

УДК. 681.2

ОЦЕНКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ИСПЫТАНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СРЕДСТВ

А. Н. Пылькин, заведующий кафедрой ВПМ РГРТУ, д.т.н., профессор; pylkin.a.n@rsreu.ru
С. В. Филаткин, аспирант кафедры ВПМ РГРТУ; svfi@yandex.ru

Применение автоматических средств, реализующих малообслуживаемые (автоматические, безлюдные) технологии подготовки и целевого применения измерительных средств, позволит решить задачу обеспечения испытаний сложных технических комплексов в ограничивающих условиях эксперимента: удалённости средств измерений, нехватки квалифицированного персонала, невозможности присутствия персонала по причинам безопасности в районе проведения измерений. Такие меры, в целом, приводят к повышению эффективности информационно-измерительных систем и сокращению затрат на информационно-измерительное обеспечение испытаний сложных технических комплексов. На примере показано, что автоматические технологии проведения измерений могут по интегральной оценке повысить эффективность систем сбора измерительной информации в 10^4 раз.

Ключевые слова: *распределённые системы, информационно-измерительные системы, системы сбора измерительной информации, автоматические измерительные и управляющие средства.*

DOI: 10.21667/1995-4565-2016-56-2-124-130

Введение

Создание и применение автоматических измерительных и управляющих средств [1] при проведении испытаний и эксплуатации сложных технических комплексов должно повысить эффективность информационно-измерительных систем за счёт:

1) обеспечения более высокой степени готовности измерительных средств при проведении постоянного объективного мониторинга состояния и в случае выполнения ремонтно-восстановительных работ технических средств;

2) проведения сеанса измерений минимальным составом персонала на измерительном пункте;

3) повышения надёжности получения измерительной информации путём:

– получения измерительной информации с тех участков проведения испытаний, в которых без применения автоматических измерительных средств невозможно проведение измерений;

– исключения ошибок по вине «человеческого фактора» – формирование управляющих команд на пункте управления и их автоматический приём и исполнение на измерительном пункте, в том числе на запуск и остановку приёма измерений,

на синхронизацию по плановому времени работы, на поворот по заданному азимуту и углу места и др.;

– оперативной коррекции, в случае изменения поведения объекта испытаний, программы сеанса измерений с участием пункта управления или автономно с использованием информации от сторонних измерительных пунктов;

– применения специализированных протоколов передачи, снижающих потери при сборе измерительной информации, например при использовании спутниковых каналов связи [2, 3];

– оперативного (в реальном времени) использования результатов обработки измерений для коррекции, при необходимости, управления измерительными средствами.

С усложнением конструкции испытываемых комплексов соответственно увеличивается количество методик проверок на соответствие заданным требованиям. По экономическим причинам сокращают количество натуральных экспериментов и для обеспечения достаточной отработки изделий увеличивают число контролируемых параметров в ходе каждого натурального эксперимента. Соответственно качественно и количественно повышают информативность систем измерений объектов испытаний. Увеличение объёмов изме-

рительной информации, генерируемой объектом испытаний, в свою очередь, диктует увеличение как количества измерительных пунктов, так и количества и номенклатуры измерительных средств на каждом измерительном пункте. Применение автоматических измерительных пунктов (АИП) в комплексе, задействуемых измерительных пунктов призвано повысить эффективность информационно-измерительного обеспечения испытаний.

Целью работы является оценка эффективности средств автоматического измерительного пункта в системах сбора и обработки измерительной информации.

Теоретические исследования

Применение автоматических измерительных средств в информационно-измерительной системе, как и любая автоматизация, не изменяет технологии проведения измерений в ходе испытаний, а только автоматизирует процессы. Применение автоматического измерительного пункта является попыткой автоматизировать максимальное их количество, исключая те, автоматизация которых запрещена нормативными документами. На рисунке 1 приведена технология проведения измерений в ходе испытаний с применением средств автоматического измерительного пункта.

