

ГО У А В Е Л О Д У М С К	Документ зарегистрирован
	« 20 » 12 2024 г. Вх. № 11-195/24

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор-
Главный конструктор АО «УПКБ «Деталь»

Л. И. Пономарев

« 13 » 12 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу на диссертацию Тарасенкова Андрея Александровича, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Оценка высоты воздушного судна методом фазовой автоподстройки опорного сигнала в радиовысотомере непрерывного излучения» по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация»

1. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы исследования обусловлена широким применением радиовысотомеров с непрерывным зондирующим сигналом в современной авиационной технике, включая беспилотные аппараты. Направление малой и беспилотной авиации, работающей в основном на малых и предельно малых высотах, востребовано сейчас и в ближайшей перспективе будет активно развиваться. При этом этап маловысотного полета любого летательного аппарата, в том числе и беспилотного, является сложным процессом, требующим прецизионно точного определения высоты летательного аппарата относительно локального рельефа. Поэтому повышение точности измерения высоты полета в бортовом радиовысотомере, безусловно, является актуальной проблемой. Диссертационная работа Тарасенкова А.А. посвящена решению важной технической задачи – разработке и исследованию метода измерения высоты, основанного на использовании контура автоматической подстройки фазы, с использованием генератора опорного сигнала, в следящей системе радиовысотомера с непрерывным излучением.

2. Содержание диссертационной работы

В первой главе автор проводит сравнительный анализ радиовысотомеров с непрерывным зондирующим сигналом и оценивает различные методы обработки сигнала биений. В этой же главе автором обозначены основные источники ошибок, характеризующие системы радиолокационного измерения высоты в целом.

На основе выполненного анализа формулируется постановка задачи на дальнейшее исследование в части использования в следящем кольце радиовысотомера специального контура с фазовой автоподстройкой частоты.

Во второй главе автор описывает математические модели радиовысотомеров следящего типа: со следящим измерителем частоты (на двух расстроенных контурах), с автоподстройкой периода модуляции и с ФАПЧ в измерительном контуре. Подробно рассматривается структурная схема контура ФАПЧ, приводятся зависимости смещения и флуктуационной ошибки оценивания высоты от отношения сигнал/шум, полученные в результате моделирования на идеальной линии задержки, то есть для точечной цели.

В третьей главе рассматривается влияние дальномерного шума и доплеровского расширения спектра сигнала, вызванных шероховатостью подстилающей поверхности, на точность оценивания высоты в радиовысотомере с контуром ФАПЧ. Подстилающая поверхность представлена двумя моделями, цилиндрической и трехмерной, электродинамический расчет отраженного сигнала производится в приближении Кирхгофа. Получены зависимости смещения оценки высоты и флуктуационной ошибки от параметра шероховатости поверхности и скорости движения.

Четвертая глава посвящена возможным вариантам оптимизации точности радиовысотомера с контуром ФАПЧ. В качестве возможных способов рассматриваются различные типы частотной модуляции, включая гармоническую, а также несколько типов сглаживающего фильтра в петле ФАПЧ. Рассчитаны границы Крамера-Рао для трех видов модуляции. Потенциально наиболее точные оценки высоты обеспечивает применение гармонической модуляции. Наилучшим решением для реализации петлевого фильтра назван фильтр Калмана, уравнения которого также приведены в главе.

В пятой главе приведены результаты полунатурного и натурального эксперимента по оценке точности действующего макета радиовысотомера с контуром ФАПЧ. Показана работоспособность синтезированного метода измерения высоты. Подтверждены теоретические выводы о преимуществе гармонической модуляции при практической реализации данного метода.

По диссертационной работе сделаны выводы, представляющие результаты работы, приведены рекомендации их практического применения и перспективы развития темы исследования. Диссертация написана грамотно с использованием современных технических терминов, с незначительными погрешностями в оформлении, оформлена в соответствии с действующими нормативными документами. Автореферат соответствует содержанию диссертации, излагает основное содержание работы, содержит информацию о ключевых положениях и

результатах работы, позволяет сделать заключение о научном и техническом уровне работы.

3. Научная новизна результатов работы

Представленный автором способ определения высоты в следящем радиовысотомере с контуром ФАПЧ является новым, о чем свидетельствует полученный патент на полезную модель. Способ повышения точности предложенного радиовысотомера для небольших отношений сигнал/шум за счет применения специального фазового фильтра, также является оригинальным. Таким образом, заявленные автором научные результаты работы отвечают критерию новизны.

