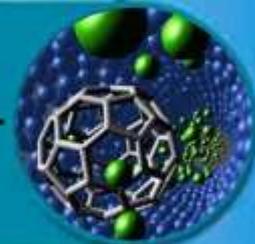




Бухоро муҳандислик-технология институти



**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



1
2021

Бош муҳаррир:
ДЎСТОВ Ҳ.Б.

кимё фанлари доктори, профессор

Таҳририят ҳайъати раиси:

БАРАКАЕВ Н.Р.

техника фанлари доктори, профессор

Муовини:

ШАРИПОВ М.З.

физика-математика фанлари доктори

Таҳрир ҳайъати:

ПАРПИЕВ Н.А.

ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

МУҚИМОВ К.М.

ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т.

ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н.

ЎзР ФА академиги (“Фан ва таракқиёт” ДУК)

РИЗАЕВ А.А.

т.ф.д., профессор (ЎзР ФА Механика ва зилзила-бардошлилиқ ИТИ)

БАҲОДИРОВ Ғ. А.

т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

МАЖИДОВ Қ.Х.

техника фанлари доктори, профессор

АСТАНОВ С.Х.

физика-математика фанлари доктори, профессор

РАҲМОНОВ Х.Қ.

техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М.

техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф.

техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н.

техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф.

техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б.

техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р.

техника фанлари доктори

НИЗОМОВ А.Б.

иқтисод фанлари доктори, профессор

ТЕШАЕВ М.Х.

физика-математика фанлари доктори

ЮНУСОВА Г.С.

фалсафа фанлари доктори

ХАМИДОВ О.Х.

иқтисод фанлари доктори, профессор

ХОШИМОВ Ф.А.

т.ф.д., профессор (ЎзР ФА Энергетика институти)

АХМЕТЖАНОВ М.М.

педагогика фанлари номзоди, профессор

Муҳаррир:

БОЛТАЕВА Н.Ў.

Мусахҳиҳлар:

БОЛТАЕВА З.З., НОРОВА Р.Ф.,

АЗИМОВА Г.А.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

*Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот
агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида
2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли
гувоҳнома билан рўйхатга олинган*

Муассис:

Бухоро муҳандислик-технология институти

*Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар
Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг
2017 йил 29-мартдаги №239/5- сонли қарори
билан диссертациялар асосий илмий
натижаларини чоп этиши тавсия этилган
илмий нашрлар рўйхатига киритилган.*

Таҳририят манзили:

*200100, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев
кўчаси, 15-уй,*

*Бухоро муҳандислик-технология институти
биринчи биноси, 2-қават, 206-хона.*

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

*Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан
<https://journal.bmti.uz/>
сайти орқали танишиши мумкин.*

*Ушбу журналда чоп этилган материаллар
таҳририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки
қисман чоп этилиши мумкин эмас.*

*Таҳририятнинг фикри муаллифлар фикри
билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин.
Журналда ёритилган материалларнинг
ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари
ва реклама берувчилар масъулдирлар.*

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Баракаев Н.Р., Мирзаев О.А. Ёнғоқ чақиш қурилмасида ёнғоқ ҳаракатланиш тенгламасининг таҳлили	4
Капустин В.М., Цуканов М.Н., Махмудов М.Ж. Квалифицированное использование вторичных продуктов пиролиза	7
Mukhammadiev V.T., Verdiyeva Z.M., Kurbanov M.T. Innovative technology of cryo-crushing and cryoseparating	16
Шойимов П., Жўраев М.Қ., Рустамов С.Ш., Муродов Б.Б. Геометрик ўлчамлари кичик ва массаси енгил бўлган уруғларни трибоэлектрик қурилмада саралаш	23
Шойимова С.П. Такотиллашган қурилмада шоли уруғини саралаб экишга тайёрлаганда олинган натижалар	27
Шойимов П., Музаффаров Ф.Ф., Муродов Б.Б., Худойназаров Ф.Ж. Маккажўхори уруғини электр усулида саралаш	32
Муминов Р.О., Орипов З.Б. Исследование динамических процессов в гидрообъемной системе подачи бурового станка	38
Ибрагимов Б.Т., Каримов М.Ш., Ялгашев О.У., Рахмонов Р.Р., Жўраев А.Қ. Замонавий ёнғин ўчириш техникаларининг ҳаётимиздаги ўрни ва аҳамияти	45
Рузибаев А.Н. Интенсивность износа зубьев ковша экскаваторов на карьере «Мурунтау»	49
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Barakaev N.R., Mukhamadiev V.T., Kurbanov M.T. The technological performance CO ₂ in supercritical fluids state	54
Фозилов Х.С., Асадова Д.Ф., Ахмедова Ш.У., Фозилов С.Ф., Хамроев Ш.Г., Набиев А.Н. Очистка промышленных сточных вод и отходящих газов с помощью полианилиновых интерполимерных материалов	63
Назаров Н.И., Бекназаров Х.С. Синтез, характеристика и ИК-спектроскопическое исследование некоторых комплексов переходных металлов на основе основания Шиффа в качестве термостабилизаторов для поливинилхлорида	68
Рахматова Г.Б., Қурбанов М.Ж., Кадиров А.А. Бициклик α-аминокетонлар ва улар ҳосилаларининг коррозияга қарши ингибиторлик хоссаларини ўрганиш	75
Эшқурбонов Ф.Б., Тураев Х.Х., Уралов Н.Б., Эшқурбонова М.Б. Хўжайкон техник ош тузини физик-кимёвий усуллар ёрдамида тозалаш ва тадқиқ қилиш	82
Астанов С.Х., Шамсиев Р.Х. Спектроскопическое исследование ассоциатов индигокармина	86
Ибрагимова Ф.Б., Амонов М.Р. Физико-механические свойства шпигующей полимерной композиции	95
Алиев Т.Б., Хусенов Қ.Ш., Мухиддинов Б.Ф., Ибодуллаева Д.И. Аспарагин кислотасининг темир(III) ионлари билан ҳосил қилган комплексларини термик ўзгаришлари ва кинетик параметрларининг тадқиқоти	101
Фозилов Х.С. Нормал парафин углеводородларни оксидлаб юқори ёғ спиртлари олиш ва уларни дизель ёқилғисининг физик-кимёвий хоссаларини яхшилашда қўллаш	110
Асадова Д.Ф., Фозилов С.Ф., Мавлонов Б.А. Получение экологически безопасных композиционных полимерных материалов и их применение	115
МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Тоиров М.Ш., Аскарходжаев Т.И., Тоирова Н.А. Пружинали тебраниш элаги	120
Усмонов Ж.И., Убайдуллаева Д.Р. Исследование вопросов разработки солнечных элементов на основе полупроводниковых материалов	126
Мажитов Ж.А., Исломов У.Н., Каримов Н.С., Нарзуллаева З.М., Тўрақулов Ж.Т. Қуёш энергияси ёрдамида иситиш тизимида эга бўлган кичик биогаз қурилмасининг	130

