

6
А-60

И 13

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. В. В. КУЙБЫШЕВА

На правах рукописи

В. А. ГРАЧЕВ

АВТОКОНТРОЛЬ ЗАБОЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ С
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ СВЯЗИ ПО
БУРИЛЬНЫМ ТРУБАМ В СКВАЖИНЕ

(253 - приборы и устройства автоматики и
телемеханики)

(Диссертация написана на русском языке)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Куйбышев 1971г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. В. В. КУЙБЫШЕВА

На правах рукописи

Б. А. ГРАЧЕВ

АВТОКОНТРОЛЬ ЗАБОЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ С
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ СВЯЗИ ПО
БУРИЛЬНЫМ ТРУБАМ В СКВАЖИНЕ

(253 - приборы и устройства автоматики и
телемеханики)

(Диссертация написана на русском языке)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Куйбышев 1971г.



Известные и используемые в настоящее время методы и технические средства автоматического контроля параметров режима бурения и геофизических параметров скважин непригодны для забойных измерений в ходе процесса. Однако стремление оптимизировать процесс и увеличить за счет этого технико-экономические показатели бурения настоятельно требует наличия соответствующих методов и технических средств, обеспечивающих получение необходимой информации о параметрах режима бурения непосредственно в забое скважин. Нефтяная промышленность испытывает сейчас острую потребность в таких методах и технических средствах. Актуальность проблемы настолько велика, что в директивах XXIV Съезда КПСС по 9-му пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР в частности записано: "Ускорить внедрение технологии бурения с полным контролем показателей режима бурения в забое скважин".

Указанная научно-техническая проблема давно занимает исследователей и разработчиков. Применительно к турбинному и роторному бурению скважин на нефть и газ она содержит две основные группы весьма сложных задач. Это, прежде всего, задачи, относящиеся к созданию линии связи между забоем скважин и земной поверхностью и, наконец, задачи весьма специфичной аппаратной реализации систем связи и автоматического телеконтроля.

Значительный практический интерес представляет использование колонны бурильных труб в скважине как электрической линии связи с забоем. Надежность и простота обслуживания такой линии достаточно очевидны, упрощается также забойная аппаратура.

В реферируемой диссертации поставлены и решаются задачи исследований и разработки систем связи с забоем и систем автоматического телеконтроля забойных параметров режима бурения скважин при использовании для передачи информации колонны стальных бурильных труб как электрической линии.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и перечня использованной литературы.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ - проведен анализ состояния исследований и разработки в области научно-технической проблемы автоматического телеконтроля забойных параметров режима бурения скважин турбинным и роторным способами.

На основании анализа выбрано направление исследований и поставлены задачи диссертационной работы:

1. Исследование стальной колонны бурильных труб в скважине как длинной однопроводной линии для передачи сообщений модулированными электрическими сигналами низкой частоты.

2. Исследование и разработка систем связи для передачи сообщений электрическими сигналами по колонне бурильных труб в скважине.

3. Исследование возможности ретрансляции электрических сигналов по колонне бурильных труб для повышения помехоустойчивости и дальности действия систем автоматического телеконтроля.

4. Исследование и разработка узлов и блоков одноканальных и многоканальных систем автоматического телеконтроля забойных параметров режима бурения скважин турбинным способом.

5. Исследование работы опытных образцов систем автоконтроля забойных параметров режима бурения с электрическими каналами связи по бурильным трубам.

ВТОРАЯ ГЛАВА - посвящена вопросам аналитического исследования колонны стальных бурильных труб в скважине как электрической линии в системах связи с забоем.

Для упрощения решения задачи сделаны некоторые допущения. Колонна стальных бурильных труб в скважине представлена однородной однопроводной линией с равномерно распределенными параметрами. Амплитуда волны напряжения на расстоянии X от начала линии найдена при совместном решении дифференциальных уравнений, упрощенных в предположении, что влиянием емкости и индуктивности линии на частотах менее 40 гц можно пренебречь:

$$U_x = I_0 \cdot \sqrt{\frac{R}{g}} \cdot \frac{e^{-\beta L} \cdot e^{\beta x} + e^{\beta L} \cdot e^{-\beta x}}{e^{\beta L} - e^{-\beta L}} \quad (1)$$

где: I_0 - ток в начале линии, $\sqrt{\frac{R}{g}} = Z_0$ характеристическое сопротивление, $\beta = \sqrt{R \cdot g}$ - коэффициент распространения.