4. Обоснованность результатов работы

Автор корректно использует методы обоснования полученных результатов. Для подтверждения статистических характеристик синтезированного радиовысотомера в работе использована математическая модель сигнала, формируемого шероховатой подстилающей поверхностью, опирающаяся на основные положения радиолокации, теории распространения и рассеяния радиоволн. Изготовлен макет разработанного радиовысотомера. Научные результаты, содержащиеся в диссертации, подтверждаются результатами моделирования, полунатурного и натурального эксперимента. Следовательно, авторская концепция, выводы и предложения обоснованы.

5. Апробация работы

По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 5 публикаций в изданиях из перечня ВАК РФ, а также один патент на полезную модель. По опубликованным автором работам можно сделать вывод о том, что основные положения диссертации достаточно полно представлены в печати и в материалах профильных научно-технических конференций, и экспертное сообщество имело возможность ознакомиться с результатами работы.

6. Значение работы для науки и практики

Теоретическое значение диссертационной работы заключается в развитии принципа измерения дальности в следящих радиолокационных системах с непрерывным сигналом, который может использоваться в смежных отраслях. Показана возможность расширения традиционной области применения контура ФАПЧ.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке нового теоретического и программного инструментария для построения компьютерных моделей с целью оценки и подтверждения

потенциальных характеристик радиовысотомеров, а также многоканальных радиовысотомерных систем.

7. Замечания по работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

– автор рассмотрел влияние шероховатости поверхности на расширение спектра биений и обусловленное этим явлением увеличение ошибки смещения и флуктуационной ошибки, однако оставил за рамками исследования возможность компенсации смещения, использующую известную связь оценок параметров шероховатости подстилающей поверхности с соответствующими параметрами формы спектра сигнала биений в радиовысотомере;

– в математической модели сигнала биений и в алгоритмах оценивания высоты в контуре ФАПЧ отсутствует вертикальная составляющая вектора скорости и обусловленное ей доплеровское смещение, что приведет к росту ошибки в оценивании высоты, особенно на высокочастотном носителе.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы, а также полученных автором теоретических и практических результатов.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положениям о присуждении учёных степеней»

Автором представлены научно обоснованные положения, использованные для решения практической задачи радиовысотометрии, а именно, повышения точности оценивания текущей высоты при использовании метода фазовой автоподстройки в радиовысотомере с непрерывным зондирующим сигналом.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленными Положением о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

В части п.9 указанного Положения: диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития отрасли радиовысотометрии.

В части п.10 указанного Положения: диссертация выполнена самостоятельно, предложенные автором решения аргументированы и сопоставлены с другими известными решениями. Работа обладает внутренним единством, содержит выдвигаемые для публичной защиты новые научные результаты и положения, включает рекомендации по использованию научных выводов и сведения о практическом использовании научных результатов, свидетельствуя, таким образом, о личном вкладе автора в науку.

В части п.п. 11-13 указанного Положения: основные научные результаты диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ.

В части п. 14 указанного Положения: соискатель корректно ссылается на авторов и источники заимствования материалов, личный вклад автора в проведенных исследованиях отмечен им в автореферате. Таким образом, диссертация представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на соавтора или источник заимствования.

Содержание исследования полностью соответствует области исследования, заявленной отрасли технических наук и паспорту специальности ВАК 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация».

9. Итоговое заключение

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценивая совокупность полученных автором результатов, следует квалифицировать диссертацию Тарасенкова Андрея Александровича на тему «Оценка высоты воздушного судна методом фазовой автоподстройки опорного сигнала в радиовысотометре непрерывного излучения» как законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые, научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития радиовысотометрии.

По актуальности рассматриваемых вопросов, научной и практической ценности, новизне и достоверности результатов работа отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением № 842 Правительства РФ от 24.09.2013. Автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация».

Диссертация, автореферат и настоящий отзыв рассмотрены на заседании НТС, протокол № 7/14-2024 от 13 декабря 2024 г. В голосовании за отзыв приняли участие 41 человек, из них со степенью д.т.н. – 5 чел, к.т.н. – 5 чел. Результаты голосования: за – 41 человек, против – 0, воздержалось – 0.

Ученый секретарь НТС,
начальник НТО-130, д.т.н.
(специальность 2.2.16 (05.12.14) –
Радиолокация и радионавигация)

Михаил
Юрьевич
Нестеров

Адрес: 623409, г. Каменск-Уральский, ул. Пионерская, 8,
Тел. 8(3439)375850, e-mail: upkb@upkb.ru