

АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ВКЛЮЧЕНИЯ И ВЫКЛЮЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ДОДЕТЕКТОРНОЙ ЗАПИСИ В НАЗЕМНЫХ ПРИЕМНО-РЕГИСТРИРУЮЩИХ СТАНЦИЯХ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ О МОДЕЛИ РАДИОКАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ТЕЛЕКОНТРОЛЯ

А. С. Дуников

В практике применения систем информационно-телеметрического обеспечения летных испытаний летательных аппаратов появляется все больше наземных приемно-регистрирующих станций с функциями додетекторной записи телеметрической информации. Однако осуществление додетекторной записи телеметрической информации сопряжено с большими затратами информационных ресурсов, в частности емкости запоминающих устройств, что негативно сказывается на стоимостных характеристиках систем информационно-телеметрического обеспечения в целом. В статье представлены результаты разработки алгоритма программного управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи в наземных приемно-регистрирующих станциях телеметрической информации на основе априорной модели радиоканала передачи данных телеконтроля. Применение разработанного алгоритма позволит снизить до 80 процентов информационных ресурсов памяти запоминающих устройств, требуемых для хранения додетекторной записи группового телеметрического радиосигнала.

Ключевые слова: групповой телеметрический сигнал, додетекторная запись, летные испытания, летательный аппарат, программное управление, радиоканал, статистические данные, телеметрическая информация.

Введение

Развитие и усложнение летательных аппаратов (ЛА) различного класса и назначения привели к возрастанию роли телеметрической информации (ТМИ) в процессе оценивания их функционирования, технического состояния, а также подтверждения летно-технических характеристик. В целях получения наибольшей возможной информации о результатах функционирования ЛА в состав систем информационно-телеметрического обеспечения (СИТО) в последнее время включают подсистемы додетекторной записи и обработки результатов телеметрического контроля, предназначенные для последующего послесансного восстановления искаженной телеметрической информации. Однако ряд аспектов при внедрении данных подсистем в практике их применения учитывается не в полном объеме. В частности, затраты информационных ресурсов памяти, требуемых для хранения полного объема зарегистрированной додетекторной записи группового телеметрического радиосигнала (ГТС), не оценивались. При этом, по данным, приведенным в работе [1], эти затраты составляют десятки терабайт, которые отечественная промышленность компенсировать пока не может. В связи с этим, становится достаточно актуальной задача по разработке алгоритмов управления временем включения и выключения додетекторной записи группового телеметрического радиосигнала, учитывающих различные признаки возникновения участков искажения телеметрической информации.

Анализ существующих алгоритмов управления временем включения и выключения додетекторной записи группового телеметрического сигнала. Постановка задачи

Алгоритмы управления различными системными временными процессами, как правило, основаны на использовании определенных знаний о процессах, протекающих в исследуемом объекте, а также априорной информации о состоянии исследуемого объекта.

Исходя из распространенного методологического подхода внешнего и внутреннего проектирования целенаправленных процессов и систем, при разработке алгоритмического обеспечения $AI^{(1)}$ управления параметрами включения и выключения $par_{\text{вкл/откл}}$ додетекторной записи ГТС на промежуточной частоте применимы три группы методов получения априорной информации о временных промежутках включения и выключения процесса записи. Классификация данных методов представлена на рис. 1.

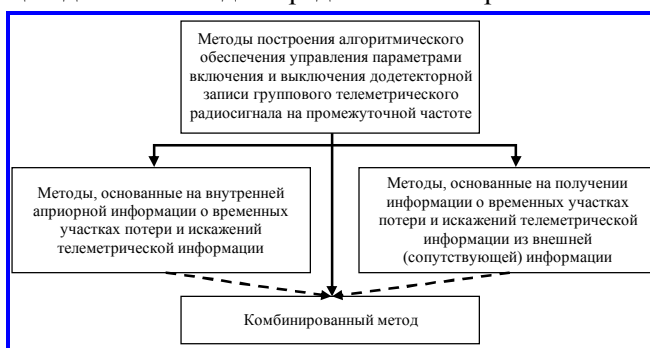


Рис. 1. Классификация методов построения алгоритмического обеспечения управления параметрами включения и выключения додетекторной записи группового телеметрического радиосигнала

К данным группам методов относятся: методы, основанные на внутренней априорной информации о временных участках потерь и искажений ТМИ;

методы, основанные на получении информации о временных участках потерь и искажений ТМИ из внешней получаемой информации;

комбинированный метод, учитывающий как априорную информацию, так и данные, получаемые из внешних источников.

В силу того, что подсистемы додетекторной записи и обработки ТМИ только внедряются в наземную приемно-регистрающую аппаратуру, на настоящее время алгоритмов управления параметрами включения и выключения додетекторной записи ГТС достаточно мало. В частности, в существующих наземных приемно-регистрающих станциях (НПРС) «Интегрированный телеметрический комплекс», разработки филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем имени Ю.Е. Седакова», и «МПРС-ПМ», разработки акционерного общества «Особое конструкторское бюро Московского энергетического института», процессы включения и выключения додетекторной записи ГТС осуществляются только принудительно оператором с использованием средств визуального контроля принимаемой информации.

В работе [1] представлен алгоритм адаптивного управления додетекторной записью в НПРС ТМИ с использованием сигнала автоматической регулировки усиления. Процесс включения функции записи данных на запоминающее устройство осуществляется по результатам проверки двух условий:

1) проверки условия, что текущая невязка $\mu_{тек}$ в k -й момент времени превышает исходную невязку μ более чем на 5 процентов $\mu_{тек} > 1,05\mu$, где

$$\mu_{тек} = \sqrt{l_k^2}, \tag{1}$$

$$l_k = ARY_{исх} - ARY_{тек}, \tag{2}$$

где $ARY_{исх}$ – исходный ожидаемый (установленный пороговый) уровень значений сигнала автоматической регулировки усиления; $ARY_{тек}$ – текущее значение сигнала автоматической регулировки усиления в оцениваемый момент времени.

2) проверки условия, значение знака отклонения сигнала автоматической регулировки усиления больше нуля $Zn > 0$, где

$$Zn = \sin\beta_k, \tag{3}$$

где β_k – значение угла между исходным уровнем значений сигнала автоматической регулировки усиления и текущим значением данного сигнала в оцениваемый момент времени.