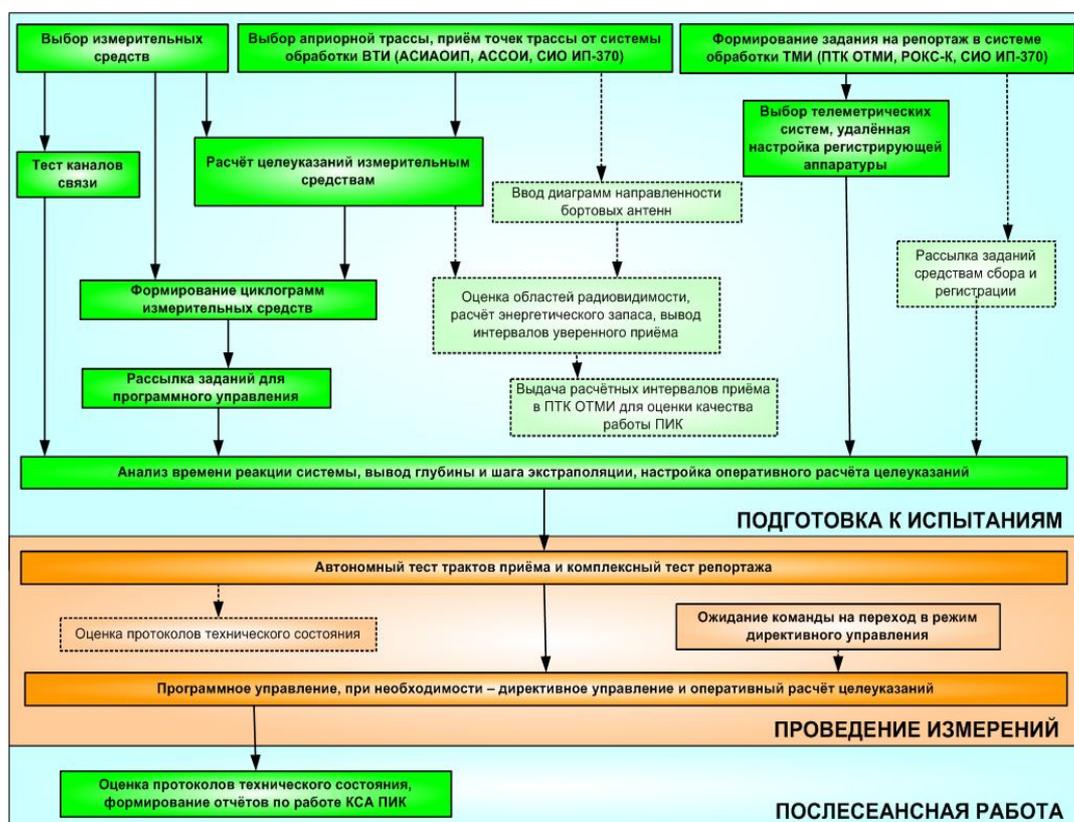


Рисунок 1 – Технология проведения измерений в ходе испытаний с применением средств автоматического измерительного пункта

Напомним, что автоматический измерительный пункт [1] предназначен для обеспечения дистанционно реализуемых процессов подготовки и проведения сеансов измерений существующим составом средств измерений, сбора и передачи данных измерительных пунктов без участия персонала и в общем случае состоит:

1) из пункта дистанционного управления, находящегося в Центре управления или вычислительном центре и представляющего собой программно-технические средства управления и выдачи программы сеанса измерений – компьютеры и СПО пункта управления, обеспечивающие подготовку и обеспечение работ, обработку

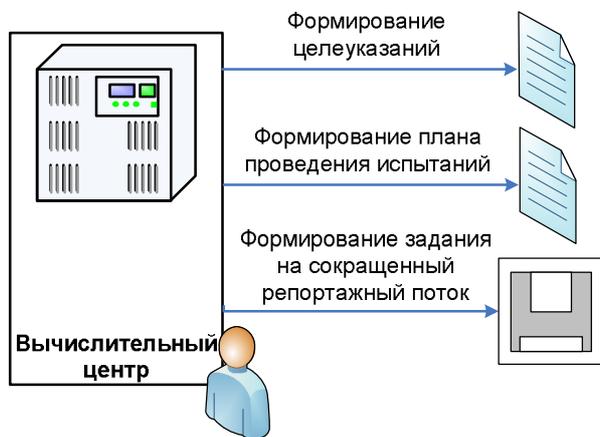
измерительной информации в рамках управления АИП и формирование управляющего воздействия по результатам обработки;

2) средств автоматизации измерительного пункта, находящихся на измерительных пунктах и представляющих собой комплексы средств автоматизации, обеспечивающих сопряжение с первичными измерительными средствами, находящимися на периферийном объекте, реализуют протоколы взаимодействия с различными видами измерительной и регистрирующей аппаратуры (приёмно-регистрирующая аппаратура, оптико-электронные средства измерений, радиолокационные средства и др.).