техник параметрлари	
Юсубалиев А., Рахматов Д.А., Шарипов Ш.Н. Агросаноат корхоналарида ҳавони зарарли чанглардан тозалашда электр фильтрларни қўллаш имконияти	136
Гадоева О.П. Замонавий бино ва иншоотларда энергия сарфини камайтириш чоралари	140
Sattorov T.A., Muzaffarov F.F. Sanoat korxonalarida oʻrnatilgan asinxron motorlarni faza rotorli asinxron motorlar bilan muvofiqlashtiruvchi parametrlarining bogʻliqliklari	145
Камалов Т.С., Тоиров О.З., Мирхонов Ў.Қ. Компрессор қурилмаларида синхрон моторларнинг кўзгатишини бошқариш принциплари	151
Набиев М.Б. Экспериментальные исследования динамики движения управляющих механизмов клиноремных вариаторов	159
Мардонов Б.Т., Орипов З.Б., Ашуров Х.Х. Исследование физико-механических свойств композиционного покрытия на основе хрома	165
Комилов О.С., Мажитов Ж.А. Расчет мощности тепловой энергии расходуемой для нагрева реактора биоэнергетической установки	170
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Махмудов М.И., Мирхонов Ў.Қ., Ражабов Ф.З., Мирзаев Н.Н. Проектирование микропроцессорного оптоэлектронного измерителя частоты вращения вала двигателя и разработка алгоритма	175
Нежметдинов Р.А., Уринов Н.Ф., Абдуллаева Д.Х. Исследования систем логического управления технологическим оборудованием на базе специализированного стендового оборудования	181
Атауллаев А.О., Атауллаев О.Х., Мамадияров А.Ж. Исследование интеллектуальных радиотехнических следящих систем с линейной обратной связью	186
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Ражабов А.Н., Ҳамроқулов Ғ., Абдуллаев А.Ш., Каримова М.Х. Қаттиқ ва юмшоқ буғдойни кимёвий таркиби асосида ташқи иқтисодий фаолият товарлар номенклатурасига хос код рақамларини тадқиқ этиш	196
Собиров С.М. Каолин минералларининг активлаш орқали ўсимлик мойи (пахта мойи)да қўлланилиши	201
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Ибрагимова Ф.Б. Усовершенствование процесса шпиктования пряжи новыми полимерными композициями	207
Абдувахидов М., Бурханов А., Абдувахидов М.М. Исследование вопроса облегчения конструкции вала пильного цилиндра	215
Айдаркулова К.А., Нигматова Ф.У., Нигматуллаева Д.Ш. Определение статистических характеристик размерных признаков детского населения Узбекистана	219
Казакова Д.С. Оҳорлаш жараёнида оҳор таркибини такомиллаштириш	222
Эргашева Н.Д., Нигматова Ф.У., Шомансурова М.Ш. Средства инновационного дизайна в современной меховой одежде	228
Хайдаров И.Н., Исмаилова Р.М., Ёкубова Н., Исмаилов Р.И. Исследование морфологических и физико-механических свойств целлюлозосодержащих материалов, пропитанных суспензиями антипиренов	234
Гиясова Д.Р. Исследование вытяжного прибора ленточной машины в производстве качественной пряжи	240
Нутфуллаева Ш.Н., Нутфуллаева Л.Н., Сайфуллаева Л.М. Технологические процессы влажно-тепловой обработки одежды – этапы их совершенствования	244
АНИҚ ВА ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Vahobova M.A., Islomov U.N. Elektron qurilmalarning fizika fani rivojlanishidagi oʻrni	250
Рўзиев Р.Р. Ёнгин хавфсизлиги қоидаларини ўқитишда масофавий таълимнинг ўрни	257
Аллаберганова Г.М., Бобоев А.А. Йонлаштирувчи нурланишларнинг умумий хоссалари ва атроф-муҳитга техноген таъсири катталикларини баҳолаш	262
Boboev A.Ch., Akramova O.Q. Innovatsion tadbirkorlikni rivojlantirishda investitsiyaviy	266

jozibadorlikni oshirish	
Нигматова Ф.У., Қодирова Д.Х. Ёшни даврийлаштириш классификаторларини таҳлил қилиш	271
Мусахожиев М.Б., Каримов М.Ш. Саноат қорхоналарининг портлаш-ёниш хавфи юқори бўлган технологик жараёнлари учун ёнғинга қарши талабларни белгилаш муаммолари	277
Азимова Н.Ф. Садриддин Айний ва ўзбек адабиёти	280
Orziyeva L.N. Anna Axmatova lirikasida shaxs erki talqini	284

УДК 612:681

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ С ЛИНЕЙНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ¹Атауллаев А.О., ²Атауллаев О.Х., ¹Мамадияров А.Ж.¹Навоийский государственный горный институт²Навоийский государственный педагогический институт.