При граничных условиях $x=0$ и $x=L$ найдены амплитуды волн напряжения в начале и конце линии:

$$U_H = I_0 \cdot \sqrt{\frac{R}{g}} \cdot \operatorname{cth}(\beta \cdot L), \quad (2)$$

$$U_K = I_0 \cdot \sqrt{\frac{R}{g}} \cdot \operatorname{csch}(\beta \cdot L). \quad (3)$$

амплитуда волны напряжения в конце линии выражена через амплитуду ее в начале линии. После преобразований получено выражение:

$$U_K \approx 2 \cdot U_H \cdot e^{-\beta L}. \quad (4)$$

Так как исследуемая линия практически всегда замкнута на сопротивление, не равное волновому, введен коэффициент отраженности, численное значение которого и знак соответственно указывают величину и фазу отраженной волны:

$$U_K = (1 + q) \cdot U_H \cdot e^{-\beta L}. \quad (5)$$

В преобразованном виде закон затухания линии приводится к зависимости:

$$\beta = \beta_0 + \beta L, \quad (6)$$

где: β_0 - затухание, обусловленное условиями ввода сигналов в линию-колонну труб в скважине, $\beta \cdot L$ - километрическое затухание.

Так как колонна стальных бурильных труб представляет собой массивный ферромагнитный проводник трубчатого сечения, для учета влияния поверхностного эффекта определено сопротивление единицы длины линии переменному току низкой частоты в функции параметра α по НЕЙМАНУ Л.Р. В результате для коэффициента распространения получено выражение:

$$\beta = \frac{\kappa_2}{\sqrt{2 \cdot \rho \cdot r}} \cdot \sqrt{f(\alpha)}. \quad (7)$$

С учетом аналитических выводов и графических построений установлена зависимость коэффициента распространения от \sqrt{f} при $\alpha > 1$, когда $f(\alpha) \approx 1,6$, а при подстановке известных параметров линии получена зависимость:

$$\beta = \frac{2 \cdot \sqrt{f}}{\sqrt{2 \cdot \rho}}, \quad (8)$$

где: r - радиус бурильных труб наружный, ρ - удельное электрическое сопротивление среды, окружающей колонну труб в скважине, f - частота тока сигналов. В рассматриваемом случае коэффициент распространения представляет некоторую постоянную, характеризующую ослабление амплитуды волны напряжения на единице длины пути, то есть коэффициент затухания.

Исследуемая линия практически всегда неоднородна из-за неоднородности пород в геологических разрезах вдоль осей скважин.

При расчетах параметров линии неоднородный геологический разрез заменен его эквивалентом—однородным разрезом с электрическим удельным сопротивлением, вычисленным по предлагаемой эмпирической формуле:

$$\rho' = \left[\frac{N}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\rho_i}} \right]^2, \quad (9)$$

где: ρ_i — текущее среднее значение удельного электрического сопротивления для i -го интервала каротажной диаграммы разреза, N — число интервалов разбивки каротажной диаграммы.

На основании полученных аналитических зависимостей в работе выведена формула для максимальной длины линии связи из условия преодоления затухания и получения в конце линии сигналов, превышающих уровень помехи ($\frac{U_k}{U_n} \geq \rho_1$, где $\rho_1 \geq 3$):

$$L_{max} = \frac{1}{2\beta} \cdot \rho_1 \frac{(1+\rho)^2 \cdot P_n \cdot Z_n}{(\alpha_1 \cdot U_k^*)^2}, \quad (10)$$

где: P_n — номинальная мощность забойного источника сигналов, Z_n — сопротивление нагрузки источника сигналов.

Аналитическое исследование показало, что колонна стальных буровых труб в скважине, как электрическая линия связи, имеет частотную характеристику, сходную с последней для фильтра нижних частот и что затухание линии в сильной степени зависит от удельного электрического сопротивления геологического разреза вдоль оси скважины, геометрических параметров колонны труб и частоты тока сигналов.

ТРЕТЬЯ ГЛАВА — содержит результаты исследования и раз-

работки систем связи для передачи сообщений по колонне буровых труб электрическими импульсами и низкочастотными сигналами.

Исследуются системы связи с принципиальными схемами, изображенными на рис.1: схема "а" впервые применена в США, схемы "в" и "с" предложены автором и отличаются способами ввода сигналов

в колонну труб, обеспечивающими улучшенные характеристики систем в части использования энергии источников сигналов на забое.

В схеме "а" сопротивление Z_n нагрузки источника сигналов приблизительно равно $Z_n \approx Z_c + \frac{Z_L \cdot Z_L}{Z_L + Z_L}$

В схемах "в" и "с" $Z_n \approx Z_c + Z_L$; здесь отсутствуют ограничения на длину l электрода и при $l \ll L$ также $Z_c \rightarrow Z_L$, а $Z_n \rightarrow 2Z_L$ (Z_L — входное сопротивление линии).

В четырех скважинах объединения "Грознефть" автором исследована система связи с принципиальной схемой по рис.1 "а" и с техническими данными по таблице №1 при передаче сообщений электрическими импульсами экспоненциальной формы. В качестве источника сигналов "Г" применены релаксационные генераторы экспоненциальных импульсов различной длительности. Приемники "П" содержали: фильтр-пробку на частоту 50 гц, усилитель постоянного и переменного тока, спектрометр с кинокамерой и осциллографы: пленочный и электронный.

