

НПБИ		Лист	СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «КАМА-НАДИР» Описание программы				XXXX.XXXXXX-XX XX XX				
		Продолж. на листе									
Подразд.		ПАСиТ	Подл. на предпр.		НПБИ			Формат	А4		
Вид доку-мента		2	Инв. №			Дата поступл.			Кол. листов		??
Учет копий				Применяемость				Учет изменений			
Дата	Осно-вание	Кол.(№ экз.)		Дата	Обозначение	Изм.	№ документа	Дата внесе-ния	Листы		
		Посту-пило	Спи-сано								
Технологический документ											

Выдача копий

[illegible]

ООО «МОРТЕХИНЖИНИРИНГ»
УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «Мортехинжиниринг»
_____ Р.Е. Кореньков
«__» _____ 2020 г.

СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
«КАМА-НАДИР»
Описание программы

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

XXXX.XXXXXX-XX XX XX-ЛУ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Представители предприятия–
разработчика

Главный конструктор ЗАО
«Мортехинжиниринг»
_____ А.В. Гайдай
«__» _____ 2020 г.

Начальник отдела разработки
ПО
_____ А.М. Сальников
«__» _____ 2020 г.

2020

Литера «О»

УТВЕРЖДЕН
XXXX.XXXXXX-XX XX XX-ЛУ

СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
«КАМА-НАДИР»
Описание программы

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2020

Литера «О»

Аннотация

В документе описаны назначение СПО «Кама-Надир», средства его реализации, требования к аппаратному и программному обеспечению, необходимые для устойчивой работы программы и иные смежные вопросы, имеющие первостепенное значение.

В разделе ?? структура программы описана в привязке к решаемым задачам, приведены полные или же упрощенные схемы алгоритмов их решения и взаимодействия между ними, а также описаны массивы входных и выходных данных по каждой решаемой задаче.

Содержание

1 Функциональное назначение

1.1 Назначение СПО «Кама-Надир»

СПО «Кама-Надир» представляет собой встраиваемое программное обеспечение, предназначенное для обработки информации от ИИБ 12.002, НАП ГНСС, лага и выработки на их основании навигационных параметров и параметров ориентации объекта, реализованных в соответствии с переданными Заказчиком алгоритмами.

1.2 Общее описание функционирования программы

- программа работает под управлением операционной системы реального времени QNX-6.5.0;
- программа принимает данные от ИИБ-12.002, НАП ГНСС, лага (цифрового или импульсного);
- Обработывает и ассоциирует данные, выполняет проверку годности принятых данных;
- Далее программа реализует навигационный цикл, в соответствии с блок-схемой на Рисунок 1.
- дополнительно программа выполняет контроль и статусы периферийного оборудования, взаимодействие с пультом оператора ПО5, реализуя заложенные в него функции, функции расширенного контроля принимаемых от НАП ГНСС данных;
- результаты вычислений транслируются потребителям: ПО5, канал RS422 (внешний потребитель), канал реального времени Manchester, межканальный обмен с параллельным каналом.

1.3 Требования к программному обеспечению

Программа предназначена для функционирования под управлением ОС реального времени (ЗОС РВ «Нейтрино», QNX-6.5.0, Debian Buster, Raspberry Pi OS (ранее Raspbian), MOXA Industrial Linux, Debian Stretch).

1.4 Требования к аппаратной платформе

Работа программы проверялась на следующих аппаратных платформах: x86, ARM (Cortex-A8), RISC.

1.5 Структура программы и ее составные части

Основными составными частями СПО «Кама-надир» являются:

- /nadir/bin/nadir - исполняемый модуль;
- /nadir/bin/crc - драйвер счетчика импульсов аналогового лага;
- /nadir/lib/libcscapi.a - библиотека взаимодействия с драйвером счетчика импульсов аналогового лага;
- /nadir/lib/libkernel.so - библиотека базовой функциональности;

Плагины:

- /nadir/lib/libstdthread.so - реализация потоков выполнения процессоров данных;
- /nadir/lib/libdpexchangeng.so - реализация процессора данных внутреннего обмена данными;
- nadir/lib/libdpparserchain.so - реализация процессора данных цепочки декодирования входной информации и кодирования выходной;
- /nadir/lib/libdpsync.so - реализация процессора данных синхронизации вычислителей;
- /nadir/lib/libdpalignment.so - реализация процессора данных основного алгоритма;
- /nadir/lib/libdptime.so - реализация процессора данных установки системного времени;
- /nadir/lib/libdpkamatmk.so - реализация процессора данных передачи информации по протоколу ИТС №5;
- /nadir/lib/libdprmcanalyser.so - реализация процессора данных анализатора принятых предложений RMC;
- /nadir/lib/libdpmodectl.so - реализация процессора данных обработчика переключения режимов работы (сервисный/нормальный);
- /nadir/lib/libdpsleep.so - реализация процессора данных задержки обработки входных данных;
- /nadir/lib/libethiface.so - реализация сетевых интерфейсов сопряжения;
- /nadir/lib/libserialiface.so - реализация последовательного интерфейса сопряжения;
- /nadir/lib/libpliface.so - реализация интерфейса сопряжения с аналоговым лагом;
- /nadir/lib/libsyncparser.so - реализация кодирования/декодирования данных синхронизации вычислителей;
- /nadir/lib/libiibparser.so - реализация декодирования данных ИИБ;
- /nadir/lib/libpobparser.so - реализация кодирования/декодирования данных пульта оператора (протокол ИТС №101);
- /nadir/lib/libnmeaparser.so - реализация декодирования навигационных данных принятых по протоколу ИТС IEC 61162-1 ed. 4.0;

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

- /nadir/lib/libconsumer.so - реализация кодирования данных "потребителя"(протокол ИТС IEC 61162-1 ed4.0);
- /nadir/lib/libregistrator.so - реализация кодирования данных "регистратора"(протокол ИТС №100);
- /nadir/lib/libexhibitorparser.so - реализация кодирования/декодирования данных технологического ПО "кама-терминал";
- /nadir/lib/libplparser.so - реализация кодирования/декодирования данных аналогового лага.