Следовательно,

$$par_{вкл/откл} = 1 \text{ (запись включена) при } \begin{cases} \mu_{тек} > 1,05\mu, \\ Zn > 0; \end{cases} \tag{4}$$

$$par_{вкл/откл} = 0 \text{ (запись выключена) при } \begin{cases} \mu_{тек} > 1,05\mu, \\ Zn < 0; \\ \mu_{тек} < 1,05\mu, \\ Zn < 0; \\ \mu_{тек} < 1,05\mu, \\ Zn > 0. \end{cases} \tag{5}$$

Графически процесс оценивания значений уровня сигнала автоматической регулировки усиления для управления параметрами включения и выключения додетекторной записи ГТС представлен на рис. 2.

Представленная в работе [1] качественная оценка эффективности применения алгоритма адаптивного управления додетекторной записью в НПРС ТМИ с использованием сигнала автоматической регулировки усиления показывает, что его применение позволяет в десятки раз снизить затраты ресурсов запоминающих устройств, требуемых для хранения додетекторной записи ГТС.

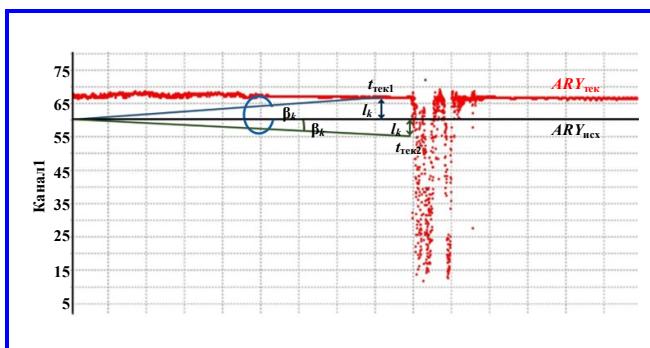


Рис. 2. Пример управления процессом включения/выключения записью группового телеметрического радиосигнала с использованием алгоритма адаптивного управления

Вместе с тем, применение указанного алгоритма имеет и ряд недостатков, к которым относятся:

- отсутствие возможности прогнозирования исходного (порогового) уровня сигнала автоматической регулировки усиления на этапе входа объекта телеметрического контроля в зону радиовидимости антенных систем приемно-регистрирующих средств до момента установления устойчивого уровня приема;

- в ряде случаев возникновение искажений ТМИ не коррелирует со снижением уровня автоматической регулировки усиления.

Таким образом, необходима доработка программного обеспечения управления временем включения и выключения додетекторной записи ГТС.

Следовательно, необходимо разработать алгоритм $Al^{(1)}$ управления параметрами включения и выключения додетекторной записи ГТС на промежуточной частоте $par_{\text{вкл/откл}}$ (время включения $t_{\text{вкл}}$ и время выключения записи $t_{\text{выкл}}$), применение которого позволит минимизировать объем памяти запоминающих устройств НПРС и аппаратно-программных комплексов обработки ТМИ

$$Al^{(1)}(par_{\text{вкл/откл}}, par_{\text{сж}}) \rightarrow \min(Q^{\text{ПЗУ}}). \quad (6)$$

С учетом вышеизложенного, при разработке алгоритма $Al^{(1)}$ управления параметрами включения и выключения додетекторной записи ГТС целесообразнее всего использовать вторую группу методов, которые основаны на внутренней априорной информации о временных участках потерь и искажений ТМИ.

Синтез алгоритма программного управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи на основе априорной информации о модели радиоканала передачи данных телеконтроля

В основе работы группы методов, базирующихся на внутренней априорной информации о временных участках потерь и искажений ТМИ, используются априорные данные, которые могут храниться либо в памяти устройства управления включением и выключением додетекторной записи ГТС, либо во внутренней памяти НПРС при условии использования программного обеспечения управления включением и выключением додетекторной записи ГТС, о прогнозируемых временных участках потерь и искажений ТМИ.

При этом указанные априорные данные, исходя из особенностей пуска (запуска) тех или иных ЛА, скорее всего, будут иметь различное значе-

ние. Эти особенности будут обусловлены мощностью передатчиков, используемых на ЛА, частотным диапазоном передачи ТМИ, географическими особенностями трасс полета и различными другими данными.

Исследования, представленные в работе [2], по оценке статистических характеристик радиоканала передачи ГТС, показывают, что наличие временных участков потерь и искажений ТМИ на различных участках полета ЛА имеет определенные характеристики постоянства. Так, в частности, потери и искажения ТМИ в большинстве случаев возникают на участках входа и выхода объекта телеметрического контроля в зону радиовидимости антенных систем приемных средств. Кроме того, в работе [3] представлены результаты исследований, показывающие, что на этапах отделения конструктивных элементов ЛА (ступени, головные обтекатели и др.), также возможны значительные временные участки потерь и искажений ТМИ, обусловленные возникновением большого числа битовых ошибок (увеличение значения вероятности битовой ошибки), вследствие возникновения различных вибрационных (вращательных) процессов.

В целях подтверждения данных заключений были проанализированы результаты регистрации ТМИ по результатам проведения пусков ракеты-носителя «Союз-2.1б» с космодрома «Плесецк». Оценка искажений осуществлялась по непосредственному поведению телеметрируемых параметров (ТМП). Рассматривались пуски 04 мая 2011 года изделия № 230, 02 октября 2011 года – № 209 и 26 апреля 2013 года – № 220. Данные пуски имели одинаковую полезную нагрузку, наклонение и траекторию полета. На рис. 3 представлено поведение ряда ТМП ракеты-носителя «Союз-2.1б» с изделием № 230, полученное с использованием программного обеспечения формирования обобщенного массива данных телеизмерений MontISX разработки акционерного общества «Российские космические системы».

