

Отзыв на диссертацию

Шаврина В.В. на тему «Синтез и исследование алгоритмов фильтрации радионавигационных параметров сигналов СРНС в системе навигации космического аппарата на геостационарной и высокоэллиптической орбитах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация

1. В названии диссертационной работы декларируется «Синтез ... алгоритмов фильтрации ...». В тексте диссертации п. 2.1 называется «Синтез нелинейного фильтра в когерентном режиме работы системы слежения за РНП «второго типа». Статистический синтез предполагает:

- статистическое описание постановки задачи;
- описание используемого или предлагаемого метода синтеза;
- проведение самой процедуры синтеза;
- описание итогового результата синтеза — синтезированного алгоритма обработки.

Однако в разделе 2.1 никакого синтеза нет, нет и «синтезированного нелинейного фильтра (алгоритма).

В тексте диссертации п. 3.1 называется «Синтез нелинейного фильтра в некогерентном режиме работы системы слежения за РНП «второго типа». Однако в разделе никакого синтеза нет, нет «синтезированного нелинейного фильтра (алгоритма). В Заключении по диссертации автор не пишет, что им синтезирован какой либо алгоритм фильтрации радионавигационных параметров сигналов СРНС. Учитывая сказанное, можно констатировать, что *название диссертации не соответствует ее содержанию*.

Отмечу также, что в одной из опубликованных автором работ не описаны какие либо новые синтезированные алгоритмы фильтрации.

2. Цель диссертации (стр. 3) «состоит в решении задачи синтеза алгоритмов совместной оценки радионавигационных параметров сигналов СРНС в следящем контуре приемника системы автономной навигации в условиях движения КА на ГСО и ВЭО». «Решение какой либо задачи» не может служить целью диссертации. Цель — формулировка проблемы, которую автор должен решить в диссертации. Если автор видит основную проблему в методах синтеза алгоритмов обработки, то в диссертации должно быть представлено то или иное решение этой проблемы. Но в тексте диссертации отсутствуют какие либо материалы, описывающие решение этой проблемы. В Заключении по диссертации автор не пишет, как им решена поставленная цель, т.е. какие новые методы синтеза или новые синтезированные алгоритмы совместной оценки радионавигационных параметров сигналов СРНС им предложены. Учитывая сказанное, можно констатировать, что *цель, поставленная в диссертации не достигнута*.

3. Автор часто использует в диссертации зарубежную терминологию, например «correlation based Kalman filter», «correlation based KF tracking loop» и др., перевод на русский язык которой он трактует достаточно вольно, а часто и неправильно. Например, на стр. 74 «correlation based KF tracking loop» он трактует как «бездискриминаторная следящая система». В оригинальных зарубежных статья на эту тему нигде не говорится, что это — «бездискриминаторная следящая система». И такой перевод и трактовка автора **в принципе не верна.**

4. Автор докладывал материалы диссертации на заседании кафедры Радиотехнических систем «Национального исследовательского университет «МЭИ» в 2018 г. В диссертации на рис. 2.1 приведена схема следящей системы за параметром λ радиосигнала, которую автор называет «бездискриминаторной» и утверждает, что в ней нет дискриминатора по параметру λ . На обсуждении в «НИУ «МЭИ» автору было указано, что это неправильная трактовка следящей системы. В ней есть дискриминатор по параметру λ . Просто он имеет другое описание, отличное от известных. Из курса «Радиоавтоматика» известно, что любая следящая система (в том числе и радиотехническая) содержит *дискриминатор*, процесс (сигнал) на выходе которого зависит от рассогласования между истинным значением параметра λ , за которым ведется слежения, и его оценкой $\hat{\lambda}$, формируемой в следящей системе (см. Первачев С.В. Радиоавтоматика. Учебник для вузов, 1982; Перов А.И., Замолотчиков В.Н., Чиликин В.М. Учебник для вузов, 2014). Именно из этого сигнала, в следящей системе извлекается информация о том, как надо управлять оценкой $\hat{\lambda}$. Если в системе нет этого сигнала, то она и не будет следить за изменениями этого параметра. Поэтому, упорство автора на том, что в рассматриваемой ими следящей системе, приведенной на рис. 2.1 (и аналогичных систем далее по тексту диссертации), дискриминаторов нет **является глубоким заблуждением.** А если более конкретно — **грубой ошибкой.** Автор отзыва дважды посылал соискателю по электронной почте материалы с иллюстрацией этих положений, но он их проигнорировал.