Таблица №1

№№ скв.	ρ ОММ	l М	k М	L_1 М	$t_{ва}$ сек	U_c В
157	2,0	2,0	1,5	80	$1,9 \cdot 10^{-4}$	10^8
160	2,5	2,0	1,5	78	$2 \cdot 10^{-4}$	10^8
12	2,7	2,0	1,5	70	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^2$
20	17,0	2,0	1,5	80	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^2$

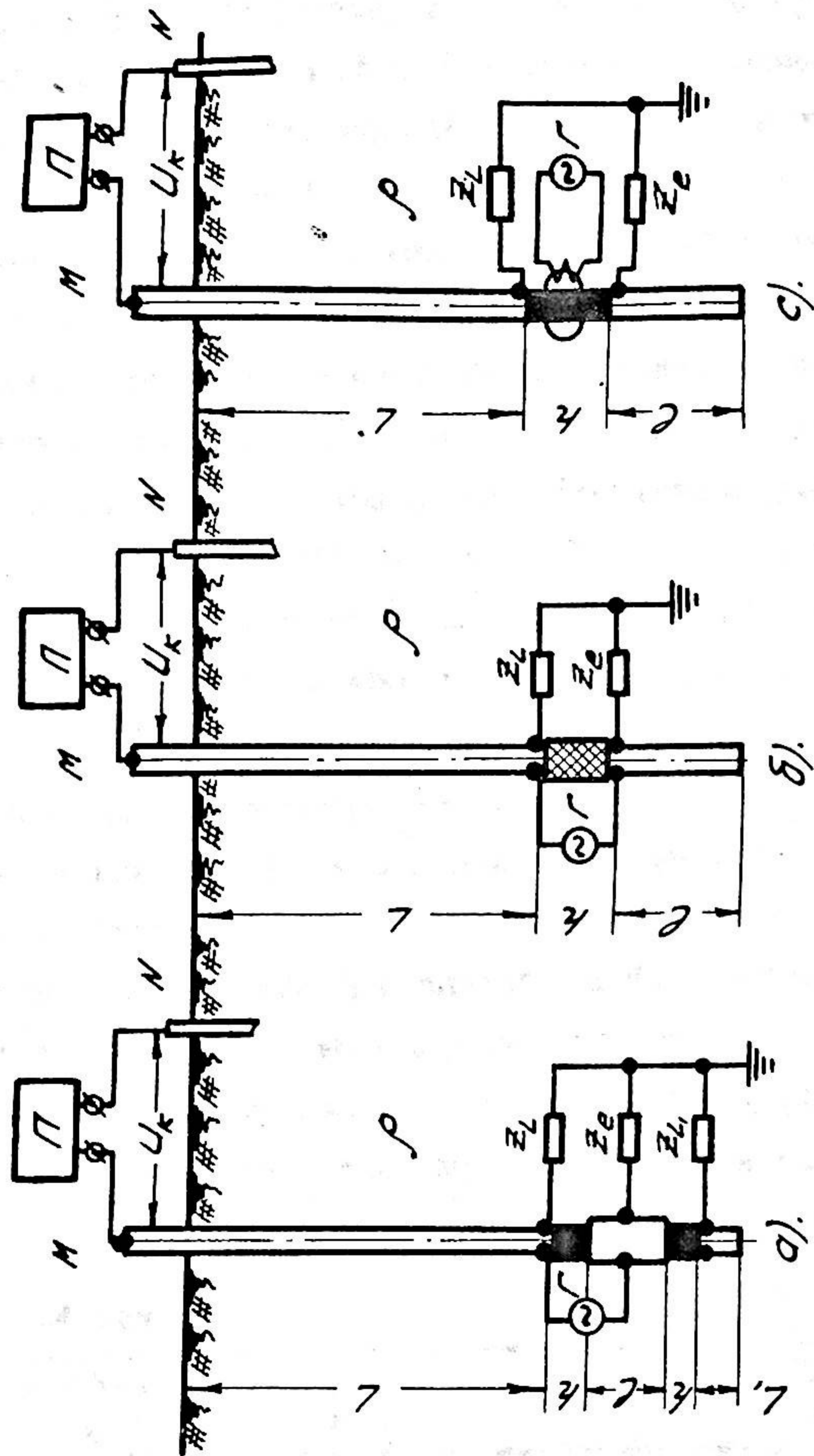


Рис. 1. Принципиальные схемы систем связи с объектом и электрические схемы замещения.

Ввиду недоступности объекта для измерений амплитуд сигналов в начале линии, затухания в системах связи определены из отношений $\frac{U_c}{U_k}$. Табличные функции затем переведены на поллогарифмическую функциональную сетку (рис. 2): затухание линии подчинено зависимости $\sigma = \sigma_0 + \beta L$. Определены также числовые величины компонент затухания ρ и σ_0 . В результате исследования установлено, что для передачи сообщений электрическими импульсными сигналами экспоненциальной формы должно быть соблюдено условие максимального сосредоточения энергии импульсов в низкочастотной области их спектра, граничная частота f_{995} сигналов не должна превышать $f_{995} \leq 10$ гц.