Аннотация. Показано, что, используя результаты измерений, "засоренных" шумом линейных комбинаций переменных состояния объекта, их оценки можно получать, применяя фильтр. Фильтр состоит из "модели" исходной системы и сигнала обратной связи, пропорционального разности между действительным измерением и его оценкой. Комбинация оптимального фильтра и оптимального детерминированного регулятора является регулятором с обратной связью. Последний также является оптимальным в случае линейной задачи с квадратичным функционалом и аддитивным Гауссовским белым шумом при условии, когда справедлив принцип стохастической эквивалентности или теорема разделмости.

Ключевые слова: радиотехнические следящие системы, системы с волновыми каналами, измеритель, регулятор, оценщик, заданная часть следящей системы.

ЧИЗИҚЛИ ҚАЙТА АЛОҚАЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ РАДИОТЕХНИК КУЗАТУВ ТИЗИМЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ¹Атауллаев А.О., ²Атауллаев О.Х., ¹Мамадияров А.Ж.¹Навоий давлат кончилиқ институту,²Навоий давлат педагогика институту

Аннотация. Кўрсатилганидек, объект ҳолати ўзгарувчилари чизиқли бирикмаларининг шовқини билан "тиқилиб қолган" ўлчовлар натижаларидан фойдаланиб, уларнинг ҳисоб-китобларини филтр ёрдамида олиши мумкин. Филтр асл тизимнинг "модели" ва ҳақиқий тизим ва унинг баҳоси ўртасидаги фарққа мутаносиб бўлган қайта алоқа сигналдан иборат. Оптимал филтр ва оптимал детерминистик ростлагичнинг комбинацияси қайта алоқали ростлагич бўлиб ҳисобланади. Квадратик функционал ва аддитив Гаусс оқ шовқини билан чизиқли муаммо бўлса, стохастик эквивалентлик принципи ёки ажратиш теоремаси амал қилиш шарти билан ҳам мақбулдир.

Калим сўзлар: радиотехник кузатув тизимлари, тўлқинли каналли тизимлар, ўлчагич, регулятор, баҳолагич, кузатув тизимининг белгиланган қисми.

RESEARCH OF INTELLIGENT RADIO TECHNICAL TRACKING SYSTEMS WITH LINEAR FEEDBACK¹Ataullaev A.O., ²Ataullaev O.Kh., ¹Mamadiyarov A.Zh.¹Navoi State Mining Institute²Navoi State Pedagogical Institute.

Annotation: It is shown that using the results of measurements "clogged" with noise of linear combinations of object state variables, their estimates can be obtained by applying a filter. The filter consists of a "model" of the source system and a feedback signal proportional to the difference between the actual measurement and its estimate. The combination of an optimal filter and an optimal deterministic regulator is a feedback regulator. The latter is also optimal in the case of a linear problem with a quadratic functional and additive Gaussian white noise, if the stochastic equivalence principle or the separability theorem is valid.

Keywords: radio-technical tracking systems, systems with wave channels, measurer, regulator, evaluator, set part of the tracking system.

Введение. В состав радиотехнических устройств и комплексов обычно входят автоматические системы слежения за параметрами электромагнитного сигнала: направлением его прихода, временным положением, частотой и фазой. Такие системы имеют свою специфику по сравнению с другими системами автоматического регулирования. Их выделяют в отдельный класс систем, называемых радиотехническими следящими системами (РТСС) [1, 2, 3], а точнее – следящими системами с волновыми

каналами (ССВК), поскольку подобные системы работают в частотном, оптическом, рентгеновском и радиационном диапазонах.

ССВК используются в качестве следящих дискриминаторов для определения параметров взаимного и собственного движения летальных аппаратов; автоматического сопровождения по направлению и дальности; для автоматического определения относительной скорости объектов. Важной особенностью ССВК является возможность потери сопровождения, а также под действием специально организованных помех.

До недавнего времени для расчёта ССВК использовали или метод частотных характеристик, приводящий к выбору корректирующего звена, или метод, используемый для проектирования устройств переработки информации – линейных и нелинейных фильтров [2]. Следует подчеркнуть, что такой подход не учитывает влияния структуры системы на её свойства. Задача расчёта реальной радиотехнической следящей системы существенно отличается от задачи расчёта фильтров и требует специального рассмотрения. Это различие имеет место по следующим основным причинам.

Мгновенные значения желаемого сигнала на выходе зачастую должны быть равны соответствующим значениям входного сигнала. Это требование к ССВК является более жестким по сравнению с требованиями при расчёте фильтра, где допускается некоторое запаздывание при воспроизведении желаемого сигнала. Значительная часть элементов ССВК может быть заранее задана, т.е. инженер не может свободно ими распоряжаться. Некоторая свобода имеется только в выборе коррекции, которая должна использоваться для заданных элементов. В фильтрах, напротив, условия задачи редко включают в себя требования о неизменных элементах.

В ССВК возмущения могут действовать не только на входе, но и в других точках. В ряде случаев уменьшение влияния этих возмущений на выходной сигнал может стать основным требованием. При расчёте фильтра проблема возмущений (приложенных в точках, отличных от входных) не возникает вовсе либо ставится не столь жестко. В ССВК приходится иметь дело с элементами, параметры которых заданы неточно и нестабильны во времени. В частности, таковыми являются электромеханические, гидравлические и другие элементы, которые используются в выходных каскадах ССВК.