На рис. 3 кратко, в форме отображения функционального поведения ряда ТМП, описан процесс функционирования ракеты-носителя на этапе активного участка траектории. Изначально при пуске (контакте подъема ракеты-носителя) происходит рост давления горючего перед форсунками, что характеризует процесс зажигания двигателей и начало выработки горючего. На 180 – 230-й секундах полета происходит отделение первой ступени и доворот изделия на курс выведения с последующей стабилизацией курса, что видно из по-

ведения телеметрируемого параметра, характеризующего угол поворота рулевых сопел. При стабилизации курса, в связи с различными процессами закрутки и происходит первая потеря и искажение ТМИ, отмеченная на рис. 3. На 330-й секунде происходит отделение второй ступени, что видно по резкому изменению давления. В этот момент в связи с вибрационными процессами происходит вторая потеря и искажение ТМИ. Примерно на 500-й секунде отделяется третья ступень ракеты-носителя «Союз-2.1б», что отражается в изменениях давления в баках, а также по изменению параметра датчика угла поворота рулевых сопел, отражающих процесс стабилизации разгонного блока после отделения третьей ступени. При этом на данном этапе, как видно из рис. 3, также возникают потери и искажения ТМИ. После 700-й секунды полета зона радиовидимости антенных средств НПС полигонного измерительного комплекса завершается, и возникает полная потеря ТМИ.

В целях доказательства системности возникновения потерь и искажений ТМИ, описанных выше, на рис. 4 – 5 проведена детализация характера поведения ТМП в условиях сбоев для изделий № 209 и 220 соответственно. Участки потерь и искажений ТМИ на верхних графиках обозна-

чены цифрами «1», «2» и «3». На нижних графиках производится более подробное (детализированное) представление временного участка потери и искажения ТМИ.

Анализируя рис. 3 – 5, следует сделать заключение, что возникновение потерь и искажений ТМИ от изделия к изделию имеет закономерный характер и в большинстве случаев происходит практически в одно и то же время. При этом, как показывают представленные выше данные, время возникновения потерь и искажений ТМИ зависит от технологических и конструктивных особенностей процесса полета ЛА, заключающихся в этапности разделений элементов конструкции, маневрировании и прочих условиях. В ракетной технике технологические особенности применения изделия по предназначению определяются в циклограмме полета. Циклограмма полета представляет собой временную диаграмму программы пуска ЛА. В качестве примера циклограммы представим циклограмму пуска ракеты-носителя «Рокот» [4], изображенную на рис. 6.

Аналогично в программах работы комплекса средств измерений, сбора и обработки информации представляются данные о зонах радиовидимости измерительных средств. Пример из работы [4] представлен в таблице.

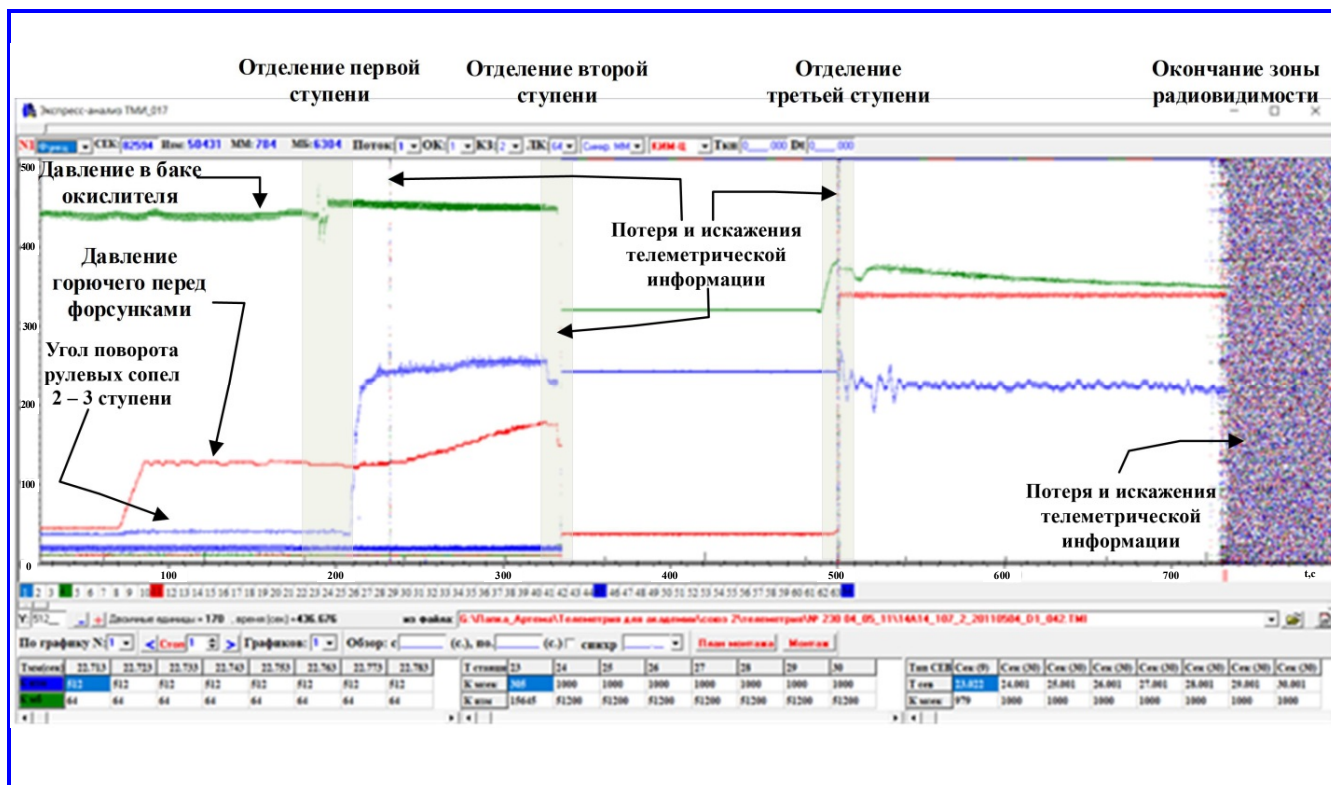


Рис. 3. Поведение телеметрируемых параметров при пуске ракеты-носителя «Союз-2.1б» с изделием № 230