Таким образом, предлагаются средства автоматизации для всех процессов технологии проведения измерений.

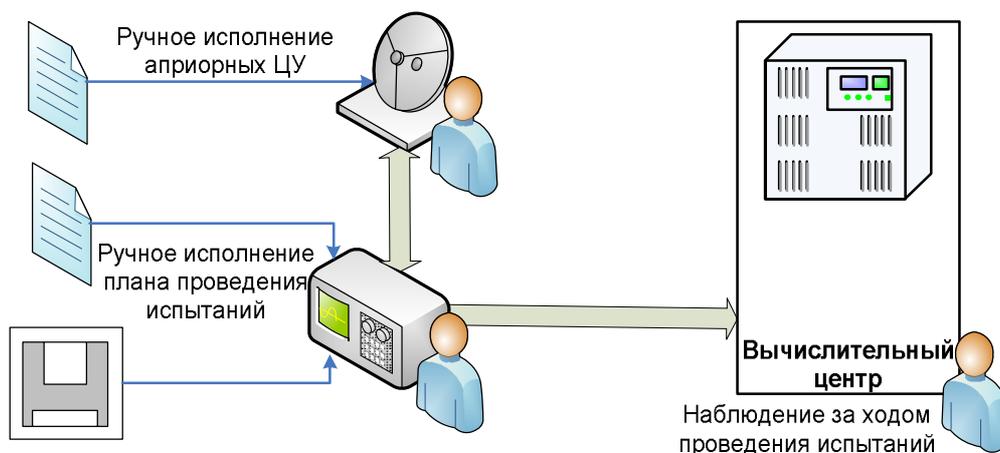
Для проведения сравнительной оценки за основу принимаем эффективность функционирования систем сбора и обработки измеритель-

ной информации, эксплуатируемых в настоящее время [5-7]. Технологические процессы функционирования существующих систем в режимах «Подготовка к испытаниям» и «Проведение измерений» упрощённо представлены на рисунках 2 и 3.



Подготовка к испытаниям

Рисунок 2 – Схема технологических процессов функционирования существующих систем в режиме «Подготовка к испытаниям»



Проведение измерений

Рисунок 3 – Схема технологических процессов функционирования существующих систем в режиме «Проведение измерений»

Исходя из требований назначения и предлагаемых решений по их реализации разработана схема аналогичных технологических процессов функционирования системы с применением автоматического измерительного пункта в режимах «Подготовка к испытаниям» и «Проведение измерений» (рисунки 4 и 5).

Для решения задачи оценки эффективности применения автоматического измерительного пункта в системах сбора и обработки измерительной информации проанализируем величину потерь измерительной информации в существ-

ующих системах. Анализ условий проведения испытаний позволяет выделить ряд их особенностей, требующих повышения качества функционирования информационно-измерительных систем.

1. Совершенствование изделий ракетно-космической техники, расширение и повышение требований к ним, возможность их применения в ранее не определённых условиях.

2. Существующие средства полигонного измерительного комплекса могут не обеспечивать требуемую точность измерений в интересах

решения ряда задач.

3. Неточность или отсутствие априорной информации о параметрах принятой математической модели функционирования объекта испытаний.

4. По различным причинам могут быть не получены результаты измерений отдельных параметров.

5. Наличие участков отсутствия измерительной информации, иногда достаточно длительных.

6. Значительный разрыв между результатами современных научных исследований и их практическим применением при решении задач оценивания характеристик изделия.

7. Отсутствие эффективных методов анализа соответствия характеристик изделия заданным требованиям, исключающих влияние «человеческого фактора» на качество оценки.

8. Сокращение общего количества испытаний, требующее повышения точности, достоверности и полноты сбора и анализа измерительной информации в отдельных натуральных экспериментах.

9. Анализ технического состояния и соответствия возможностей измерительного комплекса в части получения измерительной информации для решения задач испытаний показывает, что в настоящее время основная масса измерительных средств выработала технический ресурс, требует ремонта, модернизации или замены на новые образцы.