Нельзя отрицать того факта, что в ССВК и фильтрах есть много общего. Те и другие связаны с процессом переработки системной информации и имеют обратные связи. Существующие методы теории оптимального управления позволяют по-новому подойти к проектированию подобных систем.

Рассмотрим вопрос применения этих методов к решению задач синтеза ССВК. Сложившаяся на сегодняшний день практика использования подобного подхода свидетельствует о её плодотворности [4, 5, 6]. При этом улучшаются точностные характеристики ССВК, повышается эффективность проектирования, поскольку метод хорошо приспособлен к автоматизации этой процедуры.

Задача построения следящих систем с волновыми каналами. Сформулируем задачу синтеза ССВК [3]. На рисунке приведена структурная схема ССВК. Радиотехническая следящая система состоит из дискриминатора заданной части, оценителя и регулятора. Заданная часть ССВК зависит и от её целевого назначения. Так, например, для угломерного следящего устройства заданная часть будет включать в себя антенну (например, фазированную решетку), исполнительные устройства и измерительный комплекс. В случае автоматического слежения за частотой заданная часть будет состоять из перестраиваемого генератора, устройства управления частотой колебаний генератора, измерительно-преобразующих устройств и т. д.

Синтезировать законы оптимального управления ССВК можно для режимов:

- слежения, обеспечивающего наименьшие статические и динамические ошибки;

- сканирования, обеспечивающего обзор пространства за минимально возможное время (сюда же относится режим перехода луча из одного установившегося состояния в другое за минимально возможное время);
- автоматической коррекции фазового фронта электромагнитной волны при формировании узкой диаграммы направленности и др.;
- вспомогательных задач (таких как синтез автоматической регулировки усиления ССВК, автоматической подстройки частоты и т. п.).

Заданная часть ССВК (рис.1.1а) состоит из измерителя (дискриминатора) и управляемой части, а также эталонного сигнала (ЭС) о динамике цели.