Исследование систем связи с принципиальными схемами по рис. 1 и основными техническими данными по таблице № 2 при передаче сообщений модулированными электрическими колебаниями низкой частоты проведено автором в скважинах, бурение которых велось в геологических разрезах всех трех выделенных при анализе групп ($\rho \geq 2 \div 5$ ом.м., $\rho \geq 30 \div 40$ и $\rho \geq 12 \div 15$ ом.м.). В качестве источников сигналов "Г" применены специально разработанные и изготовленные для этой цели транзисторные глубинные генераторы синусоидальных колебаний с различной выходной мощностью и частотами. Приемники "П" сигналов содержали: ФНЧ с частотой среза $f_{cp} = 40$ гц и затуханием на частоте 50 гц более 8.0 неп, усилитель постоянного и переменного тока, модулятор и магнитофон, шлейфный и электронный осциллографы.

β , неп.

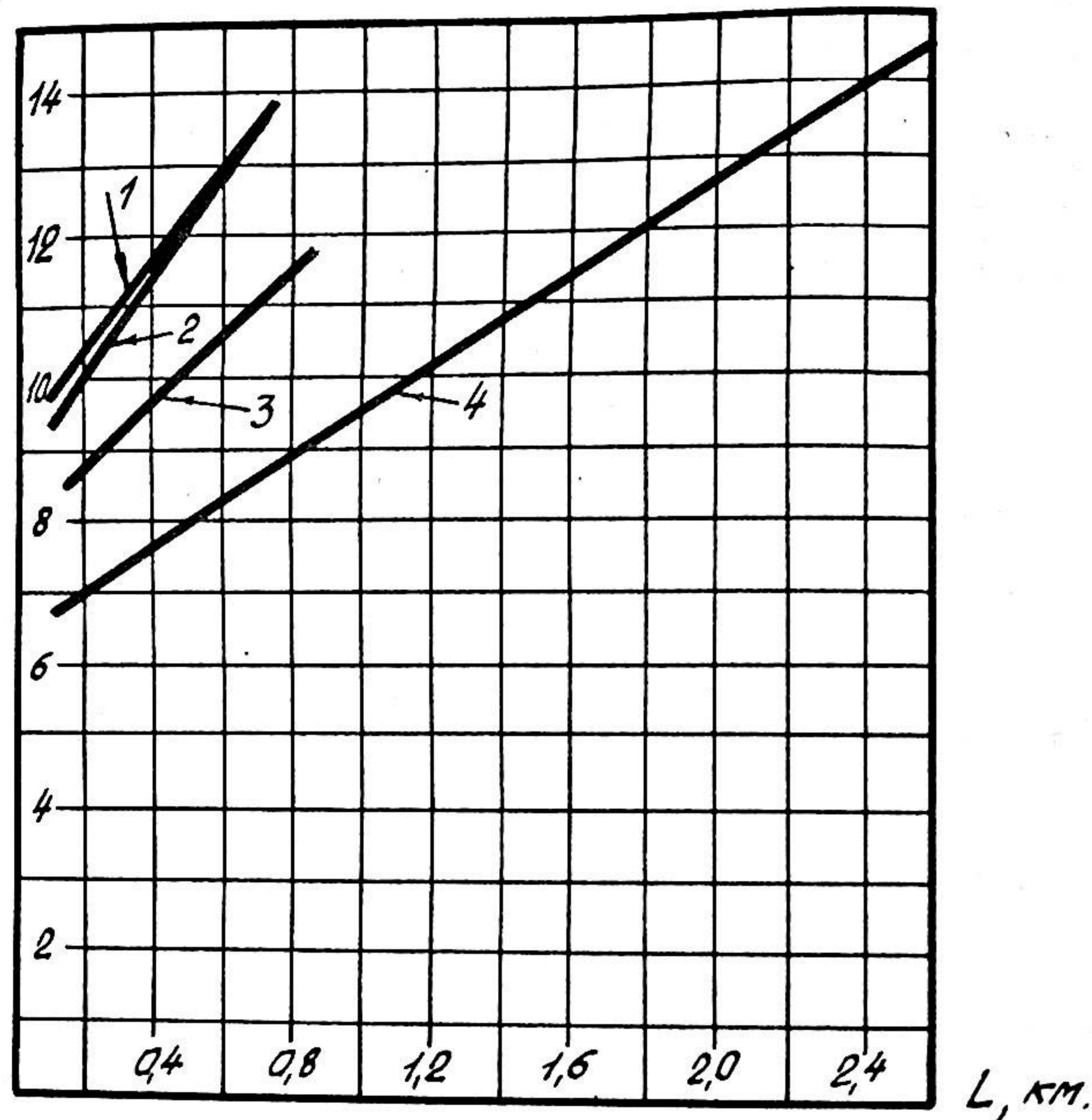


Рис. 2. Затухание β в системах связи по схеме 1, "а" при передаче импульсов экспоненциальной формы (1. $t_{\text{ца}} = 2 \cdot 10^{-4}$ сек, 2. $t_{\text{ца}} = 1,9 \cdot 10^{-4}$ сек, 3. $t_{\text{ца}} = 1,6 \cdot 10^{-3}$ сек, 4. $t_{\text{ца}} = 1,2 \cdot 10^{-2}$ сек.)