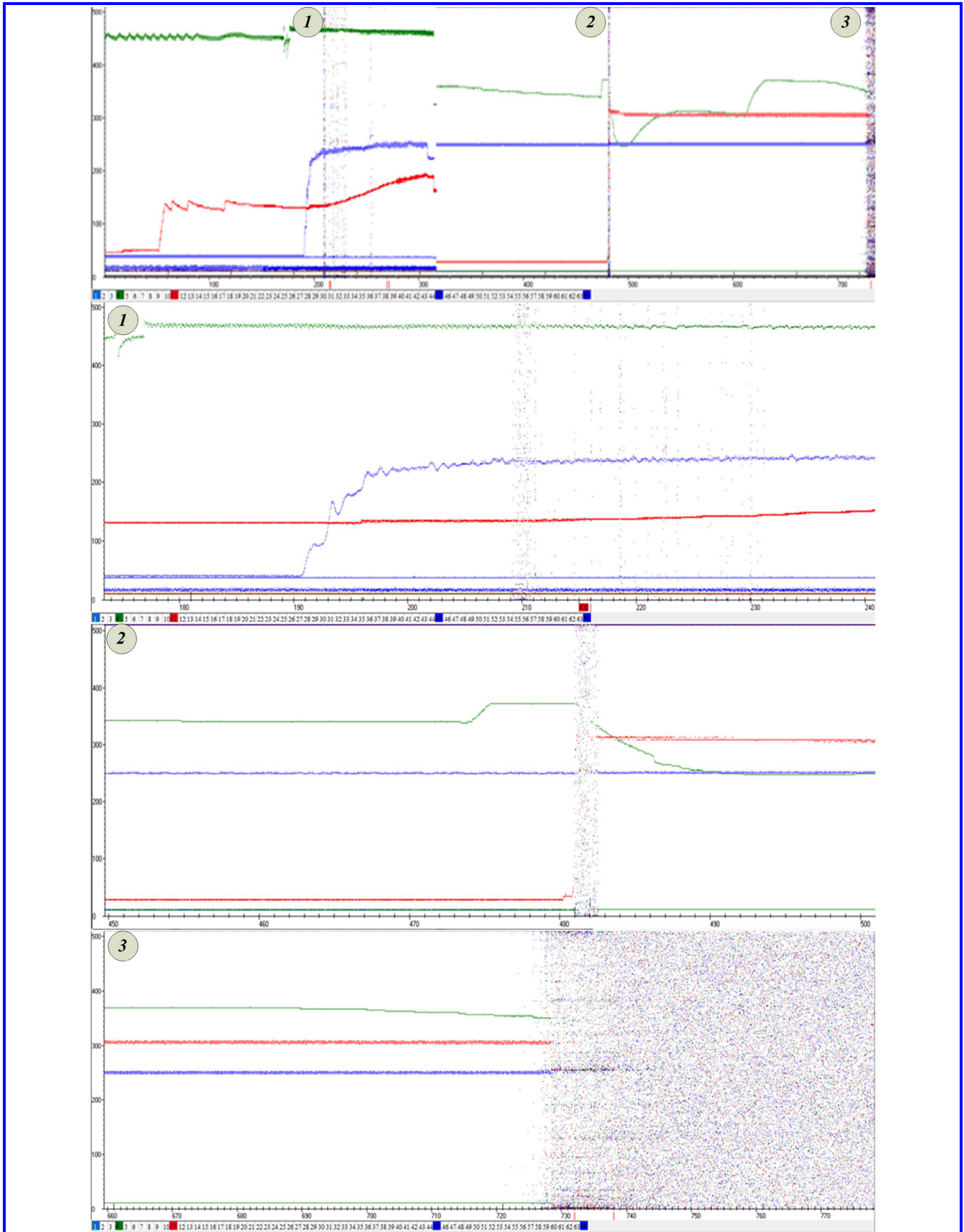


Рис. 4. Поведение телеметрических параметров при пуске ракеты-носителя «Союз-2.1б» с изделием № 209: 1 – 173 – 240-я секунды; 2 – 450 – 500-я секунды; 3 – 660 – 770-я секунды