5. Тридцать страниц текста диссертации (стр. 43—73) по общим методам и алгоритмам фильтрации **переписаны** с учебников (и статей), не являются оригинальными результатами автора и просто не нужны в диссертации.

6. В гл. 2, 3 автор приводит результаты моделирования 6 следящих систем с иностранной аббревиатурой типа «UKF, СКФ, GHKF» и т.д. При этом в тексте диссертации не описан ни один из 6 алгоритмов данных следящих систем и нет параметров этих следящих систем. Таким образом, имеем 6 «черных ящиков», на которые подали навигационные сигналы, а на выходе получили оценки параметров принятых радиосигналов. Автор сравнил эти оценки и сказал, что для одного «черного ящика» они лучше, а для другого хуже. Ну и что из этого следует? С точки зрения научного исследования —

из этого ничего не следует. В лучшем случае — это инженерная работа. Возьмите еще 10 «черных ящиков» и посмотрите, что они дадут. Попытки автора отзыва получить математическое описание какого либо из этих алгоритмов обработки не увенчались успехом. Но автор в диссертации из приведенных результатов моделирования делает общий вывод, что «его бездискриминаторная следящая система» имеет лучшие характеристики, чем известные следящие систем. На это я могу лишь констатировать, что *приведенные в диссертации результаты и выводы недостоверны и вводят читателей в заблуждение*. С целью налаживания диалога с соискателем по этому вопросу мною был проведен синтез двух алгоритмов фильтрации вектора состояния фильтруемого процесса, принятого автором и описываемого системой уравнений (2.1) по критерию минимума дисперсии ошибки фильтрации вектора состояния. В одном из алгоритмов синтез проводился для наблюдений принимаемого радиосигнала в дискретные моменты времени (классический подход по терминологии соискателя, который он критикует). Во втором подходе наблюдениями при синтезе являются отсчеты 6 корреляторов (по два центральны, опережающих и запаздывающих) — подход, который соискатель пропагандирует как «бездискриминаторный» и лучший по характеристикам точности по сравнению с классическим подходом. В результате синтеза получены алгоритмы обработки и их параметры. Приведены результаты анализа точности фильтрации параметров радиосигнала в этих алгоритмах. В результате анализа показано, что оба синтезированных алгоритма содержат дискриминаторы фазы и задержки, но разные по своей структуре. Показано, также что характеристики точности фильтрации фазы, доплеровского смещения частоты и задержки в них одинаковые. Материалы синтеза, полученные алгоритмы и результаты анализа опубликованы в статье Перов А.И. «Сравнительны анализ двух алгоритмов фильтрации параметров навигационного радиосигнала малой мощности». Научно-технические серии. Серия «Радиосвязь и радионавигация». Радионавигационные технологии. Выпуск 8, 2019 (вышла «в свет» в марте 2019 г.). Соискателю была выслана копия этой статьи. Но соискатель никак не отреагировал, кроме включения в список литературы по диссертации.

Отмечу, что тезис о том, что два описанных выше метода синтеза алгоритмов фильтрации (использование наблюдений непосредственно отсчетов радиосигнала или отсчетов корреляторов, представляющих собой линейное преобразование принимаемых отсчетов радиосигнала) приводят к алгоритмам, обеспечивающих одинаковую точность фильтрации параметров радиосигнала, известен давно (см., например, Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991). И этот тезис у специалистов по теории оптимальной фильтрации не подвергается сомнению. Если автор рецензируемой диссертации ре-

шил это опровергнуть, то это надо делать очень тщательно, с необходимой математикой, прозрачными расчетами и т.д. А не просто с использованием «черных ящиков».

Учитывая сказанное, результаты моделирования когерентных и некогерентных алгоритмов, приведенные в диссертации, считаю **научно не обоснованными** (нет алгоритмов) и **недостовверными** (противоречат известным опубликованным результатам).