Таблица № 2

№№ скв.	Схема системы, рис.	ρ Ом.м.	ϵ м.	h м	L_1 м	f гц	ρ_H Вт
1	2	3	4	5	6	7	8
12	1а	2,7	2,0	1,5	700	19,0	0,8
162	"	3,0	2,0	1,5	100	19,0	1,7
162	"	3,0	2,0	1,5	80	10,0	25,0
58-01	"	38,0	1,0	0,5	11	15,0	2,6
54-68	"	120,0	1,0	0,5	12	29,0	4,0
10-44	"	160,0	1,0	0,5	12	32,0	3,1
3А	1в	15,0	11,0	2,0	-	6,0	
39	1в	17,0	11,0	2,0	-	0,22	
58-19	"	42,0	10,0	1,5	-	15,0	9,0
261	1с	0,8	18,0	1,5	-	17,0	1,0
162	"	3,0	60,0	1,5	-	75,0	1,0

Затухания определены из отношений $\frac{U_{\text{ХХ}}}{U_{\text{К}}}$, а табличные функции переведены на полулогарифмическую функциональную сетку (рис.3). Данные исследований показывают, что закон затухания линии хорошо приближают прямые: $\beta = \beta_0 + \beta \cdot L$. При этом сходимость данных расчета по аналитическим выражениям и экспериментальных данных исследования получена вполне удовлетворительной: расчетный коэффициент затухания и фактический по экспериментальным данным отличаются не более, чем на 7-8%, расчетное затухание на УВС и его значение по экспериментальным данным отличаются не более, чем на 3-3,5%.

Величины затуханий на УВС в системах связи при передаче сообщений модулированными электрическими колебаниями низкой частоты