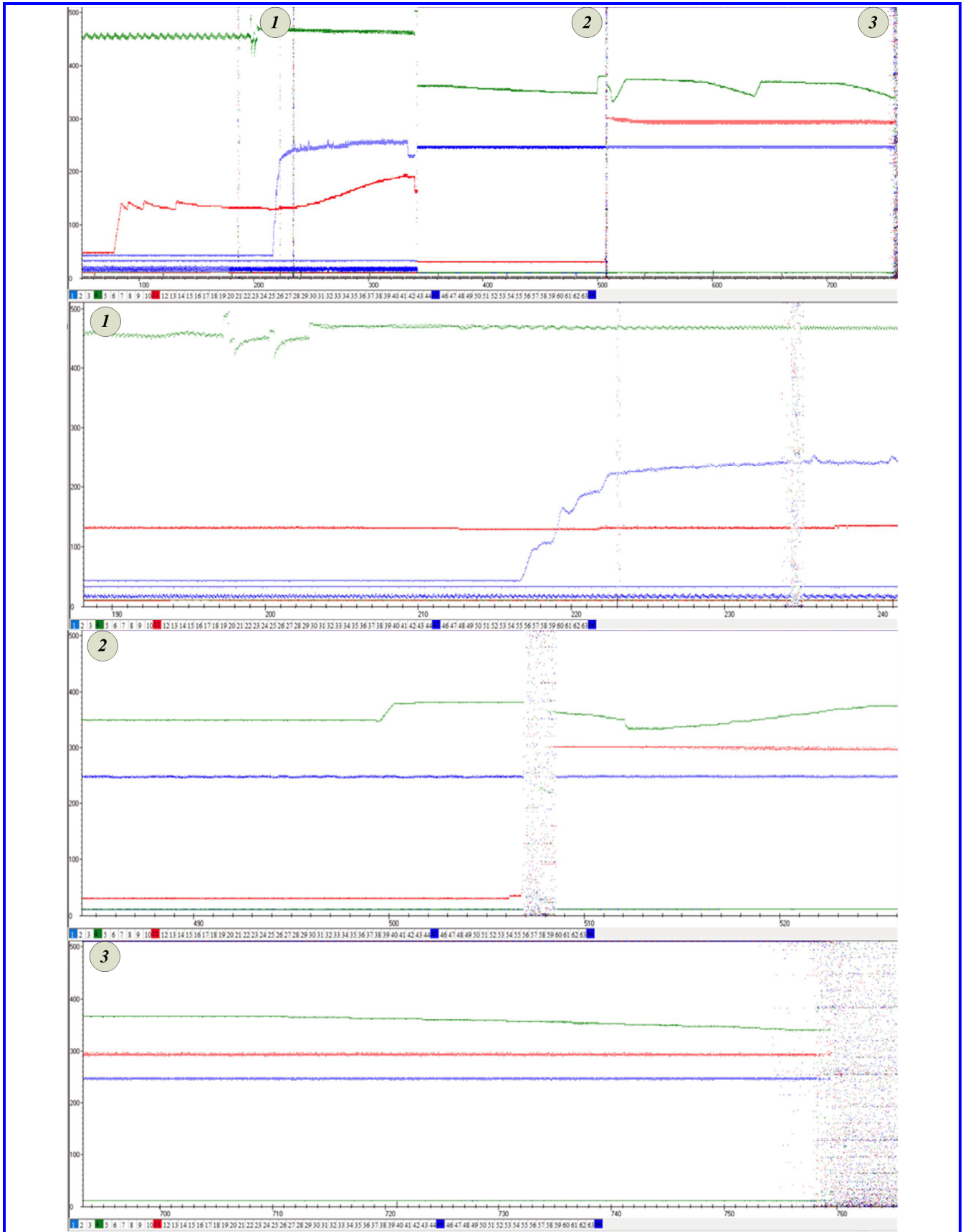


Рис. 5. Поведение телеметрических параметров при пуске ракеты-носителя «Союз-2.1б» с изделием № 220: 1 – 188 – 240-я секунды; 2 – 484 – 526-я секунды; 3 – 693 – 760-я секунды

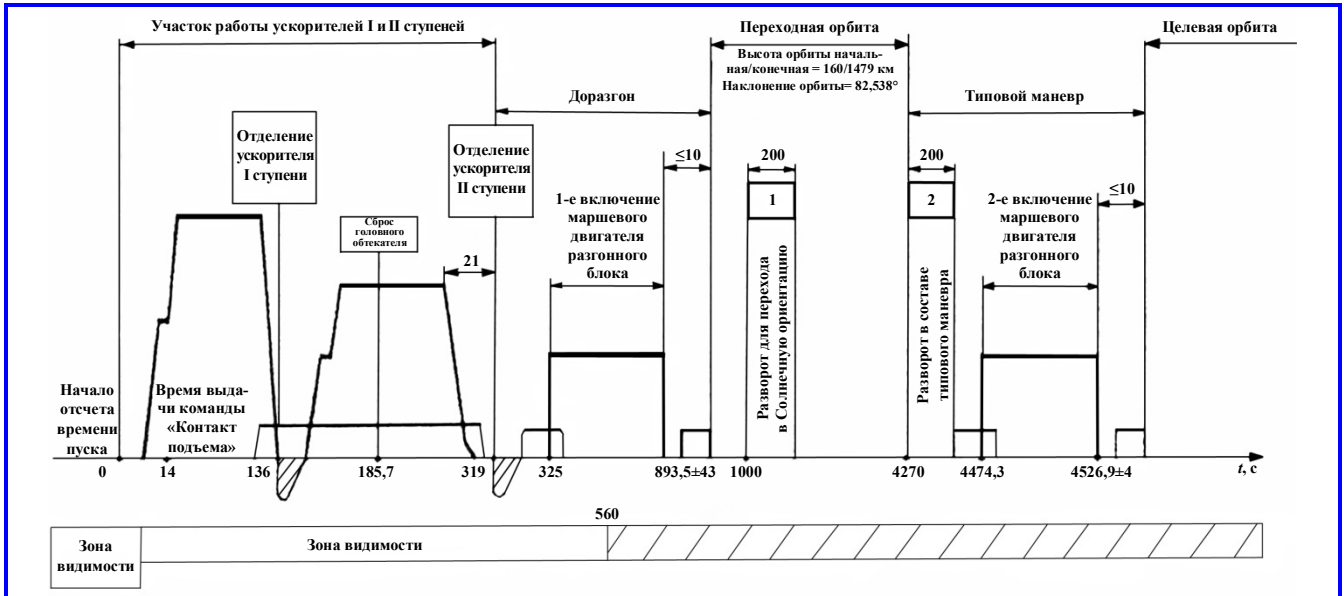


Рис. 6. Циклограмма полета ракеты-носителя «Рокот»

Таблица

Зоны радиовидимости измерительных средств при пуске изделия «Рокот» с блоком космического аппарата 14С137-04

Отдельный измерительный пункт (отдельный командно-измерительный комплекс) (ОИП (ОКИК))	Зона видимости							Примечание
	Вход в зону видимости			t/γ_{max} , (с/град.)	Выход из зоны видимости			
	0°	5°	7°		7°	5°	0°	
t, c	t, c	t, c		t, c	t, c	t, c		
				–				
ОКИК (площадка 101)	18	33	36	86/39,5	372	408	507	Отсчет времени при расчете зоны видимости – от контакта подъема
ОКИК (площадка 104)	18	40	44	101/42,0	376	412	510	
ОИП-3	113	155	169	302/28,5	511	539	620	
				–				
ОКИК-18	158	223	247	368/14,4	523	555	641	

В работе [2] при синтезе формализованного описания модели радиоканала передачи ТМИ сделан вывод с учетом проведенной статистической оценки о связи различных этапов циклограммы полета ЛА с законом распределения огибающей принимаемого сигнала, заключающийся в следующем:

для этапа начального входа объекта телеконтроля в зону радиовидимости приемных средств, когда угол подъема объекта телеконтроля над поверхностью приблизительно равен от 0 до 5 градусов в качестве закона распределения огибающей принимаемого сигнала, характерен закон Релея;

для этапа входа объекта телеконтроля в зону радиовидимости приемных средств, когда угол подъема данного объекта над поверхностью равен от 5 до 7 градусов, характерен закон Райса;

для этапа активного участка траектории полета объекта телеконтроля характерен нормальный закон распределения;

для участков отделения конструктивных элементов, выполнения маневров, возникновения различных вибрационных процессов на этапе активного участка траектории полета объекта телеконтроля характерен закон Райса;

для этапа выхода объекта телеконтроля из зоны радиовидимости приемных средств, когда объект телеконтроля постепенно снижается, приближаясь к пятиградусной зоне видимости антенных средств, характерен закон Райса;

для этапа окончательного выхода объекта телеконтроля из зоны радиовидимости приемных средств, когда объект телеконтроля находится ниже пятиградусной зоны видимости антенных средств, характерен закон Релея.

