тому времени, когда эти исследования проводились. С другой стороны работы были сделаны более 30 лет назад. Тогда цифровые технологии были представлены расчетным программным обеспечением Фортран с модификациями, реализуемыми на ЭВМ ЕС1020, 1040, а «персональным компьютером» служила вычислительная машинка БК, или на сленге – «букашка», на которой долго-долго надо было набирать программу, и при этом очень часто выключался свет... Записи регистраций проводились на самописцах с чернилопишущими на бумажных лентах лентопротяжными механизмами (магнитографы стали доступны во второй половине 80-х годов 20 века). Поэтому обработка записей велась вручную при помощи табулятора. Лишь к концу 90-х появилась возможность оцифровать записи на лентах на базе ПК284, *Adobe Photoshop 3.5*, *Scanner 0.3* и оригинальной программы оцифровки графических отображений сигналов. Часть анализа проведена по табулированным данным еще в 80-х годах 20-го века, а в начале 21 века анализ был продублирован и дополнен уже по оцифрованным данным. В приложении 1 книги 4 приведено содержание полной работы по оцифровке и сопоставлению данных цифровой и ручной технологий обработки. Результаты вполне сопоставимы, что позволяет признать их достоверными (см. прил. 1).

Все четыре книги создают законченный формат единой монографии, оставляя, тем не менее, значительный «зазор» для последующих печатных работ в рамках расширения аналитической части.

Кроме того, авторы ограничились анализом нескольких предварительных и трех комплексных опытов. В этом можно заметить условную незавершенность исследования: в дневниках опытов приведены около десятка комплексных опытов, а в содержание книг 3 и 4 вошли данные обработки и анализа лишь нескольких экспериментов. Любому читателю, внимательно просмотревшему историю создания метеотрона, обратит внимание, что в указанных книгах проанализировано на указанном уровне лишь 10 – 15 % от всего зарегистрированного. Здесь же можно попенять авторам за этот уровень обработки и примененные «старые» методы исследования. А авторам здесь же можно ответить, что с одной стороны «старые» – не значит устаревшие. Авторы представили статистические методы, которые они применяли в те относительно далекие времена и по данным ручной табуляции. Относительно новые результаты – сопоставление результатов обработки с компьютерными данными (см. прил.) были предложены уже на рубеже веков. С другой стороны, современные методы анализа, к коим отнесем фрактальный анализ, нелинейный структурный и энтропийный анализ, для которых обязательно подбирать стационарные участки записи регистраций исследуемых параметров, конечно же, известны авторам и применялись ими в иных исследованиях [15 – 15]. Если будет угодно Создателю, если Он даст авторам время, здоровья и хоть какую-то внутреннюю мотивацию (на государство нет надежды), то вовсе не исключено появление книги 5, посвященной обработке всей зарегистрированной информации по всем комплексным экспериментам и регистрациям и ее анализом современными методами обработки с сопоставлением приведенных результатов. Однако, технология оцифровки лент требует большого времени, аккуратности и терпения при «сшивке-расшивке» локальных отображений участков графических реализаций сигналов, а также «рук». Как раз этих-то «рук» и не хватает. На данный момент у авторов нет мотивирован-

ного желания заниматься этим. Возможно, при новой политике государства по отношению к науке высшей школы появятся молодые люди, которые проведут эту работу, касающуюся области экспериментальной физики атмосферы и прикладной математики в части аэродинамических и электрогазодинамических течений в пограничном слое атмосферы. Перечень возможных приложений результатов следует конкретизировать активным воздействием на нижние слои ионосферы и радиоакустическим зондированием атмосферы с прогнозированием метеоусловий и погоды, вентиляцией городов и больших открытых угольных бассейнов и алмазных разработок, регистрацией больших лесных пожаров и т.д. Сюда же можно отнести разработку стандартов санитарных норм для диапазона частот менее 1 Гц с исследованием действия низкого звука на живые организмы. Работы очень много. Нужны благоприятные условия по отношению к науке и ученым в стране. Нужны молодые «мозги, руки» и состояние души, определяющее мотивацию для хотя бы продолжения начатой авторами аналитической работы.