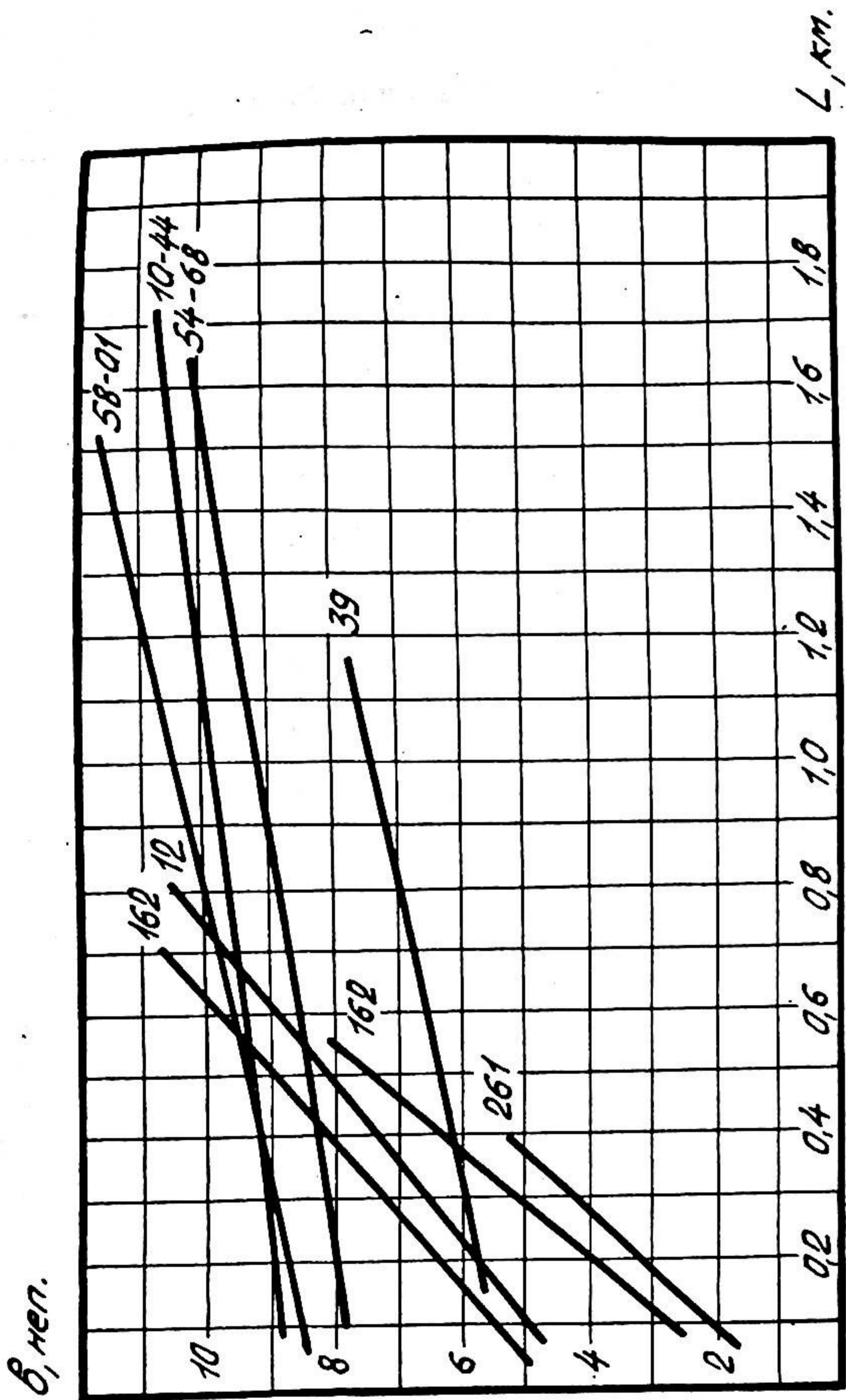


Рис. 3. Затухание в системах связи при передаче модулированных электрических сигналов низкой частоты (основные технические данные систем в табл. №2)

имеют меньший уровень по сравнению с затуханиями при импульсной передаче, однако в случае использования сигналов в виде прямоугольных колебаний, из-за срезания высокочастотных составляющих в начале линии, кажущаяся величина затухания имеет уровень на 0,7-0,8 неп больший, чем при синусоидальных сигналах.

По данным исследований увеличение ℓ УВС от 1,0 м до 10,0 м с переходом на схему системы по рис.1"в" дает выигрыш в величине δ при $\rho \approx 35-40$ омм порядка на 1,6-1,7 неп, что соответствует усилению по напряжению в 5-5,6 раз. С использованием схемы системы связи по рис.1"с" в геологических разрезах первой группы удалось, увеличив длину электрода до 14 и 19 м, получить выигрыш в величине затухания на УВС до 2,3 и 3,0 неп соответственно против величины его при $\ell = 2,0$ м в схеме системы по рис.1"а". Преимущества предложенных схем систем связи перед известной из практики США таким образом доказаны экспериментально.

Как показали исследования, помехи в системах связи по трубам в скважине имеют преимущественно флуктуационный характер. Уровни удельного напряжения помех при роторном бурении скважин почти на два порядка выше их уровней при турбинном бурении. Использование полученных при исследовании данных об удельном эффективном напряжении помех и данных расчета ζ_{max} при различных значениях отношения $\frac{U_k}{U_n}$ для случаев стальных и легкосплавных бурильных труб, геологических разрезов с удельным электрическим сопротивлением $\rho \approx 2-5$ омм, $\rho \approx 12-15$ омм, $\rho \approx 35-40$ омм и частот сигналов 0-2 гц, 5, 10 и 30 гц, позволило построить графики

зависимости отношения сигнал/помеха от длины линии для различных условий возможного использования систем связи с забоем по бурильным трубам в скважине. При этом установлено, что при стальных бурильных трубах и $\rho \geq 35; 40$ ом системы связи характеризуются относительно высоким отношением сигнал/помеха на всех достигнутых глубинах бурения. Для передачи сообщений в этих случаях могут быть использованы электрические сигналы с частотами до 30 гц. При стальных бурильных трубах и $\rho \geq 12; 15$ ом, глубины бурения порядка 4000 м могут быть перекрыты на частотах до 10 гц.

Для повышения помехоустойчивости и дальности действия систем связи и автоматического контроля использован принцип ретрансляции сигналов. Автор впервые в СССР исследовал и разработал оригинальную аппаратную реализацию систем связи с ретрансляцией сигналов по колонне бурильных труб в скважине как электрической линии. Для ввода сигналов передатчика на забое и передатчика ретранслятора в линию в системе связи использованы УВС типа "трансформаторный ввод" (схема на рис. 1 "о").

В качестве входного трансформатора приемника ретранслятора использовано устройство, аналогичное по конструкции, но отличающееся площадью сечения сердечника, назначением и параметрами обмотки. Функции передатчика и приемника ретранслятора для предотвращения самовозбуждения разделены во времени. Аппаратура и устройства испытаны в промышленных условиях.

Результаты исследования позволили сформулировать основные технические требования к системам автоматического контроля забойных параметров режима бурения скважин и получить исходные данные для разработки узлов и блоков систем.

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА – посвящена результатам исследования и разработки узлов и блоков систем автоматического контроля забойных параметров режима бурения скважин турбинным способом.