1.6 Язык программирования

Код программы написан на языках программирования C++'14, C'11. Используемые библиотеки: stdlib, libboost.

2 Логика работы программы

2.1 Структурирование программы по Задачам

Работа СПО «Кама-Надир» структурирована по решаемым задачам согласно схеме на Рис. ??.

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

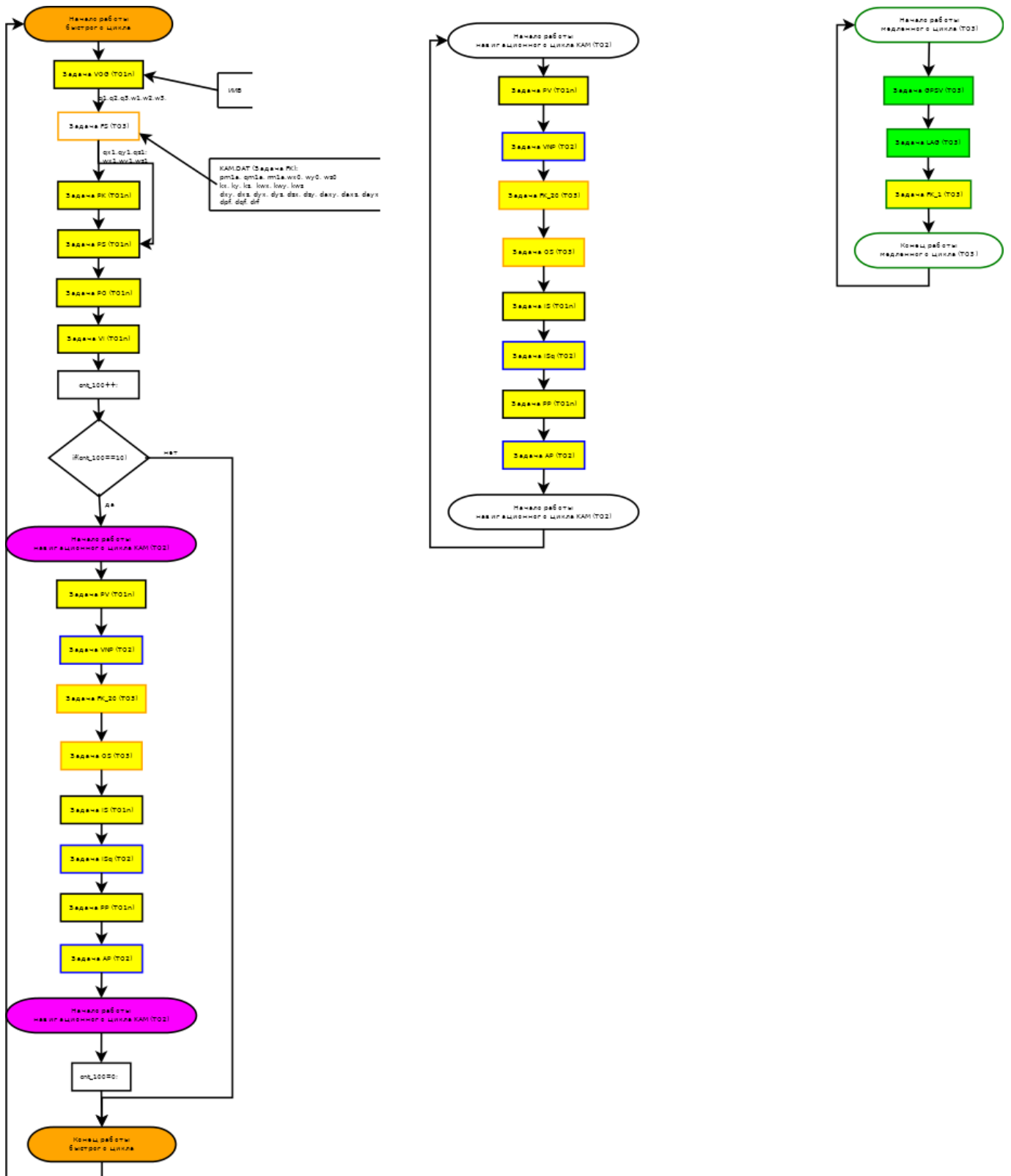
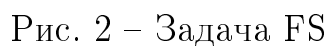


Рис. 1 – Задачи программы

2.2 Задача формирования сигналов FS

Реализует следующие функции согласно схеме на Рис. ??



– Принимает от задачи VOG сигналы - $q_1, q_2, q_3, w_1, w_2, w_3$ и формирует с учетом принятой модели инструментальных погрешностей передаваемые в задачи РК и PS приращения угла поворота qx_1, qy_1, qz_1 и кажущейся скорости

$wx1, wy1, wz1$ в проекциях на оси БЧЭ.

– Преобразует сигналы горизонтных каналов ВОГ- $q1, q2$ к осям объекта при значении признака ориентации $POR=1$ в случае установки корпуса БЧЭ с поворотом на 180 относительно продольной оси объекта.