Очень жаль, что нам не удалось (не успели в отпущенное время) поставить хотя бы еще одну пару горелок, симметрично двум данным на ТУМV (для модификации ТУМVII). При отработанной на предыдущих модификациях технологии объемного горения объем пламени вырос бы до  $2000 \text{ м}^3$ , а начальный радиус  $R$  струи – до 12 – 15 м. Тогда мощность тепловыделения при том же топливе и эффективном объемном горении, но пропорциональная  $R^2$ , практически достигла бы  $10^9 \text{ Вт}$ . Теперь-то мы знаем, что это необходимо для пробития инверсионного слоя, но недостаточно для практического создания развитого грозового облака. Можно посмотреть на это и иначе – здесь авторы не пожалничали и оставили другим самое интересное и «вкусное».

Конечно, авторы не считают работу законченной, однако, полагают, что свою часть пути они честно прошли. Именно поэтому

во всех книгах (1 – 4) не приводятся какие-то глобальные громкие выводы; все выводы – промежуточные и никак не выделены даже по частям книг. Обилие описательной, фото-, расчетной и оценочной информации не делает восприятие содержания монографии простым. Как известно, попытки вставить в монографию всей имеющейся информации приводит к прямо противоположному эффекту. Именно поэтому, и отвечая оппонентам (см. выше) подавляющее число опытных регистраций не вошло в работу. Очень мало данных о параметрической variability метеоусловий [1, 2], синхронизированных по записи с регистрацией электрических и акустических параметрических полей. Однако принятая авторами структура монографии создает относительно комфортные условия для прочтения и, что более ценно, продолжения работы, тем более что большое количество фотографий, таблиц, расчетов отнесено в приложения книг 1 – 3 и вынесено отдельно в книгу 4.

## Приложения

### Приложение 1

#### От графических диаграмм – к цифровой базе

Подавляющее число экспериментальных работ выполнено в не автоматизированном варианте, т.е. в виде огромного числа лент графических диаграмм процессов, записанных на самописцах и обработанных табуляторами, выполненных на смытой рентгеновской пленке раствором циркуля, равным длине пера самописца (12,5 см) и с заданными шагами дискретизации 0,5 мм или 1 мм. Иными словами, и, как правило, обработка таких лент проводилась вручную и, очевидно, не всех длин записей, а лишь части – характерных стационарных участков, выбираемых субъективным решением экспериментатора. Некоторые, особенно дорогие, эксперименты повторить невозможно. Таким образом, огромный слой научных наблюдений (в виде графических реализаций и диаграмм процессов) остается не проанализированным. Чтобы такое же не произошло и с этой работой и чтобы избежать очевидных вопросов, авторы создали программное обеспечение автоматизированного переноса графического материала в базу данных компьютера.

Программное обеспечение перевода графических реализаций непрерывных физических процессов в адекватные таблицы массивов дискретных переменных цифровых рядов включает в себя следующие программы не ниже указанных версий [6]: 1. *Adobe PhotoShop 3.5*; 2. *Scanner 0.3*. Здесь указаны ранние версии программных обеспечений соответствующие 1998 году, когда появилась возможность автоматизировать обработку цифровых файлов. Соответствующие версии и были тогда использованы.

При работе с первой программой, с помощью планшетного сканера, копируется один участок графической реализации диаграммы (рис. 1П а), «принимается» программой «*Adobe PhotoShop*» и, далее, пользователем проводится его обработка в соответствии с

инструкциями и сохранением участка в указанном формате и в жестко установленном масштабе. В качестве примера выбрана часть участка 5 (см. рис. 14 б). Далее, файл копируется в отведённую для обработки директорию (рис. 1П б) в программе «Scanner», которая далее решает следующие задачи:

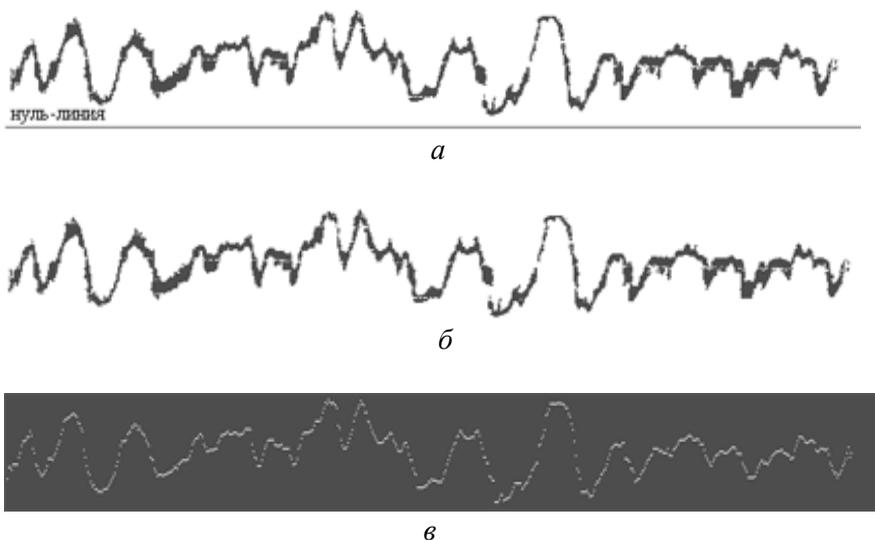


Рис. 1П. Участки реализаций: исходный (а), принятый к обработке (б), оцифрованный и очищенный (в)