Предложено в качестве датчика скорости вращения вала турбобура использовать маслозаполненные и герметизированные тахогенераторы магнитоэлектрической системы с одной парой полюсов, работающие непосредственно на устройство для ввода сигналов в линию связи, а также преобразователи постоянного тока в переменный инфранизкочастотный ток прямоугольной формы, питаемые через выпрямитель от многофазного генератора переменного тока магнитоэлектрической системы. В качестве датчика осевой нагрузки на долото предложено использовать дифференциальные индуктивные датчики специальной конструкции, чувствительным элементом которых служит участок бурильной колонны вблизи турбобура. Для электрического каротажа в процессе бурения скважины рассчитан и разработан градиент-зонд специальной конструкции, совмещенный в один блок с устройством для ввода сигналов в линию связи (УВС).

Под руководством и при непосредственном участии автора данной работы в СПКБ "Нефтегазпромавтоматика", с учетом проведенных исследований, разработаны несколько систем автоматического контроля забойных параметров режима бурения скважин.

Трехканальная система БЭТА-1 для автоматического контроля скорости вращения вала турбобура, осевой нагрузки на долото и электрического каротажа разбуренных пород разработана на основе изобретения автора. Предложена оригинальная схема забойного передающего устройства. При передаче информации частота заполнения импульсов пропорциональна скорости вращения вала турбобура, ширина

импульса пропорциональна осевой нагрузке на долото, длительность паузы между посылками пропорциональна кажущемуся удельному электрическому сопротивлению пород геологического разреза, Система автоматического контроля трех параметров запатентована в ФРГ, Англии, Италии и ОАР. Межведомственная комиссия рекомендовала трехканальную систему БЭТА-1 для выпуска опытно-промышленных партий и использования при бурении опорно-технологических скважин и проведении исследовательских работ, связанных с отработкой оптимальных режимов бурения.

Электрический беспроводный турботактометр ЭБТ-1 прошел широкие промышленные испытания, принят межведомственной комиссией и рекомендован для выпуска опытно-промышленных партий и использования при бурении нефтяных и газовых скважин в геологических разрезах с удельным электрическим сопротивлением более 30 ом. Для передачи информации в системе использованы модулированные по частоте сигналы в области частот 5-25 гц, что соответствует скоростям вращения от 300 до 1500 об/мин. Разработка защищена приоритетным удостоверением Государственного Комитета Совета Министров СССР по делам открытий и изобретений.

Электрический беспроводный инфранизкочастотный турботактометр ЭБТ-2 принят межведомственной комиссией и рекомендован для опытно-промышленного производства и использования при бурении нефтяных и газовых скважин в геологических разрезах с удельным электрическим сопротивлением более 12 ом. Для передачи информации в системе использованы частотно-модулированные сигналы в области частот от 0 до 1 и от 0 до 5 гц, что соответствует скоростям вращения 0 - 1500 об/мин.

Использование разработанных систем автоматического контроля забойных параметров режима бурения в объединении "Татнефть" позволило значительно улучшить отработку долот, усовершенствовать некоторые типы породоразрушающего инструмента и забойных двигателей. Системы автоматического контроля найдут также широкое применение при оптимизации режимов бурения и автоматизации технологического процесса.

Основные выводы по работе

1. Определены условия построения систем автоматического контроля забойных параметров режима бурения при передаче сообщений электрическими модулированными сигналами низкой частоты по колонне бурительных труб в скважине как электрической линии связи с забоем.
2. Получены аналитические зависимости для основных параметров колонны стальных бурительных труб как электрической однопроводной линии в системах связи с забоем при $\rho \geq 12 \div 15$ ом и $L = 2500 \div 3000$ м.
3. Получен и обработан большой объем экспериментальных данных исследований о параметрах стальной колонны бурительных труб в скважине как электрической линии в системах связи с забоем.
4. Предложены и исследованы теоретически и экспериментально две схемы систем связи с забоем, отличающиеся от известной способами ввода сигналов в линию - колонну труб в скважине и обеспечивающие относительно более высокую эффективность использования энергии источника сигналов.

5. Получены статистические характеристики помех в системах связи по трубам в скважине и определены отношения сигнал/помеха для различных условий практического применения систем.

6. Предложена и впервые в СССР исследована и испытана в скважинных условиях аппаратная реализация способа ретрансляции сигналов по стальной колонне бурильных труб как электрической линии в системах связи с забоем.

7. Исследованы и разработаны основные узлы и блоки однокавальных систем автоматического контроля скорости вращения вала трубобура для условий турбинного бурения скважин в геологических разрезах с удельным электрическим сопротивлением

$$\rho \approx 12 \div 15 \text{ омм и } \rho \approx 30 \div 40 \text{ омм.}$$

8. Предложены, исследованы и разработаны оригинальные схемы и технические решения трехканальной системы автоматического контроля двух забойных технологических и одного геофизического параметров при турбинном бурении скважин. Разработка защищена авторским свидетельством на изобретение и запатентована в четырех зарубежных странах: ФРГ, Англии, Италии, ОАР.

9. Результаты теоретических и экспериментальных исследований автора использованы при разработке и проектировании систем автоматического контроля ЭБТ-1, ЭБТ-2, БЭТА-1.