10. Результаты работы технических средств измерительного комплекса: регистрация, передача, сбор и обработка измерительной информации при проведении натурального эксперимента не всегда позволяют решать задачи анализа результатов испытаний в полном объеме.

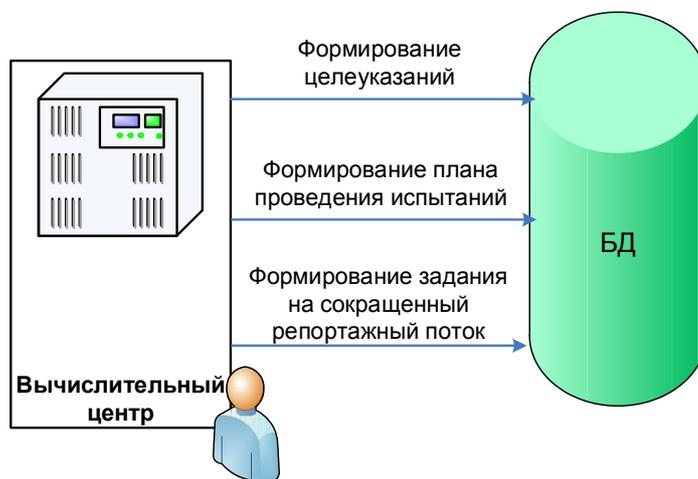


Рисунок 4 – Схема технологических процессов функционирования системы с применением автоматического измерительного пункта в режиме «Подготовка к испытаниям»

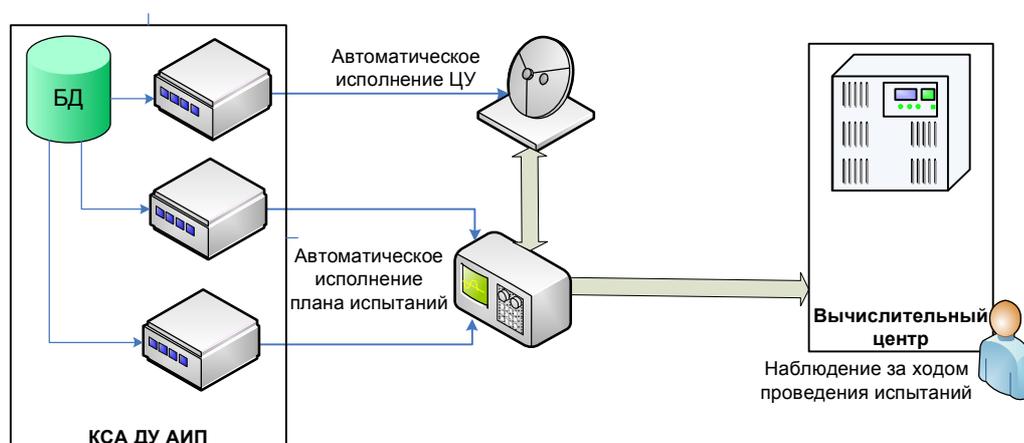


Рисунок 5 – Схема технологических процессов функционирования системы с применением автоматического измерительного пункта в режиме «Проведение измерений»

Специалистами, обеспечивающими обработку измерений, полученных при проведении

испытаний, была проведена обработка статистических данных по объему информации, полученной в этих условиях проведения по ряду натурных экспериментов.

В результате обработки данных выявлено [4, 5], что в среднем до 20 % измерительной информации, необходимой для определения оценок отдельных параметров функционирования изделия в ходе испытаний, по тем или иным причинам не получено или теряется. Это приводит к усложнению решения задач испытаний, не только в части этих параметров, но и множества других, для которых они являются исходными данными для расчетов, что препятствует сокращению общего количества испытаний.

Результатами этой обработки явились также основные причины, по которым не были получены или были потеряны измерения:

1) несовпадение периодов выдачи измерений с борта изделия с периодом регистрации измерительными средствами по причине сбоя бортовой системы управления;

2) отклонение траектории полета изделия от расчетной траектории;

3) отсутствие части измерений по причине сбоя в работе датчиковой аппаратуры бортовой радиотелеметрической системы;

4) потери измерительных данных по вине «человеческого фактора» – нарушение программы сеанса измерений;

5) потери измерительных данных по объективным причинам воздействия внешних факторов, не позволяющим провести измерения и/или получить измерительные данные;

6) потери измерительных данных в каналах передачи данных.