1. Обеспечение обработки графических файлов формата "PCX", являющихся для программы спрайтами и имеющими заданные «рамки» (длина и ширина спрайта реализации). При обработке спрайта происходит сканирование радиус-вектором, масштабированным также как и участки реализации и одновременное «выпрямление» и центрирование реализации (рис. 1П в). При обработке

участков со второго по  $N$ -ый, в программе предусмотрено совмещение предыдущего и текущего спрайтов.

2. Отлаженная работа с базой данных: хранение в файлах, первоначально обработанных спрайтов реализаций; отлаженная связь между файлами данных и файлами реестровых записей.

3. Обработка суммарной реализации: центрирование всех участков реализаций, находящихся в файлах данных (используя реестровые записи), и внесение данных по реализации диаграммы в специальный файл – базу данных. Предусматривается хранение участков реализаций в специальных архивах и их каталогизация. Программа позволяет обрабатывать спрайты, создавать файлы данных и файлы реестровых записей.

В качестве примера «дорогого эксперимента» выбран один из опытов (октябрь 1981 г.) по регистрации динамики поведения  $E_z$ -составляющей электрического поля в стационарной точке приема на расстоянии 25 м от ближней кромки составного объемного факела пламени метеотрона. Один из участков графической реализации представлен на рис. П1, а.

Для проверки возможности использования данных ручной обработки диаграмм была проведена идентификация их отображений в компьютерной форме. Ручная обработка состояла в съеме данных с диаграмм процессов вручную – табулятором с шагом 1 мм. Начало каждого выборочного участка диаграммы определялось по дорожке записи метки времени СЕВ с учетом сдвижки перьев для каждого канала. Характеристики участков диаграмм процессов опыта от 31.10.81 и данные каналов записи приведены в таблице П1.

Таблица П1. Установочные характеристики каналов записи

| № до-рожки на панели | Региструемый процесс                                 | Источник (датчик) сигнала                      | Месторасположение датчика   | Характеристики шлейфов ЭЭГУ                     | Примечания  |
|----------------------|--|--|---|---|---|
| 1                    | Метка времени  | СЕВ  | Разъем СЕВ  | Постоянная времени 0,3 с, фильтр 50 Гц, 1:8     |   |
| 2, 4                 | Давление топлива магистрали в.д.                     | Реохордный [3]                                 | Вход в магистраль высокого давления   | Постоянная времени 0,3 с, фильтр 50 Гц, 1:16    | Отказ записи сигнала на 4 дорожке с начала опыта. Запись 0-линии      |
| 3, 5                 | 0-линия  | -  | -   | отключены                                       | -   |
| 7                    | Колебания уровней инфразвукового давления            | Инфразвуковой [3] сфигмографической приставкой | В закрытом доме около 50 м от центра установки в направлении юго-юго-восток | Постоянная времени 1,5 с, фильтр выключен, 1:64 | При плавной регулировке отличие усиления в 5 – 7 раз (см. калибровку) |
| 8                    |  |  |   | Постоянная времени 1,5 с, фильтр выключен, 1:32 |   |
| 9, 10                | Колебания уровней звукового давления                 | Микрофон МД-64М                                | Открыто, 30 м от центра установки в направлении юго-восток.                 | Постоянная времени 0,3 с, фильтр 50 Гц, 1:8.    | отличие усиления в 10 раз   |
| 11, 14               | 0-линия  | -  | -   | отключены                                       | -   |
| 12, 13               | Напряженность $E_z$ составляющей электрического поля | Эталонный блок [3]: 1 м антенна У5-7 на входе  | Открыто, на расстоянии 1 м от микрофона и 30 м от установки                 | Постоянная времени 0,3 с, фильтр 50 Гц, 1:16    | При плавной регулировке отличие усиления в 5 – 7 раз                  |