10. Системы автоматического контроля забойных параметров режима бурения скважин ЭБТ-1, ЭБТ-2, БЭТА-1 успешно прошли промышленные и междуведомственные испытания, приняты междуведомственными комиссиями и рекомендованы для опытно-промышленного производства и применения при бурении скважин.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Результаты экспериментальных работ по созданию электрического беспроводного канала связи в скважине. Труды ВНИИ БТ. Гостоптехиздат, М, 1961.

2. К теории гальванического канала связи по трубам в скважине. Известия ВУЗ Нефть и Газ, 1962, № 6 (Соавтор: О.П.Шишкин).

3. О возможностях канала связи по трубам в скважине. Известия ВУЗ Нефть и Газ, 1962, № 7. (Соавтор О.П.Шишкин).

4. О мощности передатчика гальванического канала связи с забоем. Известия ВУЗ Нефть и Газ, 1963, № 2 (Соавторы: О.П.Шишкин, А.И.Леонов).

5. К вопросу телеизмерения скорости вала турбобура. Нефтяное хозяйство, 1963, № 1 (Соавторы: А.И.Леонов).

6. Автоматический контроль за скоростью вращения вала турбобура. Нефтяное хозяйство, 1964, № 6.

7. Электрический беспроводный турботахометр ЭБТ-1. ЦНИИТЭ Нефтегаз. Бурение, 1964, № 4 (Соавторы: Ю.Н.Юрин).

8. Ретрансляция сигналов по колонне бурильных труб как каналу связи с забоем. Автоматика и Телемеханика. АН СССР, т. 24, 1963, № 5 (Соавторы: А.И.Леонов).

9. Электрический беспроводной турботахометр ЭБТ-1. Приоритетное удостоверение № 50633 от 9.02.1965г., выданное Государственным Комитетом по делам изобретений и открытий при СМ СССР. (Соавторы: О.П.Шишкин, Ю.Н.Юрин, Б.А.Малин, М.В.Батальщиков, В.Ф.Кучугуров, В.А.Иванов, С.М.Хасиев).

10. Электрический беспроводный турботахометр ЭБТ-1 прошел промышленные испытания. Известия ВУЗ Нефть и Газ, 1964, №4. (Соавторы: Ю.Н.Юрин, Г.Э.Акиев, В.Ф.Кучугуров, М.В.Батальщиков).

11. Устройство для передачи сигналов системы телеизмерения. Авторское свидетельство № 201939 по заявке № 771869 с приоритетом от 2.04.1962г. (Соавторы: Ю.Н.Юрин, О.П.Шишкин, А.И.Леонов, Б.А.Малин).

12. Устройство для передачи сигналов системы телеизмерения. Патентная грамота № 757109, Италия, 1967. (Соавторы: Ю.Н.Юрин, О.П.Шишкин, А.И.Леонов, Б.А.Малин).

13. Устройство для передачи сигналов системы телеизмерения. Патентная грамота № 065834, Англия, 1967г. (Соавторы: Ю.Н.Юрин, О.П.Шишкин, А.И.Леонов, Б.А.Малин).

14. Устройство для передачи сигналов системы телеизмерения. Патентная грамота № 1224678, Федеративная Республика Германии, 1966. (Соавторы: Ю.Н.Юрин, О.П.Шишкин, А.И.Леонов, Б.А.Малин).

15. Устройство для передачи сигналов системы телеизмерения. Патентная грамота № 5893. Объединенная Арабская Республика, 1965г. (Соавторы: Ю.Н.Юрин, О.П.Шишкин, А.И.Леонов, Б.А.Малин).

16. Дискретный передатчик дистанционного измерения. Авторское свидетельство № 171301, 1966 (Соавторы: В.М.Деникин).

17. О возможностях канала связи по трубам в различных геологических условиях. Сборник трудов Грозненского филиала "ВНИИКАНЕФТЕГАЗ" " Автоматизация в нефтедобывающей промышленности", "Недра", 1968г., вып. №1 (Соавтор : А.И.Леонов).

Основные положения диссертационной работы доложены:

1. На Всесоюзном совещании по вопросам автоматизации бурения в институте ВНИИБТ, Москва, 1961г.

2. На второй Межвузовской конференции по вопросам новой техники в нефтяной промышленности в институте АЗИНЕФТЕХИМ Баку, 1967г.

3. На Всесоюзном совещании " Автоматизация управления и создание информационной сети нефтедобывающих предприятий", Грозный, 1967г.

4. На заседании научно-технического Совета СПКБ "Нефтегазпромавтоматика", 1970, 1971гг.

Б.А.ГРАЧЕВ

Автоконтроль забойных параметров с электрическими
каналами связи по бурильным трубам в скважине
(05-253- приборы и устройства автоматики и теле -
механики)

СФ 03826
Заказ № 200

Подписано к печати 17.XI.71
Тираж 180 экз.

Отпечатано в СПКБ "Нефтегазпромавтоматика"