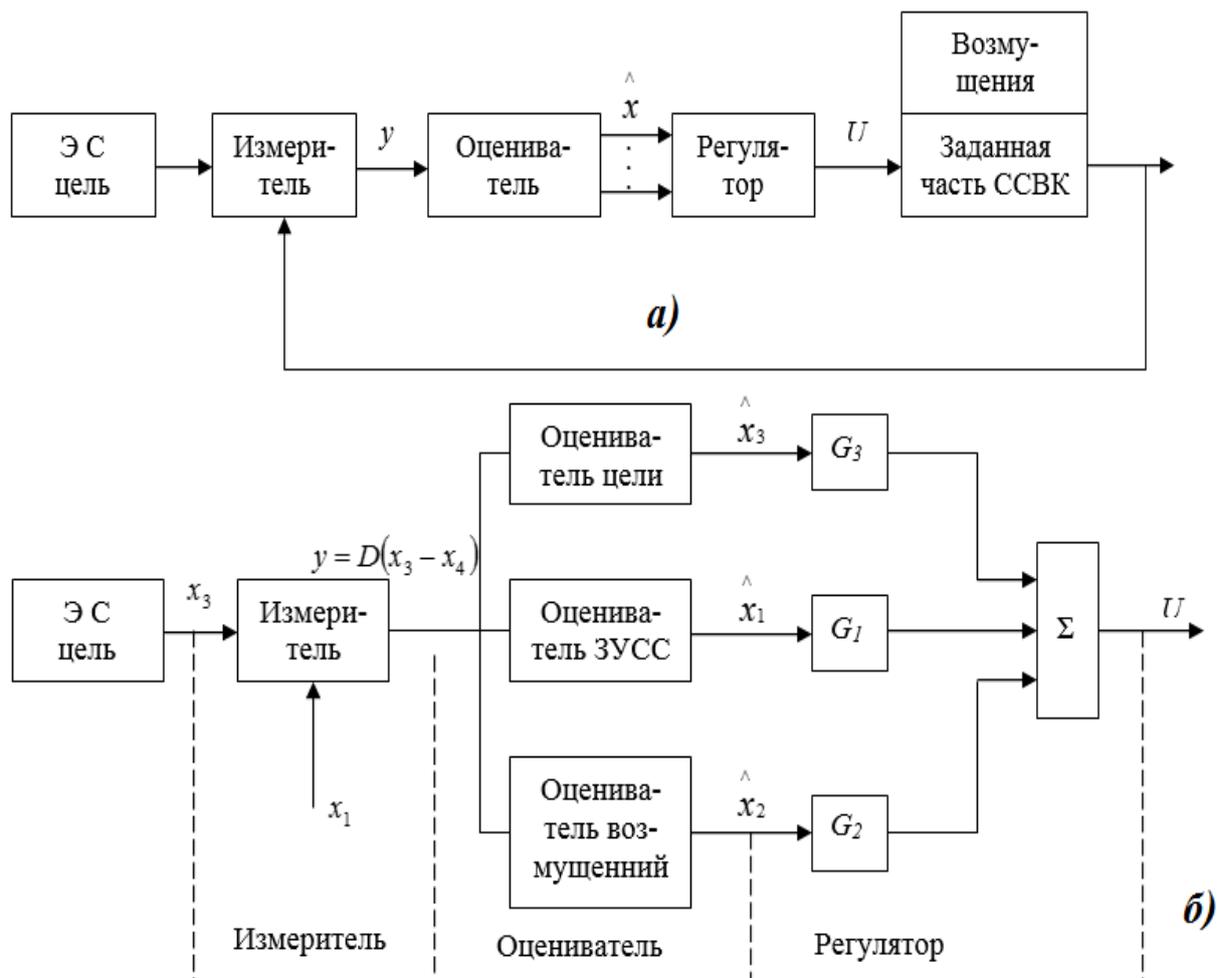


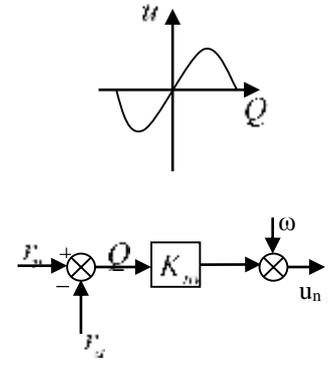
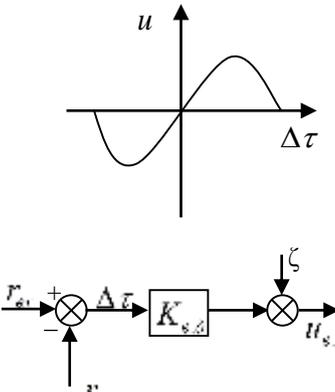
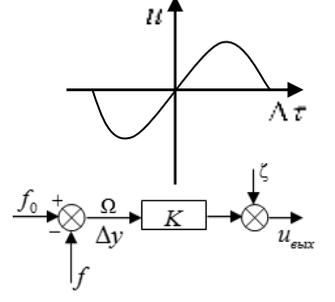
Рис. 1. Структурная схема ССВК

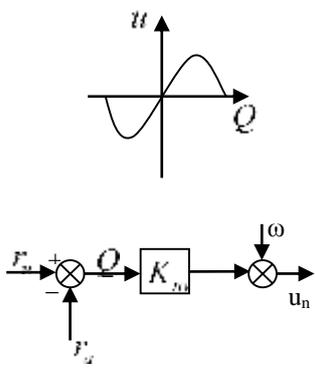
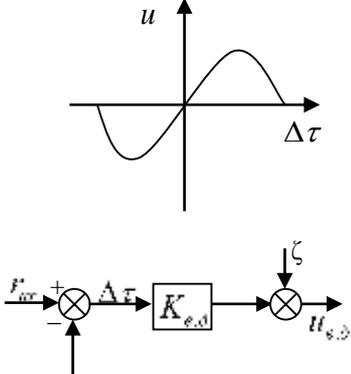
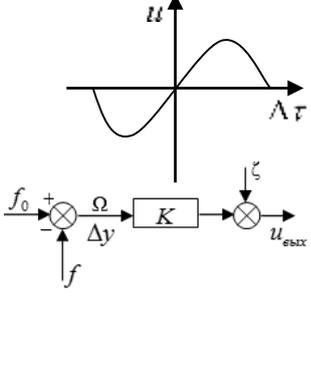
Особенность измерителей следящих систем с волновыми каналами (рис.1б) состоит в том, что в них имеется канал, в котором сигнал передаётся при помощи высокочастотных электромагнитных волн. Диапазон частот при этом зависит от типа следящей системы и может меняться в широких пределах (от жёсткого излучения до радиочастот). Входными сигналами дискриминаторов в этом случае являются электромагнитные колебания с длиной волны, определяемой типом следящей системы. Это обстоятельство имеет важное значение и является отличительным признаком следящих систем с волновыми каналами.

Отражённый от цели сигнал усиливается приёмным устройством, с выхода которого снимается узкополосный случайный процесс, представляющей собой аддитивную смесь отраженного сигнала и помехи [7]. В таблице приведены основные типы дискриминаторов, использующихся в следящих системах с волновыми каналами.

Таблица 1

Основные типы дискриминаторов в составе радиотехнических следящих систем

Тип системы	Основные характеристики			
	Наименование измерителей и назначение	Выход измерителя $y = g(x, t) + \omega$	Дискриминационная характеристика и эквивалентная схема измерителя	Шумы измерений
Угловое сопровождение	Пеленгационное устройство (измеритель углов). Измеряет угол между направлением на цель, от которой принимается электромагнитный сигнал, и установочной осью.	$U_n = g(q, t) + \omega$ $q = r_u - r_a$ r_a - угол между РСЗ и установочной осью. Линейная аппроксимация пеленгационного устройства $u_n = K_{ny}(r_u - r_a) = K_{ny}Q;$ $K_{ny} = \frac{\partial u_n}{\partial Q} _{Q=0}$		Радиопомехи, поступающие вместе с сигналом на вход и внутренний шум приемного устройства; угловой шум цели; амплитудный шум цели.
Слежение по дальности	Измеритель временного положения импульсного сигнала; временной селектор.	$u_{\epsilon.d.} = g(\Delta\tau, t) + \zeta$ Линеаризованная характеристика: $u_{\epsilon.d.} = K_{\epsilon.d.}\Delta\tau + \zeta,$ $K_{\epsilon.d.} = \frac{\partial u_{\epsilon.d.}}{\partial \Delta\tau} _{\tau=0}$		Внутренний шум приёмного устройства; внешний шум на радиочастоте; замирание сигналов; амплитудный шум; флуктуационное смещение центра отражения.
Слежение за частотой и фазой	Фаз частотные дискриминаторы. Измеряют разность частот или фаз между их заданным и фактическим значениями.	$u_{\epsilon.d.} = g(\Omega, t) + \zeta_{\epsilon.d.},$ $u_{\phi.d.} = g(\Delta y, t) + \zeta_{\phi.d.}.$ Линеаризованные характеристики $u_{\phi.d.} = K_{\phi.d.}\Omega + \zeta_{\epsilon.d.},$ $u_{\epsilon.d.} = K_{\phi.d.}\Delta\varphi + \zeta_{\phi.d.}.$		Внутренний шум приёмного устройства и т. п.