7. На стр. 21 диссертации автор приводит формулы (1.4) для средних значений отсчетов на выходах корреляторов, ссылаясь на литературные источники [1, 8]. Эти формулы автор использует далее, как он утверждает, при синтезе алгоритмов фильтрации. Прежде всего отмечу, что в [1, 8] таких формул нет. Формулы (1.4) просто неверны, т.к. в них используется множитель $10^{q_k/10}$, где $q_k = P_{c,k}/N_0$ — имеет размерность $[с^{-1}]$, что определено на стр. 20 диссертации. Более того, эти формулы не описывают средние значения отчетов I_k и Q_k для принятой автором схемы корреляционной обработки, приведенной на рис. 1.1. (стр. 20), а также для схем, приведенных на рис. 1.4, 1.5, 2.1, 2.17. Другим фактором, определяющим неправомочность использования формул (1.4), является то, что она не описывает средние значения отчетов корреляторов для принятой автором модели изменения фазы радиосигнала (2.10), (2.12). **Резюме: формулы (1.4) ошибочны**, а, следовательно, и **все результаты**, полученные с их использованием — **ошибочные**.

8. Формула (1.1) на стр. 18 диссертации неверна, т.к. неправильно описывает полную фазу радиосигнала при изменяющемся во времени доплеровском смещении частоты.

9. Существенным недостатком работы является то, что автор приводит результаты моделирования без детального описания условий, для которых они получены. Это не позволяет адекватно оценить достоверность полученных результатов. Приведу пример. На графиках рис. 2.6 приводятся зависимости среднеквадратических погрешностей оценки задержки огибающей при приеме радиосигнала ГЛОНАСС с модуляцией BPSK (радиосигналы с частотным разделением). На графиках рис. 2.33 а) приводятся зависимости среднеквадратических погрешностей оценки задержки огибающей при приеме пилотной компоненты радиосигнала ГЛОНАСС с модуляцией BOC(1,1) (радиосигналы с кодовым разделением). Из сравнения данных зависимостей следует, что они отличаются не более чем на 20-30%. Известно, что точность оценки задержки огибающей радиосигнала существенно зависит от полосы занимаемых частот радиосигналом. У рассматриваемого радиосигнала с модуляцией BPSK она составляет ~ 1 МГц, а рассматриваемого радиосигнала с модуляцией BOC(1,1) она составляет $\sim 4,096$ МГц, т.е. в 4 раза больше. Поэтому, среднеквадратическая погрешность оценки задержки огибающей при приеме радиосигнала с модуляцией BOC(1,1) должна быть существенно

(примерно в 3 раза) меньше, чем при приеме радиосигнала ГЛОНАСС с модуляцией BPSK. Для этого (для повышения точности измерений) в системе ГЛОНАСС и водятся новые радиосигналы с кодовым разделением. Приведенные факты еще раз говорят о том, что приведенные в диссертации результаты моделирования и сделанные из них **выводы нельзя считать достоверными.**

10. При проведении исследований автор не учитывает флуктуации частоты опорного генератора навигационного приемника, что, как правило, **приводит к недостоверным результатам** при малых полосах пропускания следящих систем приемника. Так, например, из рис. 3.11 можно сделать качественный вывод о том, полоса пропускания следящей системы за частотой радиосигнала составляет $\sim 0,02$ Гц (время переходного процесса 50 с). Но при такой полосе пропускания динамические ошибки, обусловленные флуктуациями частоты опорного генератора, будут превалировать над всеми другими ошибками. Поэтому такие полосы пропускания в следящих системах за частотой радиосигнала не используются на практике.

11. В диссертации подрисуночные подписи выполнены на иностранном языке, что считаю недопустимым для диссертаций, представляемых российскими соискателями.

По диссертации можно высказать и еще ряд замечаний. Однако, считаю достаточно и приведенных фактов, чтобы сделать заключение о том, что:

диссертация Шаврина В.В. на тему «Синтез и исследование алгоритмов фильтрации радионавигационных параметров сигналов СРНС в системе навигации космического аппарата на геостационарной и высокоэллиптической орбитах», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация, **не соответствует требованиям ВАК**, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, т.к. не содержит новых научно обоснованных технических, технологических или иных решений и разработок, имеющих существенное значение для развития страны.

Отзыв подготовил
Перов Александр Иванович

Доктор технических наук, профессор,
Руководитель учебно-исследовательского центра «Лаборатория навигационных систем» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», 111250, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14.
т. +7 495 362-76-95; E-mail: Perov.A.I@mpei.ru
Дата 11.11.2019 г.

Подпись Перова А.И. удостоверяю
Ученый секретарь Ученого совета НИУ «МЭИ»



Кузовлев И.В.