Таким образом, с учетом вышеописанного следует сделать заключение, что синтез алгоритмического обеспечения $AI_{вкл/выкл}^{(1)}$ управления параметрами включения и выключения $par_{вкл/откл}$ додетектор-

ной записи ГТС с использованием метода, основанного на внутренней априорной информации о временных участках потерь и искажений ТМИ, целесообразнее всего осуществлять на основе определения взаимосвязи между циклограммой полета ЛА и априорными значениями прогнозного коэффициента характера замираний амплитуды принимаемого радиосигнала $rl(t)$ на различных участках данной циклограммы полета.

С учетом результатов анализа, подтверждающих, что потери и искажения ТМИ возникают на участках входа/выхода объекта телеметрического контроля в зону радиовидимости антенных средств, а также при возникновении конструктивных разделений составных частей ЛА, алгоритм управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи в НПРС ТМИ на основе априорных данных о модели радиоканала передачи данных сводится к следующей последовательности действий:

Шаг 1. Ввод исходных данных. В качестве исходных данных вводится частота дискретизации сигнала f_d (определяет дискретность временных отсчетов записываемого ГТС), длительность сеанса измерений $T_{СИ}$, а также массив априорных значений соответствия отсчета времени сеанса измерений этапу циклограммы полета изделия $T_{СИ}^{апр}$. При этом $T_{СИ}^{апр}$:

$$T_{СИ}^{апр} = \begin{bmatrix} \bar{t}_{вх.зрв(0-5)} \\ \bar{t}_{вх.зрв(5-7)} \\ \bar{t}_{констр.разд} \\ \bar{t}_{вых.зрв(5-7)} \\ \bar{t}_{вых.зрв(0-5)} \\ \bar{t}_{аут} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где $\bar{t}_{вх.зрв(0-5)}$ – вектор значений моментов времени, относящихся к этапу входа ЛА в зону видимости НПРС при угле места антенных средств от 0 до 5 градусов; $\bar{t}_{вх.зрв(5-7)}$ – вектор значений моментов времени, относящихся к этапу входа ЛА в зону видимости НПРС при угле места антенных средств от 5 до 7 градусов; $\bar{t}_{констр.разд}$ – вектор значений моментов времени, относящихся к этапу конструктивных разделений элементов конструкции ЛА согласно циклограмме его полета; $\bar{t}_{вых.зрв(5-7)}$ – вектор значений моментов времени, относящихся к этапу выхода ЛА из зоны видимости НПРС при угле места антенных средств от 5 до 7 градусов; $\bar{t}_{вых.зрв(0-5)}$ – вектор значений моментов времени, относящихся к этапу выхода ЛА из зоны видимости НПРС

при угле места антенных средств от 0 до 5 градусов; $\bar{t}_{аут}$ – вектор значений моментов времени, относящихся к этапу штатного полета ЛА в условиях отсутствия деструктивных искажающих факторов радиоканала и замираний амплитуды принимаемого сигнала.

Данный массив $T_{СИ}^{апр}$ формируется до проведения сеанса измерений по результатам анализа циклограммы полета ЛА, программ работы комплекса средств измерений, сбора и обработки информации, статистики потерь и искажений ТМИ по предыдущим сеансам измерений (при условии наличия данной статистики), данных о значении прогнозного коэффициента характера замираний амплитуды принимаемого радиосигнала $rl(t) = \left\{ 1, I_0 \left(\frac{A\alpha_p}{\sigma_A^2} \right), \frac{1}{2} \right\}$. При этом результаты,

представленные в таблице, показывают, что составление данного массива является индивидуальным для территориально распределенных измерительных средств, а также имеющих антенные системы с различными техническими и геометрическими характеристиками. В связи с этим формирование данного массива должно осуществляться в соответствии с отдельной методикой, которая в данной статье не описывается.

Шаг 2. Во время сеанса измерений осуществляется прием массива дискретных отсчетов принимаемого ГТС и формирование временного ряда регистрируемых значений сигнала $S_{вх} = \{s_{вх}(t_1), s_{вх}(t_2), s_{вх}(t_3), \dots, s_{вх}(t_N)\}$, где $N = f_d T_{СИ}$ количество дискретных отсчетов сигнала на всей длительности сеанса измерений.

Шаг 3. Осуществляется проверка относимости момента времени каждого принимаемого входного дискретного отсчета ГТС к одному из векторов значений моментов времени массива априорных значений соответствия отсчета времени сеанса измерений этапу циклограммы полета ЛА:

а) При установлении принадлежности входного отсчета $t_n, n = \overline{1, N}$ одному из следующих векторов значений моментов времени $\bar{t}_{вх.зрв(0-5)}, \bar{t}_{вх.зрв(5-7)}, \bar{t}_{констр.разд}, \bar{t}_{вых.зрв(5-7)}, \bar{t}_{вых.зрв(0-5)}$ значению $par_{вкл/откл}$ присваивается значение логической единицы, означающей включение записи (запись отсчета принимаемого группового телеметрического радиосигнала $s_{вх}(t_n)$ на запоминающее устройство.

б) При установлении принадлежности входного отсчета $t_n, n = \overline{1, N}$ вектору значений моментов времени $\bar{t}_{аут}$ значению $par_{вкл/откл}$ присваивается значение логического нуля, означающее отключе-

ние записи (отсчет принимаемого группового телеметрического радиосигнала $s_{вх}(t_n)$ на запоминающее устройство не передается).

Шаг 4. Осуществляется завершение работы алгоритма при установлении факта отсутствия принадлежности входного отсчета $t_n, n = \overline{1, N}$ к одному из векто-

ров значений моментов времени сеанса измерений.

Блок-схема алгоритма программного управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи в НПРС ТМИ на основе априорных данных о модели радиоканала передачи данных представлена на рис. 7.