– Осуществляет масштабирование, компенсацию аддитивных и мультипликативных составляющих модели инструментальных погрешностей сигналов ВОГ и акселерометров с использованием задаваемых в случае необходимости в файле данных КАМ.DAT корректур, а также меняющихся в запуске и оцениваемых оптимальным фильтром Калмана (ОФК) составляющих дрейфов в осях БЧЭ:

- систематических ошибок $pm1a, qm1a, rm1a, wx0, wy0, wz0$
- масштабных коэффициентов $kx, ky, kz, kwx, kwy, kwz$
- невыставок $dxu, dxz, dyx, dyz, dzx, dzy, daxu, daxz, dayx$
- оценки дрейфов dpr, dqf, drf

2.2.1 Входные и выходные данные задачи FS

Входная информация

- $q1, q2, q3, w1, w2, w3$ - из задачи VOG-приема сигналов БЧЭ
- $pm1a, qm1a, rm1a, wx0, wy0, wz0, kwx, kwy, kwz, dxu, dxz, dyx, dyz, dzx, dzy, daxu, daxz, dayx, dayz, dazx, dazy$ - из файла данных kam.dat
- dpr, dqf, drf - из задачи FK

Выходная информация

- $qx1, qy1, qz1$ - в задачу PK
- $qx1, qy1, qz1, wx1, wy1, wz1$ – в задачу PS

2.3 Задача формирования скоростей опорного трехгранника OS

Реализует следующие функции согласно упрощенной схеме на Рис. ??

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

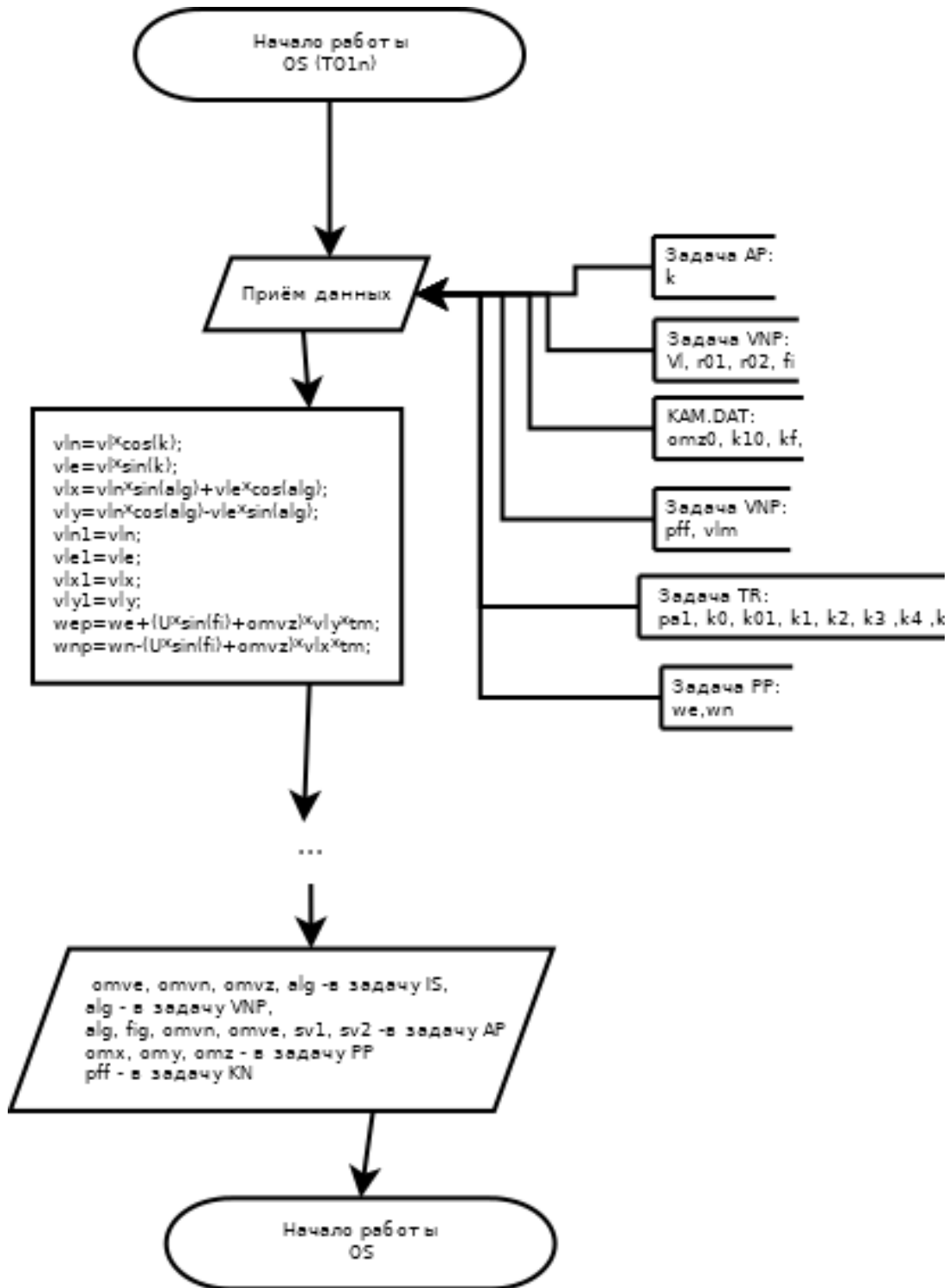


Рис. 3 – Задача OS

– Формирует угловую скорость коррекции ω (ω_x , ω_y , ω_z) - составляющие угловой скорости опорного аналитического трехгранника в проекциях на собственные оси - по информации из задачи PV о проекциях на горизонтальную плоскость аналитического трехгранника приращения кажущейся скорости БИНС в осях аналитического опорного трехгранника за время навигационного цикла ТМ.– W_{Γ} (W_e , W_n , W_v).

