

|                          |            |                      |   |               |             |                         |                      |                |             |  |    |
|--------------------------|------------|----------------------|---|---------------|-------------|-------------------------|----------------------|----------------|-------------|--|----|
| НПБИ                     |            | Лист                 | СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ<br>«КАМА-НАДИР»<br>Описание программы |               |             | XXXX.XXXXXX-XX XX XX–ЛУ |                      |                |             |  |    |
|                          |            | Продолж.<br>на листе |   |               |             |                         |                      |                |             |  |    |
|                          |            | Лист утверждения     |   |               |             |                         |                      |                |             |  |    |
| 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 |            |                      |   |               |             |                         |                      |                |             |  |    |
| НПБИ                     |            | Лист                 | СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ<br>«КАМА-НАДИР»<br>Описание программы |               |             |                         | XXXX.XXXXXX-XX XX XX |                |             |  |    |
|                          |            | Продолж.<br>на листе |   |               |             |                         |                      |                |             |  |    |
|                          |            | Лист утверждения     |   |               |             |                         |                      |                |             |  |    |
| 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 |
|              |              |             |              |              |

## 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

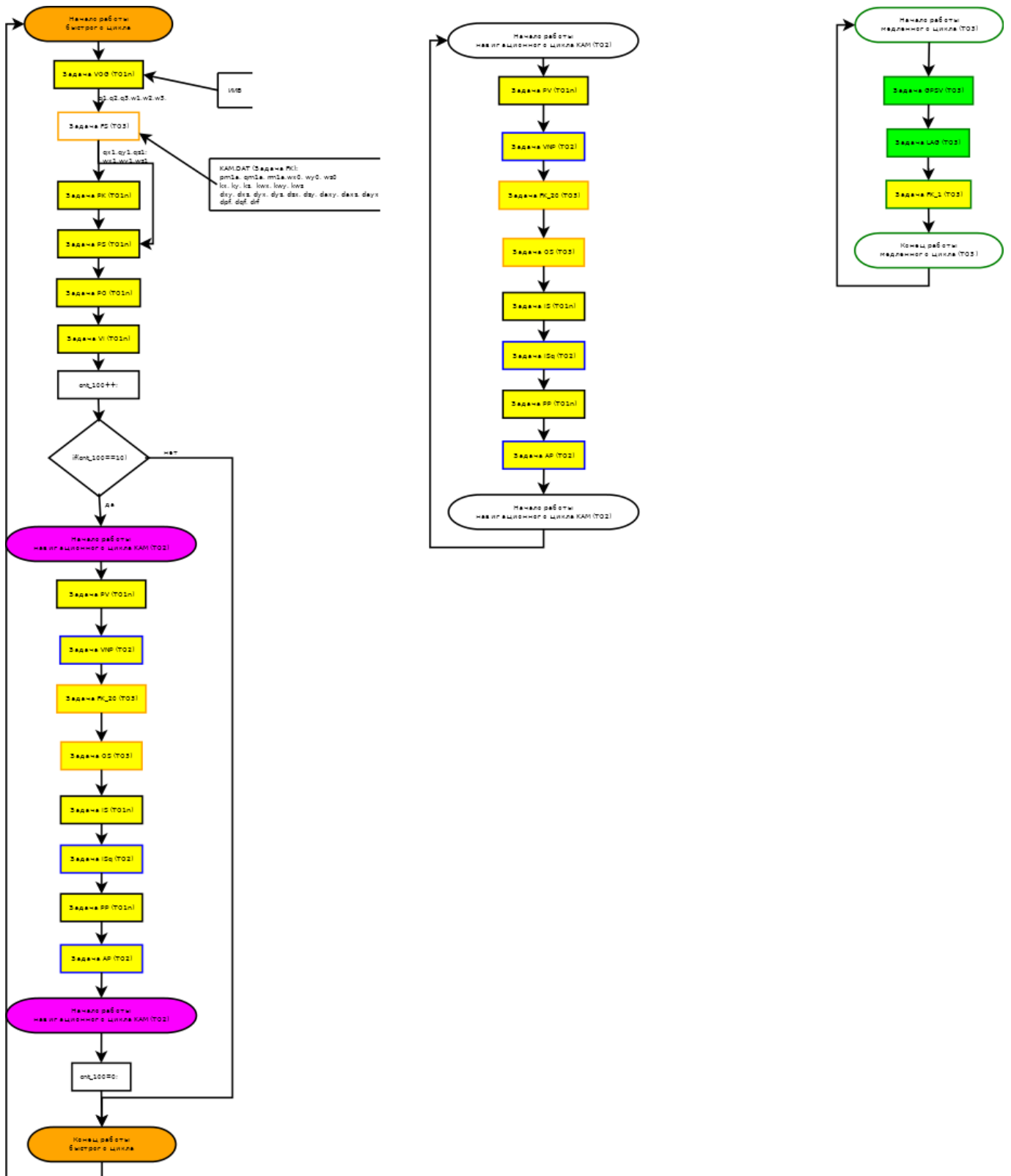
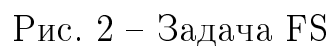