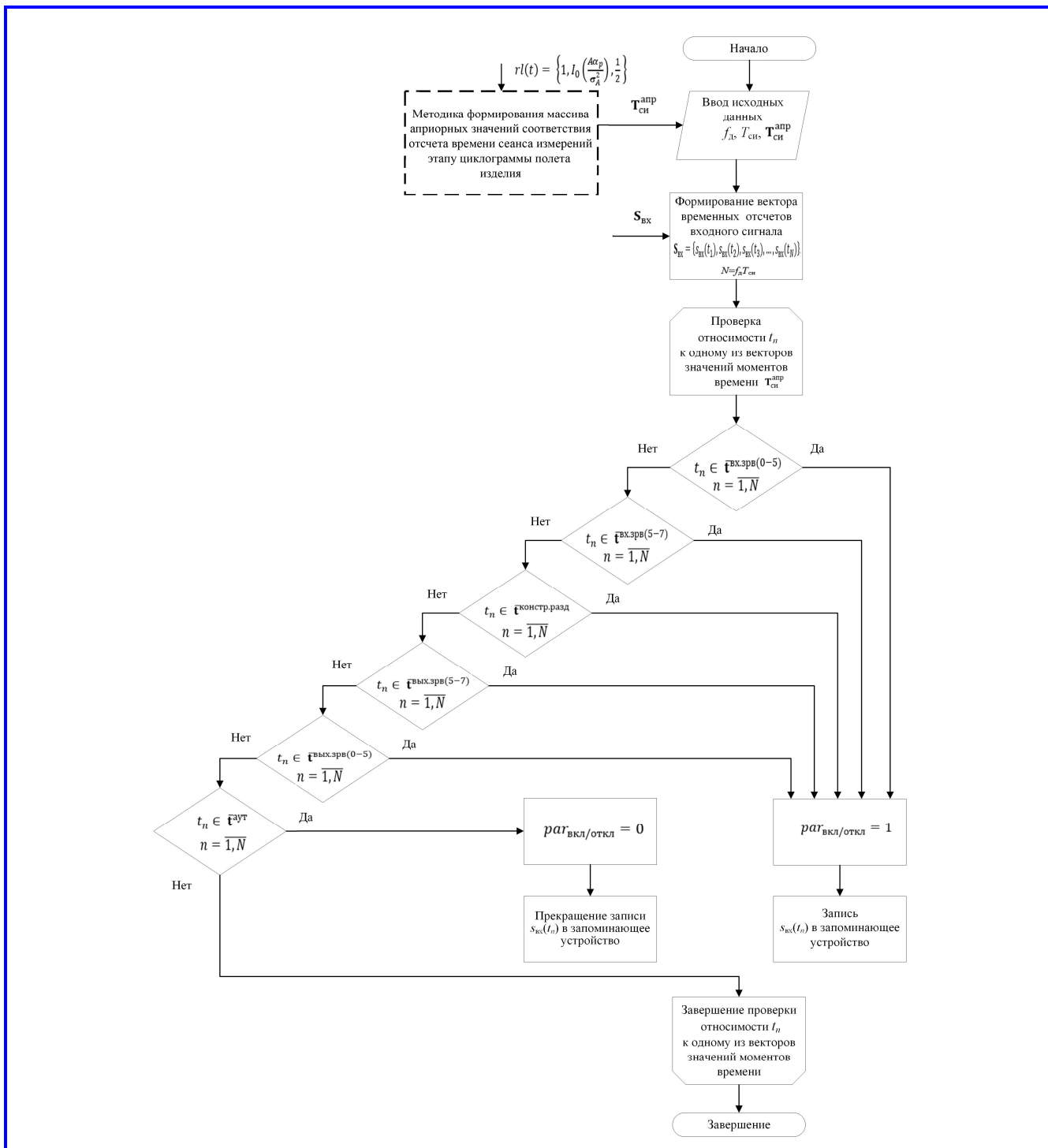


Рис. 7. Блок-схема алгоритма программного управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи группового телеметрического радиосигнала

Таким образом, разработанный алгоритм отличается от существующих алгоритмов тем, что учитывает внутреннюю априорную информацию о временных участках потерь и искажений ТМИ, полученные с использованием данных о прогнозно-временной модели радиоканала передачи ТМИ с борта ЛА.

Оценка эффективности применения алгоритма программного управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи группового телеметрического радиосигнала

Провести оценку эффективности применения алгоритма возможно по показателю затрачиваемых информационных ресурсов IR (объем памяти запоминающего устройства) путем проведения не аналитического расчета, а качественно-количественного сопоставления циклограммы полета ЛА с возможными временными промежутками потерь и искажений ТМИ. В качестве примера рассмотрим циклограмму полета ракеты-носителя «Рокот», изображенную на рис. 6. В соответствии с данными, представленными на рис. 6 и в таблице, продолжительность устойчивого приема информации составляет ориентировочно 560 секунд. Продолжительность входа объекта телеконтроля в зону радиовидимости составляет 36 секунд (0 – 36-я секунды для пристартового измерительного пункта площадки 101), выхода объекта телеконтроля из зоны радиовидимости – 35 секунд (372 – 507-я секунды), продолжительность отделения первой ступени ориентировочно составляет 4 секунды (условно 136 – 140-я секунды), сброса головного обтекателя 4 секунды (условно 185 – 189-я секунды), отделения ускорителя второй ступени – 6 секунд (условно 319 – 325-я секунды). Таким образом, суммарная продолжительность потерь и искажений ТМИ условно составляет 85 секунд (уточненные значения могут быть получены при использовании методики формирования массива априорных значений соответствия отсчета времени сеанса измерений этапу циклограммы полета изделия).

При оценивании затрачиваемых информационных ресурсов $Q^{ПЗУ}$ использовалась методика, приведенная в работе [1], с учетом использования максимальных значений кратности и разрядности, а также принимая во внимание, что скорость передачи информации (информативность) бортовой

информационно-телеметрической системы, используемой в составе ракеты-носителя «Рокот», составляет 512 кбит/с.

Следовательно, объем затрачиваемых информационных ресурсов при додетекторной записи ГТС на длительности всего сеанса измерений составляет $Q_1^{ПЗУ} \approx 393$ Гбайт, а объем затрачиваемых информационных ресурсов при додетекторной записи фрагментов файлов ГТС с использованием алгоритма программного управления, ожидаемо содержащих участки потерь и искажений ТМИ, составляет $Q_2^{ПЗУ} \approx 60$ Гбайт.

Результаты сравнительного анализа объема затрачиваемых информационных ресурсов для случая использования алгоритма программного управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи в НПРС ТМИ на основе априорных данных о модели радиоканала передачи данных и без использования данного алгоритма представлены на рис. 8.