Экспериментальные исследования

Применением технологий автоматического измерительного пункта в системе сбора и обработки измерительной информации, ввиду её наземного расположения и отсутствия эффективной обратной связи с объектом испытаний, могут быть предотвращены или компенсированы

не все потери измерительных данных, возникающие по причинам, описанным выше.

Таким образом, исходя из перечня причин потерь измерительных данных и возможностей автоматического измерительного пункта, определим частные критерии, которые могут быть использованы для оценки повышения эффективности получения измерительной информации:

– вероятность синхронизации применения средств измерений с временем проведения испытаний – P_c ;

– вероятность обеспечения необходимой точности применения средств измерений – P_m ;

– вероятность оперативной корректировки программы сеанса измерений в случае изменения поведения объекта испытаний – $P_{ок}$;

– вероятность обеспечения применения средств измерений при оперативной корректировке программы сеанса измерений – $P_{пок}$;

– вероятность оперативного использования результатов обработки измерений для оперативной корректировки программы сеанса измерений – $P_{роок}$.

Для интегральной оценки эффективности средств автоматического измерительного пункта при его применении в системах сбора и обработки измерительной информации используем мультипликативный критерий $K_{эси}$

$$K_{эси} = \prod_i P_i = P_c \times P_m \times P_{ок} \times P_{пок} \times P_{роок}.$$

Проведены расчёты критерия $K_{эси}$ для существующих в настоящее время систем сбора и обработки измерительной информации и перспективных систем с применением технологий автоматического измерительного пункта. Для расчёта приняты значения выбранных частных критериев, которые прямо или косвенно определяются архитектурой систем и обеспечиваемыми ими функциями (таблица 1).

Таблица 1 – Функции систем сбора измерительной информации, влияющие на значения выбранных частных критериев

Функции системы	Существующие системы	Система с применением АИП	Частные критерии, значения которых определяются функцией
Способ управления средствами измерений	Ручной	Автоматический	$P_c, P_m, P_{пок}$
Способ временной синхронизации функционирования объекта испытаний и работы средств измерений	По команде руководителя испытаний	Автоматический	P_c, P_m

Продолжение таблицы 1

Способ обеспечения точности измерений	Опыт оператора	С возможностью автоматической корректировки	P_m
Способ ввода целеуказаний на средства измерений	Ручной	Автоматический	$P_c, P_{пок}$
Способ оперативной корректировки программы сеанса измерений при изменении поведения объекта испытаний или невалифицированного применения средств измерений	Отсутствует или ручной на основе опыта оператора / руководителя испытаний	Автоматический на основе обработки измерений от других средств измерений	$P_m, P_{пок}, P_{ок}, P_{роок}$
Способ доставки результатов оперативной корректировки программы сеанса измерений	До оператора с последующим ручным вводом на средства измерений	Автоматический	$P_c, P_m, P_{пок}$

Заключение

Результаты оценки критерия $K_{эци}$ (таблица 2) показывают, что применение технологий автоматического измерительного пункта могут исключить или снизить влияние некоторых причин потерь информации, что может повы-

сить эффективность функционирования систем сбора измерительной информации в 10^4 раз. Это приведёт к снижению потерь измерительной информации по объективным или неустранимым причинам, определяемым условиями проведения эксперимента.

Таблица 2 – Результаты расчетов

Частные критерии	P_c	P_m	$P_{ок}$	$P_{пок}$	$P_{роок}$	$K_{эци}$
Существующие системы	0,80	0,70	0,10	0,10	0,01	0,000056
Система с применением АИП	0,98	0,95	0,90	0,85	0,65	0,462940

Библиографический список

1. **Пылькин А. Н., Филаткин С. В.** Создание автоматического измерительного пункта как способа повышения эффективности систем сбора измерительной информации при испытаниях сложных технических комплексов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. № 54-2. С. 74-79.

2. **Пылькин А. Н., Филаткин С. В.** Моделирование и оценка характеристик протокола передачи данных при использовании каналов связи с большим временем распространения сигнала // Радиотехника 2/15. Москва, 2015. С.55–59.

3. **Пылькин А. Н., Филаткин С. В.** Моделирование и оценка характеристик протокола для передачи данных в реальном времени при использовании каналов связи с большим временем распространения сигнала // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. № 52. С. 69–74.