Тип системы	Угловое сопровождение	Слежение по дальности	Слежение за частотой и фазой
<p>Наименование измерителей и назначение</p>	<p>Пеленгационное устройство (измеритель углов). Измеряет угол между направлением на цель, от которой принимается электромагнитный сигнал, и установочной осью.</p>	<p>Измеритель временного положения импульсного сигнала; временной селектор.</p>	<p>Фаз частотные дискриминаторы. Измеряют разность частот или фаз между их заданными и фактическим значениями.</p>
<p>Выход измерителя $y = g(x, t) + \omega$</p>	<p>$U_n = g(q, t) + \omega$ $q = r_u - r_a$ r_a - угол между РСЗ и установочной осью. Линейная аппроксимация пеленгационного устройства $u_n = K_{ny}(r_u - r_a) = K_{ny}Q;$ $K_{ny} = \frac{\partial u_n}{\partial Q} _{Q=0}$</p>	<p>$u_{e.d.} = g(\Delta\tau, t) + \zeta$ Линеаризованная характеристика: $u_{e.d.} = K_{e.d.} \Delta\tau + \zeta,$ $K_{e.d.} = \frac{\partial u_{e.d.}}{\partial \Delta\tau} _{\tau=0}$</p>	<p>$u_{e.d.} = g(\Omega, t) + \zeta_{u.d.},$ $u_{\phi.d.} = g(\Delta y, t) + \zeta_{\phi.d.}.$ Линеаризованные характеристики $u_{\phi.d.} = K_{\phi.d.} \Omega + \zeta_{\phi.d.},$</p>
<p>Основные характеристики</p>	<p>Дискриминационная характеристика и эквивалентная схема измерителя</p> 		
<p>Шумы измерений</p>	<p>Радиопомехи, поступающие вместе с сигналом на вход и внутренний шум приемного устройства; угловой шум цели; амплитудный шум цели.</p>	<p>Внутренний шум приёмного устройства; внешний шум на радиочастоте; замирание сигналов; амплитудный шум; флуктуационное смещение центра отражения.</p>	<p>Внутренний шум приёмного устройства и т. п.</p>

В системах углового сопровождения цели в качестве измерительного устройства используют пеленгаторы, различаемые способами формирования равносигнальной зоны (РСЗ).

В пеленгационных устройствах с последовательным сравнением сигналов применяют одну антенну и одноканальный приемник. Диаграмма направленности антенны перемещается в пространстве (сканирует) с периодом T_c .

Угловое рассогласование измеряется сравнением периодически изменяющейся огибающей радиосигнала или оптического сигнала с опорным колебанием, синхронизированным с перемещением диаграммы. Время измерения соизмеримо с T_c .

В пеленгационных устройствах с одновременным сравнением сигналов или с мгновенной равносигнальной зоной (называемых также моноимпульсными) используется антенная система, формирующая четыре отдельные (парциальные) диаграммы направленности, а также многоканальный приёмник. Угловое рассогласование определяю в результате сопоставления одновременно принятых сигналов. При этом время измерения соизмеримо со временем обработки сигналов в прямом тракте, т. е. может она быть достаточно малым.

Возможность применения амплитудных, фазовых и амплитудно-фазовых методов пеленгации и различных схем обработки сигналов обусловила большое разнообразие в построении моноимпульсных пеленгационных устройств.

Сигналы на выходе измерителя фазы или частоты зависят от Ω или $\Delta\varphi_1$, где $\Omega=(f_{\text{вх}} - f)$ и $\Delta\varphi_1=(\varphi_{\text{вх}} - \varphi)$ соответственно.

Вопросы анализа и синтеза оптимальных и квазиоптимальных дискриминаторов подробно рассмотрены в работе [8]. Там же проанализированы способы цифровой реализации измерителей. Система слежения за положением цели в качестве управляемой части может иметь антенну с механическим приводом или фазированную антенну – решетку с электрическим управлением пространственной модуляцией луча.

С точки зрения анализа и синтеза систем представляется целесообразным все переменные, характеризующие систему или имеющие определенное к ней отношение, классифицировать на группы:

- входные переменные или входные воздействия u_i , представляющие собой сигналы, генерируемые системами, внешними по отношению к исследуемой, и влияющие на поведение системы;
- выходные наблюдаемые переменные или переменные, характеризующие реакцию системы y_j и позволяющие описать некоторые аспекты поведения системы;
- переменные (координаты) состояния или промежуточные переменные x_k , характеризующие динамическое поведение исследуемого объекта.

В любой момент времени состояние системы является функцией начального состояния $x(t_0)$ и вектора входа $u(t, t_0)$, т. е.

$$x(t) = f[x(t), u(t), t]. \quad (1)$$

Это векторное дифференциальное уравнение может быть записано в скалярной форме:

$$x_k(t) = f_k[x(t), u(t), t], \quad (2)$$

где $k=1, 2, \dots, n$.

Уравнения (1) и (2) – это уравнение состояния динамического процесса.

Вектор выхода (измеряемого выходного сигнала) определяется соотношением:

$$y_j(t) = g_j[x(t), u(t), t] \quad (3)$$

или

$$y(t) = g[x(t), u(t), t],$$

которое применимо в большинстве задач ССВК (уравнение дискриминатора).

Наконец, в некоторых ССВК имеет место насыщение, так что в динамический процесс должны быть включены уравнения процесса насыщения:

$$u(t) \in U, x(t) \in x. \quad (4)$$

Обозначение $u(t) \in U$ указывает на то, что вектор $u(t)$ лежит внутри или на границе замкнутой области $U(t)$ векторного пространства.