**Последовательность действий операторов на ТУМ и ЭЭГУ.** Зажженный факел был поставлен к крайней форсунке. Включены записи на магнитофон и ЭЭГУ. Включены насосы и подано давление топлива на форсунки. Пламя факела погасло. Насосы были выключены, а факел снова зажжен и поставлен к крайней форсунке. Включены насосы и подано давление топлива на форсунки. После поджига топлива и организации очага пламени ТУМ последовательно фиксировалось давление подачи топлива 100 атм, 50 атм и 30 атм (по манометру малого насоса) и при каждой установке делась протяжка ленты со скоростью 120 мм/с. Затем ручка управления была доведена почти до  $\max$  (по манометру около 140 атм). Начало режимов модуляций: 1 – малая частота (период  $T$  – около 12 с); 2.  $T$  – около 6 с; 3.  $T$  – около 2,5 с; 4.  $T$  – около 1 с. После чего установка выключена и произведена запись помехи и калибровка каналов (см. табл. П1). Режим модуляций, или режим работы установки с переменной производительностью насосов, задавался вручную перемещениями общей ручки управления для обоих топливных трактов. Режим постоянный, или режим работы установки с заданной постоянной производительностью насосов, устанавливался вручную фиксацией положения ручки управления для обоих топливных трактов и регистрацией показаний манометров.

**Техника отображения графической параметрической информации в адекватную цифровую информацию.** Компьютерная обработка выполнялась с применением программного обеспечения [9] работающего в последовательности: сканирование диаграммы со сканера с переводом изображения в «*Adobe Fotoshop*», первичная обработка и коррекция изображения, сканирование вторичного изображения из «*Adobe Fotoshop*», вертикализация траектории движения пера самописца, сканирование осреднением по вертикали с получением линии кривой диаграммы толщиной 1 *pix*, сканирование полученного изображения от нулевой линии с переводом цифровых данных в текстовый файл. Единицей измерения для всех па-

раметров, включая текущее время, является 1 *pix*. По величине разрешения, задаваемого в «*Adobe Fotoshop*», данные по всем параметрам компьютерной обработки переводились в метрические единицы измерения (мм) в программе обработки *Excel 7.0*.

**Работа в «*Adobe Fotoshop*» [9].** На ленте диаграмм выбираются участки диаграмм для сканирования и отмечаются начало и конец. Лента с записью диаграмм аккуратно укладывается на рабочую поверхность сканера. Окно планшетного сканера «*CanoScanLide25*» имеет поверхность формата А4 и захватывает стандартную пятидорожечную ленту для самописца по вертикали – полностью; по горизонтали - окно размером 200 мм. Вызывается «*Adobe Fotoshop*» и в меню «Файл. Получить» запускается программа сканирования «*Twain\_32*» и, далее, действие «*Prescan*» для грубой коррекции положения ленты в окне сканера. Для этого выделяется мышкой любой малый участок в окне «*Preview Window*» и нажимается кнопка «*Prescan*». После предварительного сканирования в окне «*CanoScanLide25*» производятся необходимые установки: цвет, разрешение, размер окна сканирования. После операции «*Scan*» и паузы завершения операции необходимо выйти из программы сканирования «*Twain\_32*» нажатием кнопки «Выход» (*Cancel*). На экране монитора в «*Adobe Fotoshop*» останется отображение «*Untitled-1*». Необходимо установить из меню «Окно. Масштаб» масштаб 1, из меню «Изображение. Размер изображения» установить удобный размер по вертикали и горизонтали, операцией «Поворот» - выровнять. Выделить мышкой область, необходимую для дальнейшей работы, и убирая при этом белые участки, появляющиеся после операций «Поворот». Войти в меню: «Редактирование. Кадрировать». Сохранить как «имя1.pcx».

*Примечание.* При сканировании отдельных отображений не допускать появление цветовых оттенков (например, желтизны) при относительно длительной работе сканера.

Лента с записью диаграмм сдвигается относительно окна сканера так, чтобы окончание предыдущего участка горизонтальным размером 20 – 30 мм захватывалось окном сканера и последовательно проводятся действия описанные выше. В результате в ту же папку сохраняется второй файл «имя2.pcx». Запись последующих файлов производится аналогично и до тех пор, пока на ленте не закончится выбранный заранее участок диаграмм.