– Вычисляет по сигналу лага VL горизонтальные составляющие скорости объекта в проекциях на оси географического трехгранника VLE, VLN с использованием курса K и -на оси опорного аналитического трехгранника VLX, VLY с использованием курсового угла ALG

– Компенсирует в горизонтальных проекциях сигналов акселерометров кориолисовы составляющие, порождаемые вертикальной составляющей угловой скорости опорного аналитического трехгранника $omvz = U * \sin(\phi)$ и горизонтальными составляющими скорости объекта в проекциях на оси опорного аналитического трехгранника для получения после их интегрирования только составляющих скорости относительно Земли и сравнения их с составляющими сигнала лага в проекциях на оси опорного аналитического трехгранника на предыдущем шаге VLX1, VLY1 с целью формирования сигналов демпфирования sv1, sv2.

– В рабочем режиме (pa1=3) формирование сигналов демпфирования sv1, sv2 и абсолютных угловых скоростей опорного аналитического трехгранника omve, omvn, omvz производится с использованием корректур dvx, dvu, выработанных ОФК .

– Формирование составляющих угловой скорости опорного аналитического трехгранника в проекциях на собственные оси - выходные сигналы задачи OS- производится с использованием корректур db, dg, dalf, выработанных ОФК, что также обеспечивает демпфирование переходных процессов, вызванных реальными начальными угловыми рассогласованиями , начальными отклонениями угловых скоростей, ускорениями качки и инструментальными погрешностями.

– В конце задачи реализуется контроль уровня угловых скоростей опорного трехгранника и в случае превышения горизонтальными составляющими угловых скоростей omx или оmy значения 2-4 рад/сек (60 град/час) включается счетчик циклов snf.

2.3.1 Входные и выходные данные задачи OS

Входная информация:

- Vl, r01, r02, fi - из задачи VNP
- pa1, k0, k01, k1, k2, k3 ,k4 ,k5 - из задачи TR
- we,wn- из задачи PP
- omz0, k10, kf, -из файла данных kam.dat
- k -из задачи AP

Выходная информация:

- omve, omvn, omvz, alg -в задачу IS,
- alg - в задачу VNP,
- alg, fig, omvn, omve, sv1, sv2 -в задачу AP
- omx, оmy, omz - в задачу PP
- pff - в задачу KN

2.4 Задача вычисления параметров кватерниона РК

Вычисляет, согласно упрощенной схеме на Рис. ??, по информации о приращениях за время быстрого цикла ТС абсолютного угла поворота δQ в проекциях на оси БЧЭ - $qx1$, $qy1$, $qz1$, - из задачи FS компоненты кватерниона m ($m0m$, $m1m$, $m2m$, $m3m$), определяющего ориентацию связанных осей БИНС относительно инерциального трехгранника путем численного интегрирования кинематического уравнения Пуассона.

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

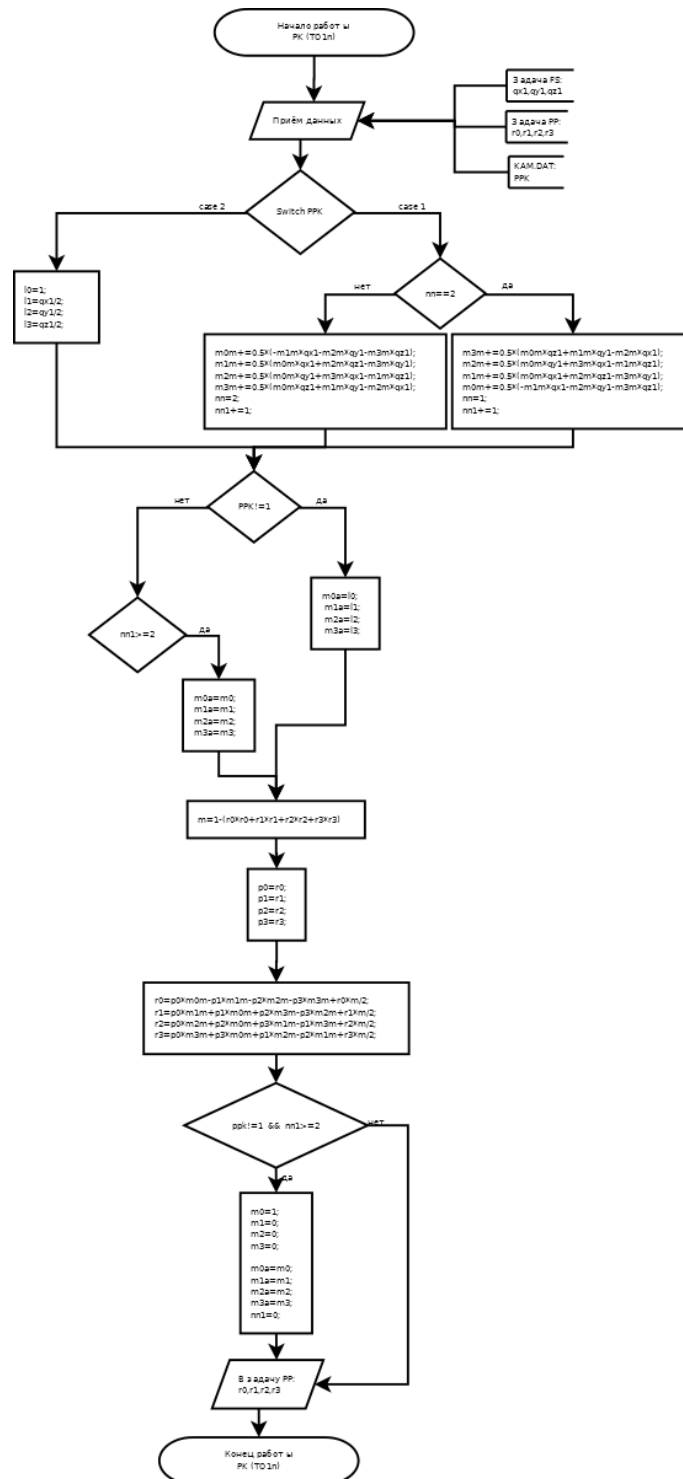


Рис. 4 – Задача РК

2.4.1 Входные и выходные данные задачи РК

Входная информация:

- qx1,qy1,qz1- из задачи FS
- r0,r1,r2,r3- из задачи PP
- prk- из файла данных kam.dat

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

Выходная информация:

– r0,r1,r2,r3- в задачу PP

2.5 Задача определения параметров ориентации РО

Вычисляет, согласно упрощенной схеме на Рис. ??, курс и углы бортовой и килевой качек БИНС –kbv, tbv, pbv, а также скорости изменения курса и углов бортовой и килевой качек –kbvt, tbvt, pbvt по информации о компонентах кватерниона q из задачи PP, курсовому углу опорного трехгранника ALF из задачи IS или, в случае режима приведения, по углу ALG из задачи OS, вычисляемого методом гиросироткомпы.

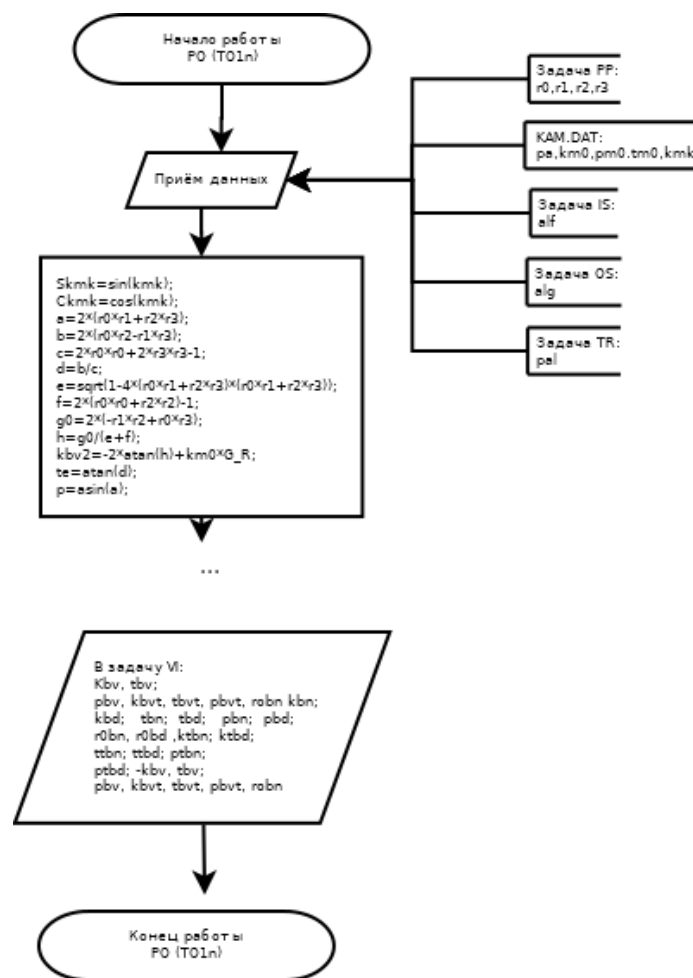


Рис. 5 – Задача РО

2.5.1 Входные и выходные данные задачи РО

Входная информация:

- r0,r1,r2,r3- из задачи PP
- pa,km0,pm0,tm0,kmk- из файла данных kam.dat
- alf- из задачи IS

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

- alg- из задачи OS
- pa1- из задачи TR

Выходная информация:

- Kbv, tbv; pbv, kbvt, tbvt, pbvt, robn knb; kbd; tbn; tbd; pbn; pbd; r0bn, r0bd, ktbn; ktbd; ttbn; ttbd; ptbn; ptbd; -kbv, tbv; pbv, kbvt, tbvt, pbvt, robn - в задачу VI

2.6 Задача преобразования скоростей PS

Вычисляет, согласно схеме на Рис. ??, по информации о приращениях абсолютного угла поворота и кажущейся скорости $qx1, qy1, qz1, wx1, wy1, wz1$ - из задачи FS приращениях кажущейся скорости $w1x, w1y, w1z$ в осях связанного трехгранника путем численного интегрирования кинематического уравнения для производной вектора абсолютной скорости V во вращающихся с абсолютной угловой скоростью ω осях.

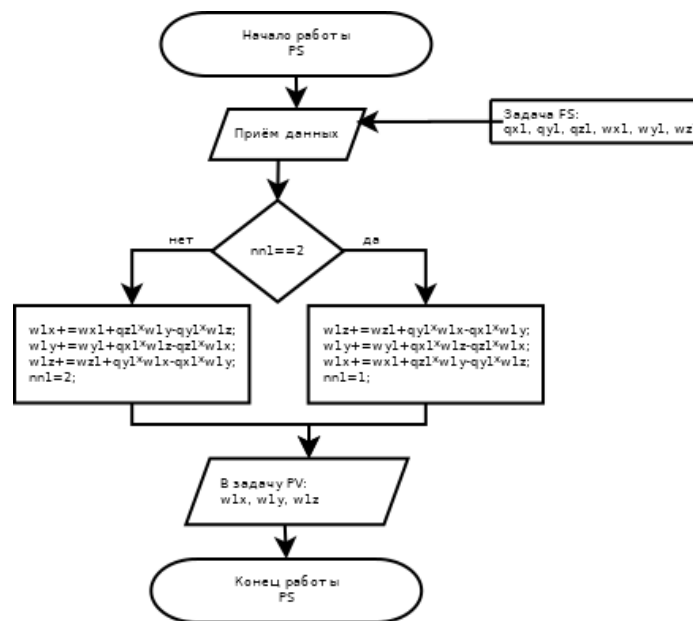


Рис. 6 – Задача PS

2.6.1 Входные и выходные данные задачи PS

Входная информация:

- $qx1, qy1, qz1, wx1, wy1, wz1$ из задачи FS

Выходная информация:

- $w1x, w1y, w1z$ в задачу PV

2.7 Задача перепроектирования скоростей PV

Перепроектирует согласно схеме на Рис. ?? приращения кажущейся скорости БИНС w ($w1x, w1y, w1z$) в осях связанного трехгранника за время навигационного цикла ТМ на горизонтальную плоскость аналитического опорного трехгранника с использованием кватерниона r ($r0, r1, r2, r3$).

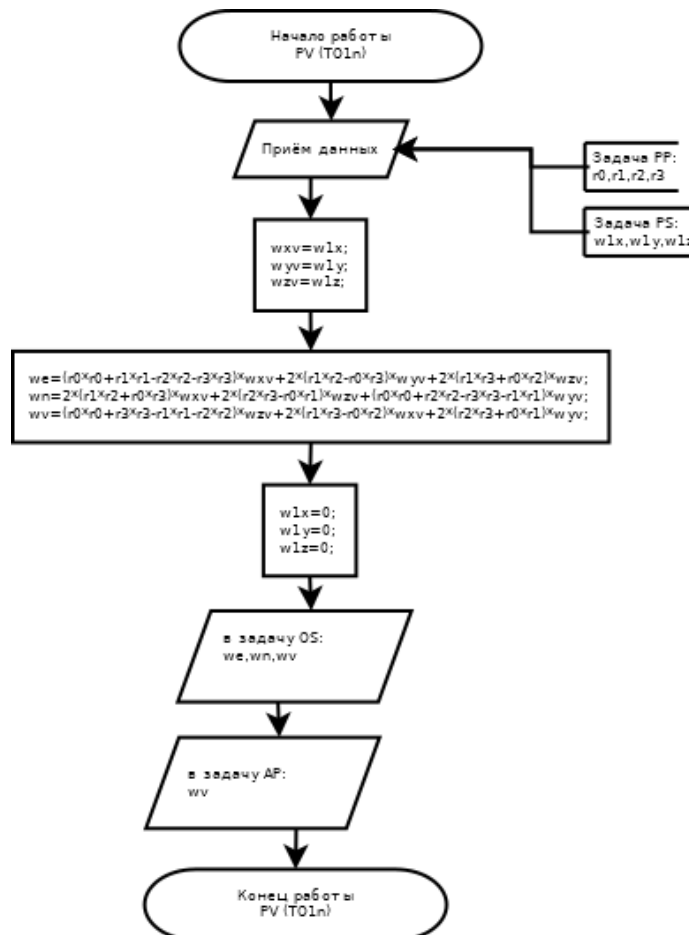


Рис. 7 – Задача PV

2.7.1 Входные и выходные данные задачи PV

Входная информация:

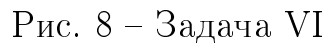
- $r0, r1, r2, r3$ - из задачи PP
- $w1x, w1y, w1z$ - из задачи PS

Выходная информация:

- we, wn, wv - в задачу OS
- wv - в задачу AP

2.8 Задача выработки массива выходной информации VI

Реализует следующие функции согласно схеме на Рисунок 8:



qb1 = Res/0.1+q0; параметров Vbn ... szbd в задаче аппроксимации,
q0 = 0; решаемой с циклом 0.1 сек

– Определяет интервал времени RES1 между текущим моментом и моментом формирования экстраполяционных коэффициентов в задаче РО RES1 = ElapsedTime(T); время между текущим моментом и моментом формирования qb2 = Res1/0.01+q0; параметров kbn ptbd в задаче РО решаемой с циклом 0.01 сек

– Осуществляет линейную экстраполяцию выходных значений составляющих мгновенной скорости VEB, VNB, VZB и перемещений SEB, SNB, SZB с использованием экстраполяционного сдвига q1 и коэффициентов линейной экстраполяции vebn, vnbn, vzb, sebn, snbn, szbn, vebd, vnbd, vzb, sebd, snbd, szbd из задачи AP

– Осуществляет линейную экстраполяцию выходных значений углов ориентации kbv, tbv, pbv и угла наклона rob и угловых скоростей ориентации kbt, tbt, pbt с использованием экстраполяционного сдвига q2 и коэффициентов линейной экстраполяции kbn; kbd; tbn; tbd; pbn; pbd; r0bn, r0bd , ktbn; ktbd; ttbn; ttbd; ptbn; ptbd из задачи РО в случае, когда задача VI решается с большей частотой, чем РО

- Осуществляет преобразование мгновенных скоростей v_{eb} , v_{nb} , v_{zb} и перемещений s_{eb} , s_{nb} , s_{zb} от места установки БИНС (т.О) до места установки потребителя (т.П) с использованием проекций (x, y, z) отстояния R1 в связанных с БИНС осях XYZ

2.8.1 Входные и выходные данные задачи VI

Входная информация:

- $vebn, vnbn, sebn, snbn, vebd, vnbd, sebd, snbd, vzbn, szbn, vzb, szb, ta1, Fim, Lar$
- из задачи AP
 - $kbn; kbd; tbn; tbd; pbn; pbd; r0bn, r0bd, ktbn; ktbd; ttbn; ttbd; ptbn; ptbd; -kbv, tbv; pb$
- из задачи PO
 - Kb_2 -из задачи приема информации 2 канала
 - $posn, prtr$ -с пульта оператора
 - pff, vlm - из задачи VNP
 - $pa1, tr$ - из задачи TR
 - $crsm$ - из задачи GPSV-прием СНС