Примером уравнения насыщения может служить соотношение

$$-U_i \leq u_i(t) \leq U_i, i = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Для линейной управляемой части ССВК удобно ввести дополнительные обозначения. Уравнения состояния в этом случае запишем в виде:

$$x(t) = Ax(t) + Bu(t) + Cv(t), \quad (6)$$

где $x(t)$ – n -мерный вектор состояния; u – m -мерный вектор управления; v – n -мерный вектор возмущений.

Уравнение выходного измеряемого сигнала представим в виде:

$$Y(t) = Dx(t) + W(t), \quad (7)$$

где $W(t)$ – шумы измерения.

Если динамический процесс линеен и не имеет место насыщение, то уравнения насыщения просто опускаются.

В уравнениях (6) и (7) матрицы A, B, C имеют вид:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) & \dots & a_{1n}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) & \dots & a_{2n}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}(t) & a_{n2}(t) & \dots & a_{nn}(t) \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} b_{11}(t) & b_{12}(t) & \dots & b_{1n}(t) \\ b_{21}(t) & b_{22}(t) & \dots & b_{2n}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1}(t) & b_{n2}(t) & \dots & b_{nn}(t) \end{bmatrix}; \quad (8)$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11}(t) & c_{12}(t) & \dots & c_{1n}(t) \\ c_{21}(t) & c_{22}(t) & \dots & c_{2n}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1}(t) & c_{n2}(t) & \dots & c_{nn}(t) \end{bmatrix}; \quad D = \begin{bmatrix} d_{11}(t) & d_{12}(t) & \dots & d_{1n}(t) \\ d_{21}(t) & d_{22}(t) & \dots & d_{2n}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1}(t) & d_{n2}(t) & \dots & d_{nn}(t) \end{bmatrix};$$

где A – матрица коэффициентов, обратно пропорциональных постоянной времени; B – матрица управления; C – матрица возмущений; D – матрица выхода.

В литературе по ССВК широко освещаются частотные методы анализа с использованием передаточных функций. Так, при применении вариационных принципов предпочтение отдаю описанию объектов во временной области. При этом необходимо осуществлять переход от передаточных функций к дифференциальным уравнениям в переменных состояния.

Схемы непрерывных технологических объектов в переменных состояния совпадают со схемами моделирования данных систем на аналоговых вычислительных машинах. В специальной литературе по радиоавтоматике передаточная функция линейного динамического процесса, как правило, аппроксимируется соотношением вида:

$$W(p) = \frac{y_1(p)}{u_1(p)} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} d_i p^i}{\sum_{i=0}^n a_i p^i}, \quad (9)$$

где $y_1(p)$ и $u_1(p)$ – преобразования Лапласа функций $y_1(t)$ и $u_1(t)$ при нулевых начальных условиях.

Не теряя общности, можно положить $a_n=1$. От (9) перейдем к дифференциальному уравнению:

$$\sum_{i=0}^n a_i y_1^{(i)}(t) = \sum_{i=0}^{n-1} d_i u_1^{(i)}(t). \quad (10)$$

Далее введём новую переменную $x_n(t)$, так что уравнение (10) будет эквивалентно уравнениям:

$$\sum_{i=0}^n a_i x_n^{(i)}(t) = u_1(t); \quad (11)$$

$$\sum_{i=0}^{n-1} d_i x_n^{(i)}(t) = y_1(t). \quad (12)$$

Наконец, вводя новые переменные

$$\dot{x}_i(t) = x_{i-1}(t), (i = 1, 2, \dots, n), \quad (13)$$

приведем уравнение (11) к виду:

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{i=1}^n [-a_{n-1} x_i(t)] + u_i(t). \quad (14)$$

Аналогичным образом уравнение (14) преобразуется к следующему виду:

$$y_1(t) = \sum_{i=1}^n d_{n-1} x_i(t). \quad (15)$$

Уравнения (13) и (14) представляют собой уравнения состояния, а выражение (15) – уравнение выходного сигнала для заданной части системы.

Динамика цели является неуправляемой заданной частью ССВК. Траектория цели в общем случае – случайная функция. Поэтому для описания использую соответствующий математический аппарат [9].

Модель динамики цели требуется для того, чтобы осуществлять прогноз (экстраполяцию) траектории для обеспечения оптимального слежения, а также прерывания поступления информации по волновому каналу.

В случае оптимального слежения алгоритм, формирующий сигнал управления, экстраполированный вперед на время τ , требует знания как состояния цели, так и заданной части ССВК в момент времени τ . Иными словами, необходимы математические модели цели и заданной части ССВК, а также знание начальных условий.

Для моделирования динамики цели и прогноза ее состояния использую гауссовский марковский случайный процесс (последовательность), представленный как вектор состояния непрерывной линейной динамической системы, возбуждаемой гауссовским чисто случайным процессом и имеющий гауссовский вектор начального состояния [10]:

$$\dot{x}_2 = E(t)x_2 + F(t)n(t), \quad (16)$$

где x_2 – n -мерный вектор; $n(t)$ – m -мерный вектор.

В зависимости от спектра возмущающего воздействия (в данном случае – цели) возмущение может моделироваться или белым шумом (если спектр возмущения превышает полосу пропускания системы), или «окрашенным» – коррелированным.

Параметры уравнения (16) можно экспериментально определить, используя переход

$$R_{vv} \rightarrow S_{vv} \rightarrow W(j\omega) \rightarrow \text{дифференциальное уравнение}, \quad (17)$$

где R_{vv} – экспериментально определяемая автокорреляционная функция; $S_{vv} = |W(j\omega)|^2$.

Отсюда перейдем к дифференциальному уравнению (16).