Далее в «*Adobe Fotoshop*» производится горизонтальная сшивка участков отображений аккуратным наложением пересекающихся участков. Для этого файлы с записью отображений вызываются и последовательно подшиваются друг к другу с использованием операций: увеличение справа размера холста основного отображения (например, «имя1.pcx»), подгонки вертикальных размеров подшиваемого отображения (например, «имя2.pcx»), его выделения и переноса на основной холст. Вертикальные размеры отображений при этом должны быть одинаковыми. В результате получается общее отображение всего выбранного участка диаграммы и сохраняется как «имя0.pcx».

Следующим шагом в алгоритме действий в «*Adobe Fotoshop*» является чистка и преобразование общего отображения. При этом можно использовать два подхода.

1. Из меню «*Adobe Fotoshop*» вызывается «Выделение. Цветовой диапазон», устанавливается режим выделения цвета, определяется цвет, который необходимо удалить, корректируются оттенки по вертикальному меню, выделяется и удаляется. Операция повторяется до тех пор, пока на отображении не останется лишь основной цвет записи графиков диаграммы.

2. Из бокового меню «*Adobe Fotoshop*» вызывается мышкой «Пипетка отбора цвета». Ею фиксируется основной цвет чернил записи диаграммы. Далее из меню «*Adobe Fotoshop*» вызывается «Выделение. Цветовой диапазон», устанавливается режим отбора. Если выделенные области на отображении захватывают не только графики, или не полностью графики, то повторяется первая операция с изменением оттенка цвета чернил: гуще или светлее, соответ-

ственно. Операции повторяются до тех пор, пока на отображении не останется лишь основной цвет записи графиков диаграммы. Графики выделяются и копируются в новый файл с разрешением не менее 388 пикс/дюйм.

Нулевые линии и ненужные записи по дорожкам диаграммы стираются операцией «Ластик». Из меню вызывается «Режим» и метка устанавливается на режиме «Градации серого». При этом цвет записи изменяется на черный на белом фоне. Производится коррекция «Яркость-Контрастность» из меню «Изображение. Коррекция». Операцией «Карандаш» точно выделяются возможные неяркие участки. Файл сохраняется как «имя0.rsx» взамен предыдущего файла. Диаграмма отображения (см. рис. П1 в) готова к работе с программой «Цифровой обработки графических отображений диаграмм».

Возможно, если это необходимо, при больших площадях свободных от записи (стертых), перемещать записи по отдельным дорожкам (выделением и перетаскиванием) выше или ниже по вертикали. Освободившееся место на отображении снизу (или сверху) убрать операцией «Изображение. Размер холста» или «Правка. Кадрирование».

Операцией выделения захватывается запись на одной дорожке общего отображения, кадрируется, инвертируется в негатив и сохраняется как «пате.rsx» в режиме «Битовый. Матрица» с разрешением 388 пикс/дюйм. Удобно использовать следующее обозначение файла при сохранении: d<№ дорожки на диаграмме>\_<№ участка на диаграмме>\_<№ подучастка на участке диаграммы>.rsx. Например, d5\_7\_2 означает, что сохраняется график записи пятой дорожки седьмого участка диаграммы. Но так как ЦОГОД (см. далее) захватывает при обработке 600 точек-значений (это соответствует при разрешении 388 пикс/дюйм размеру окна «Adobe FOTOSHOP»), эта запись пятой дорожки разбивается на несколько перекрывающихся подучастков. Пример определяет второй подучасток.

**Работа с программой «Цифровой обработки графических отображений диаграмм».** При работе с оригинальной авторской программой «Цифровой обработки графических отображений диаграмм» (ЦОГОД) [9] графическое изображение диаграммы, сканированием переведенное в графическое отображение «*Adobe Fotoshop*», должно быть преобразовано в негатив. Размер изображения не должен превышать 50 мм. Режим устанавливается «Битовый (Матрица)». Необходимо обратить внимание на величину разрешения («*Resolution*»), пикс/дюйм. Эта величина в пересчете на пикс/см становится переводным коэффициентом масштаба отображения по вертикали (амплитуде). Графическое отображение «*Adobe Fotoshop*» сохраняется в файле с расширением «*name.pcx*» в папке программы «*SPRD*». Запуск работы программы ЦОГОД производится вызовом этого файла или инициацией файла *Start.bat*.