Выходная информация:

- массив $mnh_{out1}, vep, vnp, veb, vnb, vzb, seb, snb, szb, kb, tb, pb, ktb, ttb, ptb, r0b, fim, lam, crsm, vlm, a_m, b_m, t_m, vz1, vn1, ve1, sv1, sn1, se1$ – для каналов манчестер и RS422

2.9 Задача коррекции положения опорного трехгранника РР

Осуществляет, согласно схеме на Рис. ??, коррекцию кватерниона g , определяющего ориентации связанного трехгранника относительно аналитического опорного трехгранника с использованием кватерниона поворота опорного аналитического трехгранника относительно инерциального трехгранника S (S_1, S_2, S_3) за время навигационного цикла ТМ с помощью формулы кватернионного произведения.

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

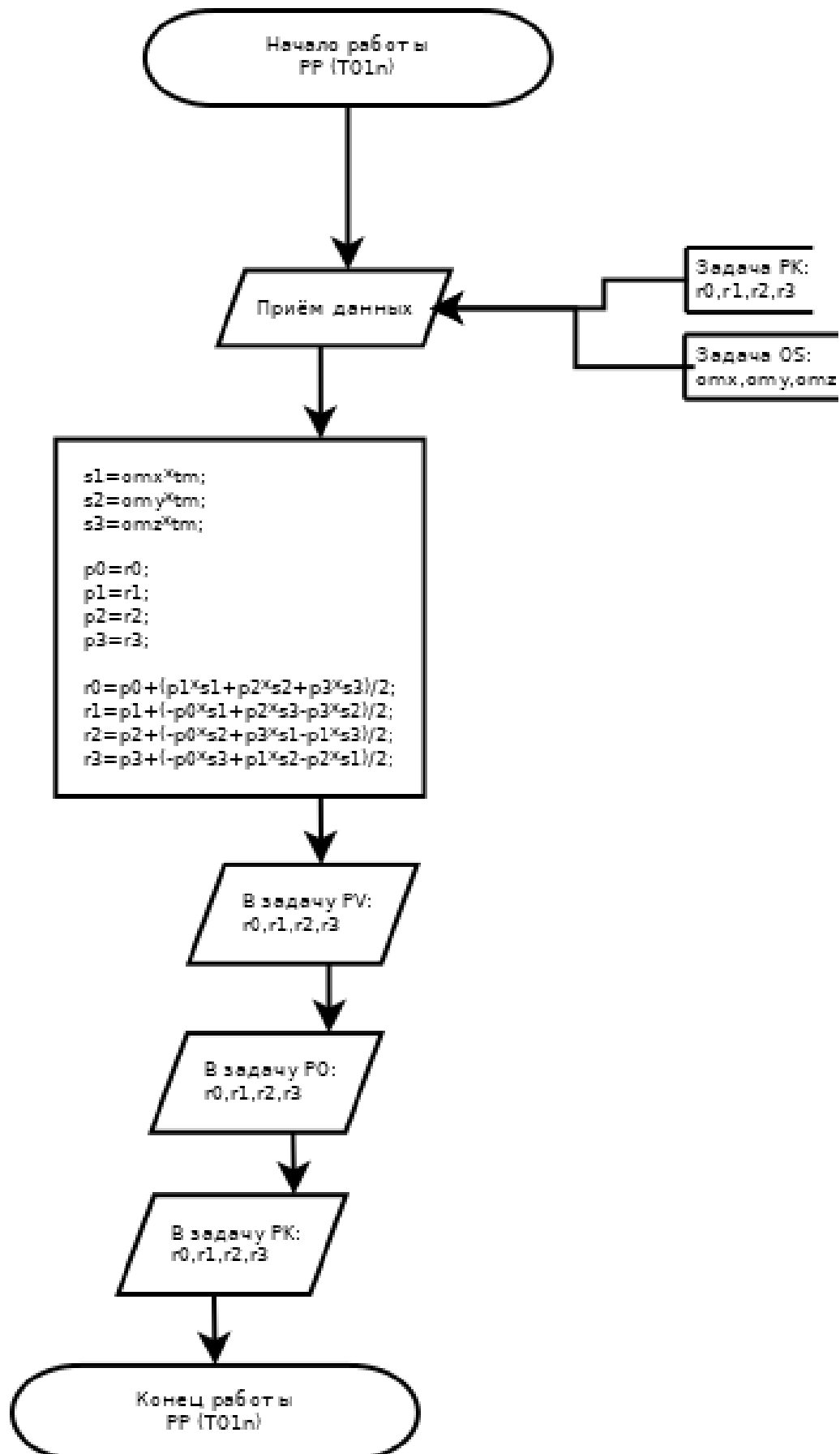


Рис. 9 – Задача РР

2.9.1 Входные и выходные данные задачи РР

Входная информация:

- r0,r1,r2,r3- из задачи РК
- omx,omy,omz - из задачи OS

Выходная информация:

- r0,r1,r2,r3- в задачу PV, PO,PK

2.10 Задача инерциального счисления IS

Реализует следующие функции согласно упрощенной схеме на Рис. ??:

- при включении (sgn1==0) проводит инициализацию переменных: координат f_i , l_i :
 - при отказе или отсутствии ПА СНС (prgk=0) значениями записанными в файл данных kam.dat через задачу TR $f_i=f_{iv}$; $l_i=l_{av}$;
 - при годности ПА СНС (prgk=1) значениями, полученными от корабельной ПА СНС $f_i=f_{ivkg}$; $l_i=l_{avkg}$;
- при включении после режима Квази (sgn2==0) значениями координат, пересчитанными в задаче Квази из квазигеографической в географическую систему координат $f_i=f_{iqr}$; $l_i=l_{iqr}$; курсового угла alf
- при обычном запуске значением курсового угла alg из задачи OS, определенным методом гиросироткомпаса в режиме приведения $alf=alg$;
- при запуске в технологическом режиме гиригоризонткомпаса (pa=0) нулевым значением курсового угла $alf=0$;
- при повторном включении после перезапуска ПА СНС (przv==3) значением курсового угла $alf1$, сохраненного в задаче VNP в момент выключения задачи IS для восстановления его значения - $alf=alf1$; -при включении после режима Квази (sgn2==0) значением курсового угла, пересчитанными в задаче Квази из квазигеографической в географическую систему координат $alf=alfqr$;
- параметра $rmk2$, определяющего скорость вращения опорного трехгранника в азимуте;
- при работе в обычных режимах (pa=1) значением $omvz$ из задачи OS $rmk2=omvz$;
- при работе в технологическом режиме гиригоризонткомпаса (pa=0) значением вертикальной составляющей угловой скорости ГСК $mk2 = U * \sin(\phi) + vle * \tan(\phi)/r01$, формируемой по информации о широте f_i и скорости от лага vl из задачи VNP;
- Обнуляет параметры Sign1, sign2 для последующих перезапусков и скорость демпфирования $oz1k$ в текущем запуске
 - формирует выражения для интегрирования значений географической широты f_i , долготы l_i , и курсового угла alf .

XXXX.XXXXXX-XX XX XX

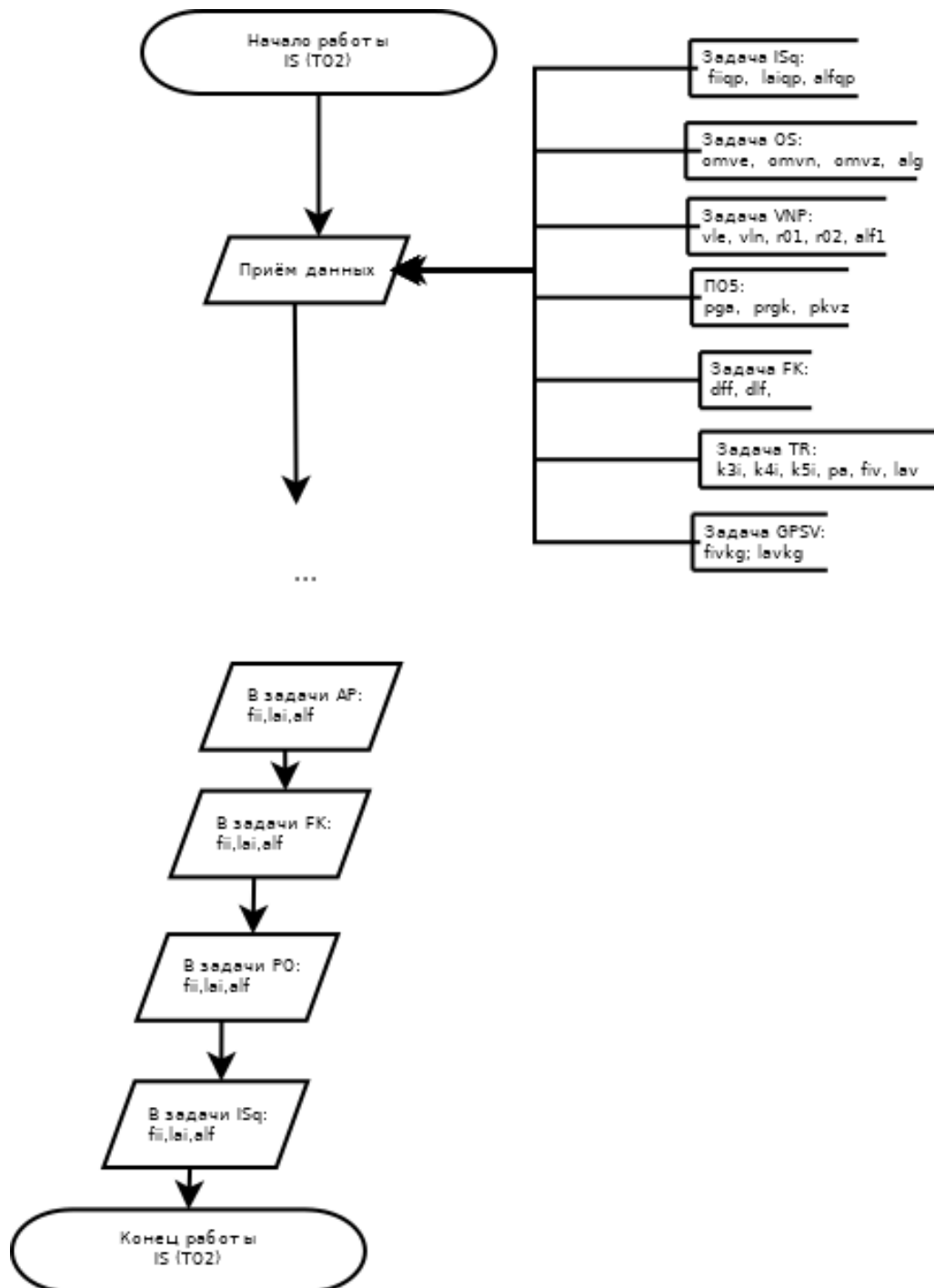


Рис. 10 – Задача IS

[illegible]