Таким образом, применение алгоритма программного управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи в НПРС ТМИ, основанного на учете априорных данных о модели радиоканала передачи информации, позволяет в отдельных частных случаях снизить ориентировочно до 80 – 85 процентов (в 6 раз) затраты информационных ресурсов, требуемых для хранения фрагментов файлов записи ТМИ в запоминающих устройствах НПРС или аппаратно-программных комплексах обработки информации, используемых в СИТО летных испытаний.

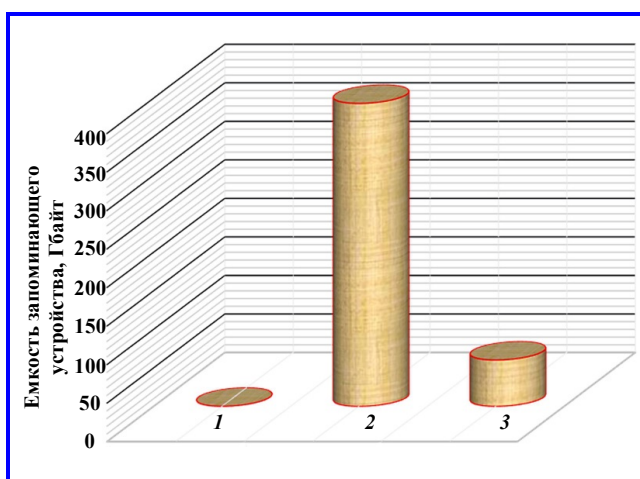


Рис. 8. Результаты оценки выигрыша информационных ресурсов с использованием додетекторной записи: 1 – нет записи; 2 – запись всего сеанса измерений; 3 – запись потерь телеметрической информации

Заключение

Применение разработанного алгоритма программного управления параметрами включения и выключения процесса додетекторной записи ГТС в НПРС ТМИ на основе априорной информации о модели радиоканала передачи данных позволяет значительно сократить затраты информационных ресурсов запоминающих устройств, которые являются также немаловажным ресурсом. Развитие алгоритмического обеспечения управлением параметрами включения и выключения додетекторной записи ГТС целесообразнее всего вести в направлении комбинации различных алгоритмов, учитывающих их общие преимущества.

Литература

1. Дуников А. С. Алгоритм адаптивного управления додетекторной записью в наземных приемно-регистрирующих станциях телеметрической информации с использованием сигнала автоматической регулировки усиле-

ния / А. С. Дуников, А. А. Бянкин, В. П. Обрученков [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – Москва, 2019. – № 12. – С. 7–19.

2. Дуников А. С. Аналитическая прогнозно-временная модель радиоканала передачи телеметрической информации с борта летательного аппарата / А. С. Дуников // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – Москва, 2022. – Т. 190. – № 5. – С. 21–30.

3. Рыжов И. А. К вопросу разработки перспективной бортовой радиотелеметрической системы с возможностью адаптации параметров группового телеметрического сигнала к качеству канала передачи / А. А. Бянкин, А. И. Лоскутов, И. А. Рыжов [и др.] // Сборник трудов отраслевой научно-технической конференции приборостроительных организаций Госкорпорации «РОСКОСМОС» «Информационно-управляющие и измерительные системы – 2017» – Королев : АО «НПО ИТ», 2017. – 479 с.

4. Программа работы комплекса средств измерений, сбора и обработки информации ракеты космического назначения «Рокот» при запуске блока КА 14С137. – Москва, 2011. – 38 с.

Поступила в редакцию 21.12.2023

Артём Сергеевич Дуников, главный инженер, т. +7 (950) 034-87-80, e-mail: artem.sever1@yandex.ru. (МИРЭА – Российский технологический университет).

ALGORITHM FOR SOFTWARE CONTROL OF PARAMETERS FOR TURNING ON AND OFF THE PREDETECTION RECORDING PROCESS IN GROUND-BASED RECEIVING AND RECORDING STATIONS OF TELEMETRIC INFORMATION BASED ON A PRIORI INFORMATION ABOUT THE MODEL OF THE RADIO CHANNEL FOR TRANSMITTING TELEMONITORING DATA

A. S. Dunikov

In the practice of using information and telemetry support systems (ITS) for flight testing of aircraft, more and more ground-based receiving and recording stations (GRRS) with functions of pre-detector recording of telemetric information (TMI) are appearing. However, the implementation of pre-detector recording of TMI is associated with large costs of information resources, in particular the capacity of storage devices, which negatively affects the cost characteristics of the SITS as a whole. The article presents the results of developing an algorithm for software control of the parameters for turning on and off the pre-detector recording process in the NPRS TMI based on a priori data on the model of the radio channel for transmitting telemonitoring data. The use of the developed algorithm will make it possible to reduce up to 80 percent of the information resources of the memory of storage devices required for storing the pre-detection record of a group telemetry radio signal (GTS).

Keywords: Group telemetric signal, pre-detection recording, flight tests, aircraft, program control, radio channel, statistical data, telemetric information.

References

1. Dunikov A. S. Algorithm of adaptive control the pre-detector recording in the ground receiving and recording stations of telemetry information using the automatic gain control signal / A. S. Dunikov, A. A. Byankin, V. P. Obruchenkov [and others] // Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics. – Moscow, 2019. – No. 12 – P. 7–19.

2. Dunikov A. S. Analytical forecast-time model of telemetry information transfer radio channel from the aircraft board / A. S. Dunikov // Matters of Electromechanics. VNIIEEM studies – Moscow, 2022 – V. 190. –No. 5. – P. 21–30.

3. Ryzov I. A. To the problem of development of perspective onboard radio telemetry system with possibility of adaptation of group telemetry signal parameters to the transmission channel quality / A. A. Byankin, A. I. Loskutov, I. A. Ryzkov [and others] // Collected proceedings of industry scientific and technical conference of instrumentation manufacturing en-

terprises of State Corporation ‘Roscosmos’ Journal Information-measuring and Control Systems – 2017 – Korolev: JSC NPO IT, 2017 – 479 p.

4. Program of operation of ground-based data acquisition/processing system of Rokot space mission vehicle during the launch of SC 14C137 unit. – Moscow, 2011. – 38 p.

*Artem Sergeevich Dunikov, Chief Engineer, t. +7 (950) 034-87-80, e-mail: artem.sever1@yandex.ru.
(MIREA – Russian Technological University).*