На экране монитора в операционной системе *DOS* заполняется верхняя строка файла «*name.txt*» формируемой базы данных, фиксируется «*ENTER*» и тем самым вызывается вторая строка. Заполняется только имя «*name*» файла «*name.pcx*» отображения, фиксируется «*ENTER*» и тем самым включаются последовательные действия программы «*SPRD*», производимые на экране (рис. П2): считывание графического отображения (1), его сканирование с выпрямлением (учет радиуса кривизны пера самописца)(2), сканирование с осреднением по вертикали (3). Полученный третий график – отображение имеет толщину один пиксел и шаг между соседними значениями один пиксел. Результат фиксируется «*ENTER*» и тем самым в ту же папку записывается файл «*name.txt*» с цифровой базой данных и производится выход из программы. Далее полученный текстовый файл переносится в книгу «*Excel*», редактируется и правится открытием его диаграммы и исправлением на ней интерполяционным методом артефактов, возникающих при обработке неярких мест диаграмм, и далее, с последующей обработкой использованием этого встроенного программного обеспечения [9].

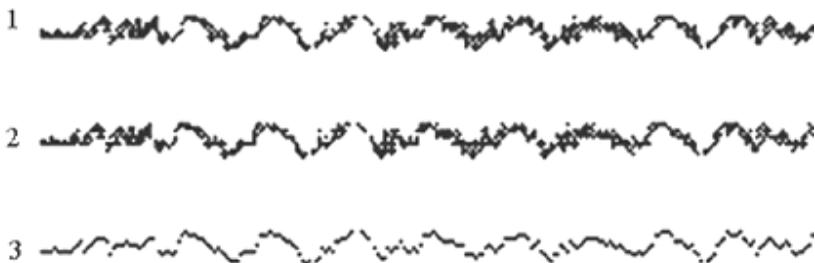


Рис. П2. Отображения дорожки 7 участка № 5 (рис. П2) как последовательные действия программы «SPRD».

На рис. П3 показан более наглядный пример работы программы ЦОГОД особенно в части исправления кривизны траектории движения пера самописца (12,5 см). На верхнем графике показан участок графической реализации зондового тока  $I(t)$  пламени метеотрона. Это исходный участок, аналогичный графическому отображению (1) на рис. 2. На нижнем графике показан тот же участок в виде диаграммы, построенной в «Excel» по цифровому ряду значений зондового тока.

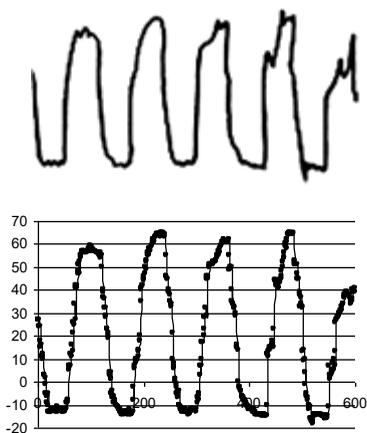


Рис. П3. Пример результата работы программы ЦОГОД

наибольшего размаха при компьютерной съемке и при ручной.

Значения параметров: давление подачи топлива, уровни инфразвукового давления, напряженность электрического поля, переводились соответственно в атм, Па и мВ/м по уравнениям трендовых линий соответствующих амплитудных характеристик. Уровни инфразвукового давления по формулам соответствия переводились в дВ и Вт/м<sup>2</sup>. Таким образом, каждому пошаговому интервалу времени соответствовали значения: давления подачи топлива на форсунки, атм, уровня звукового давления, Па (дВ), плотности мощности инфразвука, Вт/м<sup>2</sup>, амплитуды вариаций напряженности электрического поля, мВ/м.

**Сравнительный анализ результатов обработки диаграмм.**

Для сравнения приводятся диаграммы участка № 7 опыта 31.10.81. (см. табл. П1). Использовалась реальная диаграмма 1 (с радиусом кривизны траектории пера самописца 12,5 см), диаграмма после ручного табулирования 2 и диаграмма компьютерного сканирования 3 (рис. П4).