Теория оптимального управления занимается в основном расчётом последовательности управления или управлений в виде функций непрерывного времени, которые при подаче их на управляемую часть следящих систем с волновыми каналами на заданном интервале времени в будущем вынудят ее работать оптимально. При этом необходимо точное знание начального состояния управляемой части ССВК и динамических характеристик объекта.

Первым шагом синтеза следящей системы является обоснование некоторого критерия качества, характеризующего общую ошибку за весь период работы ССВК. С этой целью используется скалярная величина, полученная интегрированием по интервалу управления некоторой меры ошибки, т.е. функция переменных состояния и управления.

Затем используют идеи вариационного исчисления для получения необходимых условий, которым должны удовлетворять экстремали. По определению экстремали представляют собой зависящие от времени функции управления и состояния, соответствующие экстремуму критерия ошибки. Эти условия имеют вид системы дифференциальных уравнений с определенными граничными свойствами (например, уравнений Эйлера-Лагранжа, или сопряженных уравнений). Те же условия можно представить с помощью уравнений Понтрягина и показать при этом, что в распространенном и важном частном случае, когда амплитуда управления ограничена, в качестве необходимого условия можно применять принцип максимума.

Требования, предъявляемые к ССВК, в значительной степени определяются характером решаемой задачи. Это могут быть задачи слежения, быстрого перевода, например, антенны из одного состояния в другое – заданное, формирования фазового

фронта электромагнитной волны и т.д. Эти требования, сформулированные на языке математики, являются критерием качества работы ССВК, или целевым функционалом.

Необходимые условия получают также и при использовании процедуры динамического программирования в форме дифференциальных уравнений в частных производных Гамильтона-Якоби. Решения этих уравнений могут быть получены для ограниченного класса уравнений состояний и критериев качества. Необходимые условия выражаются также в виде матричного дифференциального уравнения Риккати.

Существует тесная связь между этими методами. Для рассматриваемых задач оптимальная система управления определяется как система, которая минимизирует заданный критерий качества для конкретного динамического процесса при заданных ограничениях.

Последние могут заключаться в том, что система управления должна быть линейной или иметь какую-либо определенную структуру элементов и т. д. Следует отметить, что приведенное выше определение для оптимальной системы основано на математической модели решаемой задачи. Если математическая модель изменится, то минимизация может привести к другому закону управления.

Заключение. Рассмотрена непрерывная линейная система, содержащая аддитивные белые шумы в уравнениях системы и измерений. Установлено [9], что оптимальное управление линейной системой с квадратичным критерием качества сводится к линейной обратной связи по фазовым переменным. Фазовые переменные можно получить, пользуясь результатами измерений засоренных шумами линейных комбинаций фазовых переменных. Для этого применяется фильтр, состоящий из «модели» исходной системы с сигналом корректирующей обратной связи, пропорциональной разности между действительным измерением фазовой переменной и ее оценкой.

Комбинация оптимального фильтра и оптимального детерминированного регулятора является регулятором с обратной связью. Последний также является оптимальным в случае линейной задачи с квадратичным функционалом и аддитивным гауссовским белым шумом при условии, когда справедлив принцип стохастической эквивалентности или теорема разделимости. На вход регулятора поступают зашумленные измерения, которые фильтруются оптимальным фильтром и используются для формирования управляющих воздействий. Закон оптимального управления сводится к минимизации усредненного по ансамблю квадратичного критерия качества функционирования системы.

Список литературы

1. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. – М.: Радиотехника, 2003. – 398 с.
2. Первачев С.В., Чиликин В.М. Цифровые системы радиоавтоматики. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – 46 с.
3. Гулямов Ш.М., Юсупбеков А.Н., Рашидов Ю.Р., Атауллаев А.О. Методика расчета управлений в следящей системе с волновыми каналами с учетом сложных помехо-сигнальных условий // Журнал «Промышленные АСУ и контроллеры» – 2014. -№1. – с. 24÷30.
4. Первачев С.В., Фам Хай Чунг. Адаптация цифровых радиотехнических следящих систем при неизвестной интенсивности динамического воздействия // Вестник МЭИ. 2005, № 4, - с. 91-96.
5. Dressler R. M., Traser E. S. Optimal Communication and tracking system. Stanford Res. Inst. Menlo Park. Calif. Final Rep. Contract NAS 12-59SRI Project 5578. October, 1967.
6. Первачев С.В., Фам Хай Чунг. Адаптация дискретных радиотехнических следящих систем к априорно неопределенному динамическому воздействию // Радиотехнические тетради. 2004, № 30, - с. 49-53.

7. Григорьев В.В., Быстров С.В., Бойков В.И., Болтунов Г.И., Коровьяков А.Н., Мансурова О.К., Першин И.М. Проектирование регуляторов для стохастических систем и объектов с неопределенными параметрами. – СПб: НИУ ИТМО, 2013.–172 с.
8. Лихарев В.А. Цифровые методы и устройства в радиолокации. М.: Советское радио, 1973.
9. Медич Дж. Статистически оптимальные линейные оценки и управление. – М.: Энергия, 1973. 211 с.
10. Первачев С.В., Перов А.И. Адаптивная фильтрация сообщений. – М.: Радио и связь, 1991. – 160 с.

Атауллаев Азизжон Одилевич – доцент кафедры “Технология машиностроения” Навоийского государственного горного института. Тел.: +998912537272 (с). E-mail: aziz-217@mail.ru

Мамадияров Акмал Журакулович – ассистент кафедры “Технология машиностроения” Навоийского государственного горного института. Тел.: +998913389909 (с). E-mail: amadiyarov09@gmail.com

Атауллаев Одил Хасанович – доцент кафедры «Методика преподавания физики и астрономии» Навоийского государственного педагогического института. Тел.: +998919912727 (с). E-mail: aziz-217@mail.ru