4. **Кобзарь А. А.** Физико-статистические методы комплексного оценивания летно-технических характеристик летательных аппаратов при полигонных испытаниях в условиях неопределенности исходных данных и измерительной информации // ВА РВСН им. Петра Великого. 2012.

5. **Меньшиков В. А.** Полигонные испытания. Книга I. М.: КОСМО, 1997.

6. **Фомов О. П., Филаткин С. В.** Модели систем сбора, передачи, обработки измерительной информации в реальном времени для оценки их эффективности // Наука и технологии. Том 2. Краткие сообщения XXX Российской школы, посвященной 65-летию Победы. Екатеринбург: УрО РАН, 2010.

7. **Новиков Ю. А., Тимашев А. В., Филаткин С. В.** Оценка эффективности систем сбора, передачи и обработки измерительной информации реального времени // Цифровая обработка сигналов. 2010, № 3/10, с. 17–20.

UDC 681.2

EVALUATION OF COLLECTING AND PROCESSING INFORMATION SYSTEM EFFICIENCY WHILE TESTING COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS DURING THE USAGE OF AUTOMATIC MEASURING AND CONTROL MEANS

A. N. Pylkin, PhD (technical sciences), full professor, Head of Department, RSREU, Ryazan; pylkin.a.n@rsreu.ru

S. V. Filatkin, post-graduate student, RSREU, Ryazan; svfi@yandex.ru

The use of automatic tools that implement low-maintenance (automated, unmanned) technology training and targeted application of measuring devices will allow to solve the task of providing tests of complicated technical complexes in limiting experimental conditions: distance of measurement tools, lack of qualified staff, inability of staff presence for safety reasons in the area of measurement. Such measures, in general, lead to increased efficiency of information-measuring systems and reducing the cost of information-measuring software testing of complex technical systems. The example shows that automatic technology measurement can improve the efficiency of systems for collecting measurement information in 10^4 times.

Key words: distributed systems, information-measuring systems, systems of gathering and measuring information, automatic measuring and control means.

DOI: 10.21667/1995-4565-2016-56-2-124-130

References

1. Pyl'kin A. N., Filatkin S. V. Sozdanie avtomaticheskogo izmeritel'nogo punkta kak sposoba povysheniya ehffektivnosti sistem sbora izmeritel'noj informacii pri ispytaniyah slozhnyh tekhnicheskikh kompleksov. *Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta*. 2015, no. 54-2, pp. 74-79 (in Russian).
2. Pyl'kin A. N., Filatkin S. V. Modelirovanie i ocenka harakteristik protokola peredachi dannyh pri ispol'zovanii kanalov svyazi s bol'shim vremenem rasprostraneniya signala. *Radiotekhnika*. 2015, no. 2/15, pp. 55-59 (in Russian).
3. Pyl'kin A. N., Filatkin S. V. Modelirovanie i ocenka harakteristik protokola peredachi dannyh v real'nom vremeni pri ispol'zovanii kanalov svyazi s bol'shim vremenem rasprostraneniya signala. *Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta*. 2015, no. 52, pp. 69-74 (in Russian).
4. Kobzar' A. A. Fiziko-statisticheskie metody kompleksnogo ocenivaniya letno-tekhnicheskikh harakteristik letatel'nyh apparatov pri poligonnyh ispytaniyah v usloviyah neopredelennosti iskhodnyh dannyh i izmeritel'noj informacii // *VA RVSN im. Petra Velikogo*. 2012 (in Russian).
5. Men'shikov V. A. *Poligonnye ispytaniya* (Ground testing). Kniga I. Moscow, KOSMO, 1997 (in Russian).
6. Fomov O. P., Filatkin S. V. Modeli sistem sbora, peredachi obrabotki izmeritel'noj informacii v real'nom vremeni dlya ocenki ih ehffektivnosti // *Nauka i tekhnologii. Tom 2. Kratkie soobshcheniya HKHKH Rossijskoj shkoly, posvyashchennoj 65-letiyu Pobedy*. 2010, Ekaterinburg, UrO RAN (in Russian).
7. Novikov Yu. A., Timashev A. V., Filatkin S. V. Ocenka ehffektivnosti sistem sbora, peredachi i obrabotki izmeritel'noj informacii real'nogo vremeni. *Cifrovaya obrabotka signalov*. 2010, no. 3/10, pp. 17-20 (in Russian).