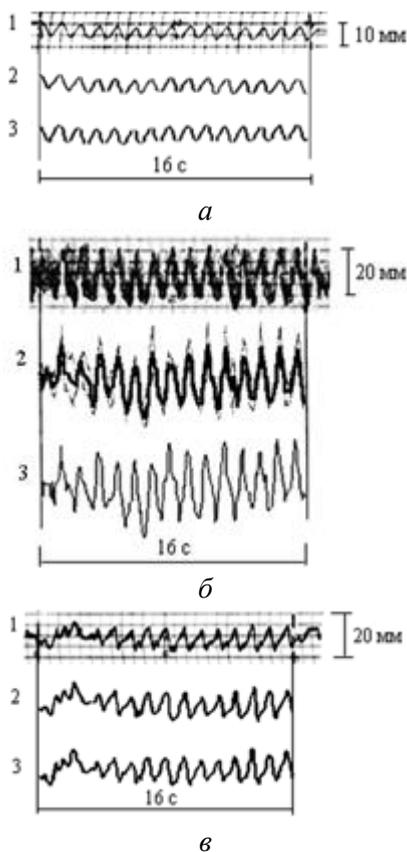


Рис. П5. К сравнительному анализу диаграмм первичной обработки соответственно следующие процессы: давление топлива в магистрали высокого давления, уровни инфразвукового давления и вариаций  $E_z$ -составляющей электрического поля. На рис. П5 б, 2 при-

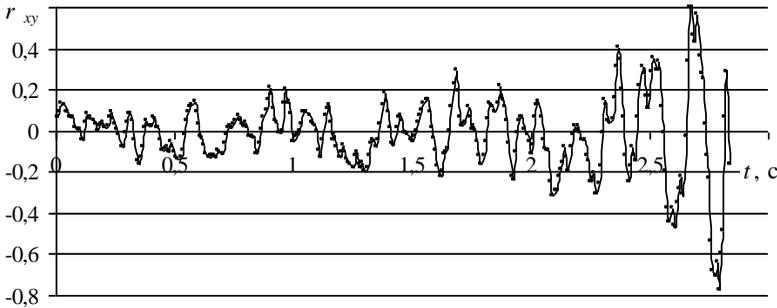
ведены графики, построенные по данным ручного табулирования: верхняя огибающая, нижняя огибающая и средняя линия.

Коэффициенты парной корреляции сравниваемых графиков (см. рис. 29: *a*, 2 – 3, *б*, 2 – 3, *в*, 2 – 3) – в пределах  $0,72 \div 0,93$ .

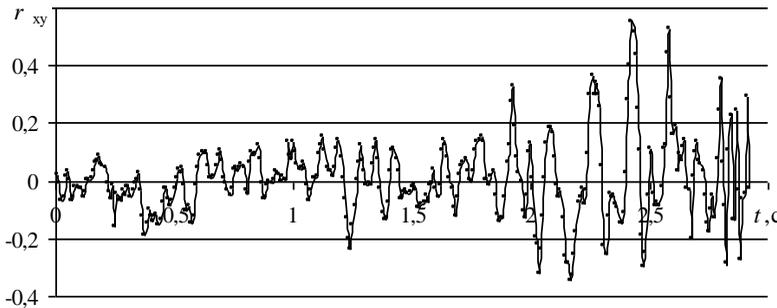
Таким образом, сравнительный анализ результатов ручной и компьютерной обработок графических диаграмм реализаций заданных физических процессов показал правомерность использования результатов ручной обработки графических диаграмм, но предпочтительность компьютерного обеспечения «ЦОГОД».

Похожие результаты получены и при сопоставлении СПМ цифровых рядов реализаций исследуемых процессов, полученных при ручной (табулирование) и автоматической обработке (см. рис. 16 – 23).

**Примечания к расчету ККФ.** При загрузлении расчета и увеличении погрешности  $\epsilon$  до 60% частота 0,08 Гц выделяется на графиках сопряжения пар процессов (ККФ) наиболее отчетливо. Это возможно, если перейти к отношению  $m/N = 0,35$ , соответствующему относительно рассмотренной удвоенной погрешности. При этом форма графиков ККФ искажается до неузнаваемости, меняясь от гладких гармонических форм до внешне стохастических (рис. П2).



*a*



*б*

Рис. П2. Графики кросскорреляционной функции  $r_{LE}(t)$  процессов  $L(t)$  и  $E(t)$  по диаграммам участка 1 (*a*) и 2 (*б*) (см. рис. 12) при  $\epsilon = 60\%$

## Библиографический список

1. Дессенс, А. Можем ли мы изменить климат? / А. Дессенс. Пер. с франц. / под ред. Л.Г. Качурина. – Л.: Гидрометеоиздат. 1969. 119 с.
2. Качурин, Л.Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы/ Л.Г. Качурин. – Л.: Гидрометеоиздат. 1973. 365 с.
3. Кузнецов, А.А. Метеотрон: монография. В 2 кн. Кн. 1. Научно-исследовательский комплекс/ А.А. Кузнецов, Н.Г. Конопасов. – Владимир: Изд-во ВлГУ. 2015. 167 с.
4. Кузнецов, А.А. Метеотрон: монография. В 2 кн. Кн. 2. Эксперименты. Наблюдения. Оценки. Регистрации/ А.А. Кузнецов, Н.Г. Конопасов. – Владимир: Изд-во ВлГУ. 2015. 232 с.
5. Кузнецов, А.А. Метеотрон: монография. В 2 кн. Кн. 3. Эксперименты. Регистрации. Моделирование. Анализ/ А.А. Кузнецов, Н.Г. Конопасов; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2020. 280 с.
6. Кузнецов, А.А. Методика анализа текущей помеховой обстановки в крайне-низкочастотном диапазоне/ А.А. Кузнецов. «Интеграция мировой науки в условиях кризиса: теоретические подходы и практические результаты: материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции (28 марта 2019 г.): в 2-х ч. Ч.2. – Ростов-на-Дону: изд-во Южного университета ИуБиП, 2019. С. 162 – 165.
7. Кузнецов, А.А. Регистрации электрического поля при работе метеотрона второй модификации/ А.А. Кузнецов. Перспективные технологии в средствах передачи информации. XIII Международная научно-техническая конференция. Материалы конференции в 2-х томах. Том I. Владимир. 3 – 5 июля 2019. С. 244 – 247.
8. Кузнецов А. А. Методика определения знака электрического заряда пламени и нагретой вертикальной струи метеотрона / Перспективные технологии в средствах передачи информации. XIII Международная научно-техническая конференция. Материалы конференции в 2-х томах. Том I. Владимир. 3 – 5 июля 2019. С. 247 – 249.
9. Кузнецов, А.А. Компьютерное отображение графических диаграмм процессов/ А.А. Кузнецов. // Исследование тепло- и электрофизических явлений в атмосфере. Отчет каф. Общей и прикладной физики по теме г/б НИР №271/96 за 2001 – 2006 гг. Науч. рук-ль проф. Кунин В.Н., Владимир, ВлГУ. 2000. С. 68 – 78.

10. Берлинер, М.А. Измерения влажности/ М.А. Берлинер. – М.: Энергия, 1973. 400 с.
11. Кузнецов, А. А. Программный комплекс системного анализа динамики сердечного ритма/ / А.А. Кузнецов, А.А. Плеханов, Л.Т. Сушкова // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. XIV, № 3. С. 214.
12. Вильнер, Б.Я. Очерки по биологической кибернетике/ Б.Я. Вильнер, Л.Я. Пешес. – Минск : Вышэйш. шк., 1977. 191 с.
13. Бендат, Дж. Измерение и анализ случайных процессов/ Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1974. 360 с.
14. Кузнецов А. А. Некоторые корреляционные эффекты структуры пламенного излучателя электрического поля/ Перспективные технологии в средствах передачи информации. XIII Международная научно-техническая конференция. Материалы конференции в 2-х томах. Том I. Владимир. 3 – 5 июля 2019. С. 249 – 252.
15. Кузнецов, А.А. Методы анализа и обработки электрокардиографических сигналов: Новые подходы к выделению информации: монография/ А.А. Кузнецов. – Владимир: ВлГУ. 2008. 140 с.
16. Кузнецов А.А. Связь между временными и структурно-топологическими характеристиками диаграмм ритма сердца здоровых людей// Информатика и ее применения. 2010. Т. 4. Вып. 4. С. 39 – 48.
17. Кузнецов А.А. Применение элементов теории связи к анализу диаграмм непрерывных сигналов разной природы/ А.А. Кузнецов // Инженерная физика. 2011. № 10. С. 19 – 25.
18. Кузнецов, А. Энтропия ритма сердца: методы донозологической диагностики/ А.А. Кузнецов. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishig GmbH & Co. KG. 2012. 174 с.
19. Кузнецов, А.А. Биофизика сердца. Методы обработки и анализа электрокардиографической информации при донозологических исследованиях: учеб. пособие/ А.А. Кузнецов. – Владимир: Изд-во ВлГУ. 2012. 237 с.

*Научное издание*

КУЗНЕЦОВ Артемий Артемьевич  
КОНОПАСОВ Николай Георгиевич

МЕТЕОТРОН

Монография

Книга 4 (Доп.)

История создания. Дневник опытов. Фотоальбом

Компьютерная верстка А. А. Кузнецова

*Издается в авторской редакции*

Подписано в печать 09.01.20.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 12,09. Тираж 200 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.