Рис. 1 – Задачи программы

## 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 dpf, 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
- dpf, 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

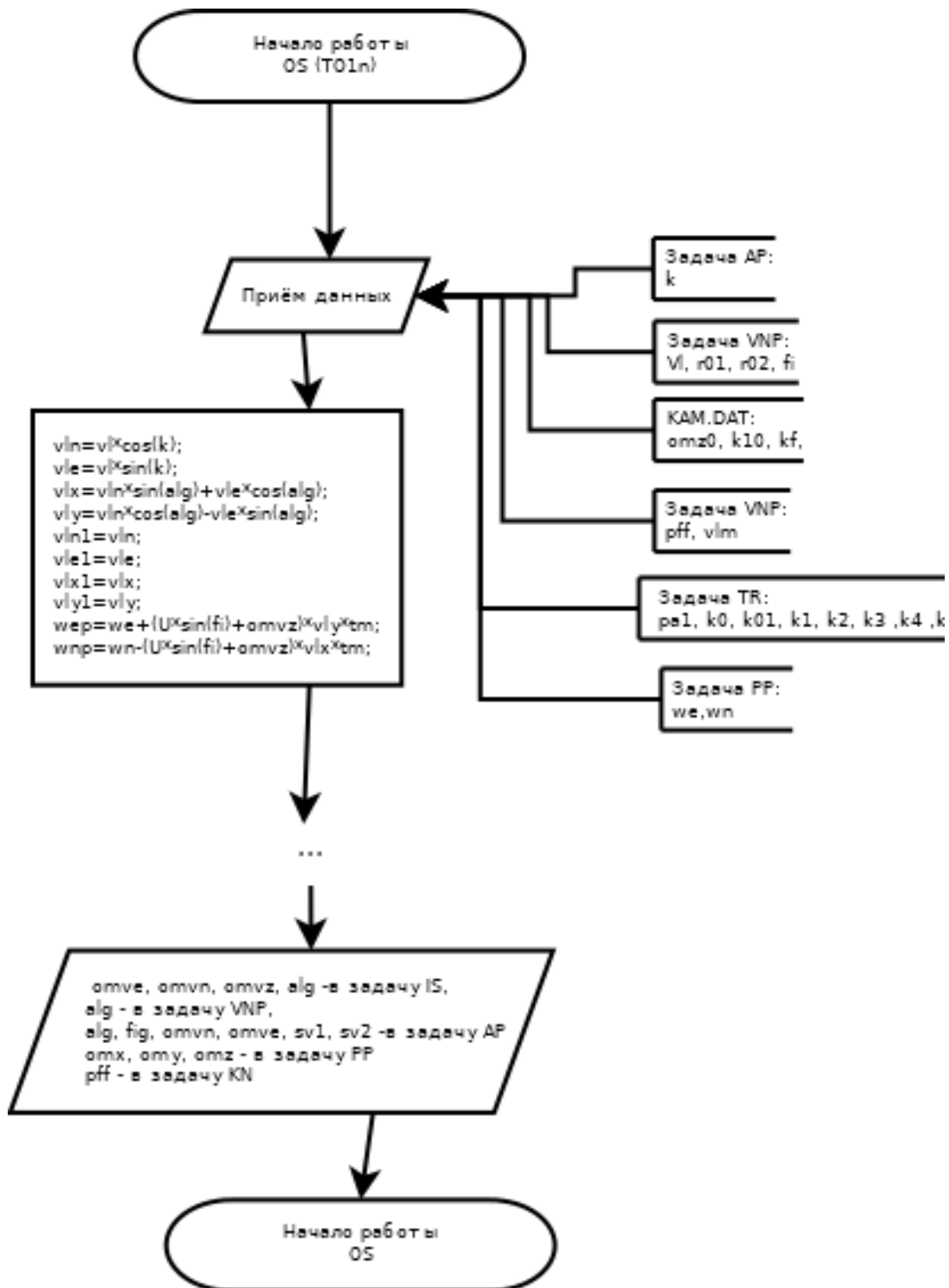


Рис. 3 – Задача OS

– Формирует угловую скорость коррекции  $\omega$  (  $\omega_x$  ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$  ) - 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.–  $W_{\Gamma}$  (  $W_e$ ,  $W_n$ ,  $W_v$  ).

– 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 ому значения  $2 \cdot 10^{-4}$  рад.сек (60 [U+0366] час) включается счетчик циклов cnf.

### 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:

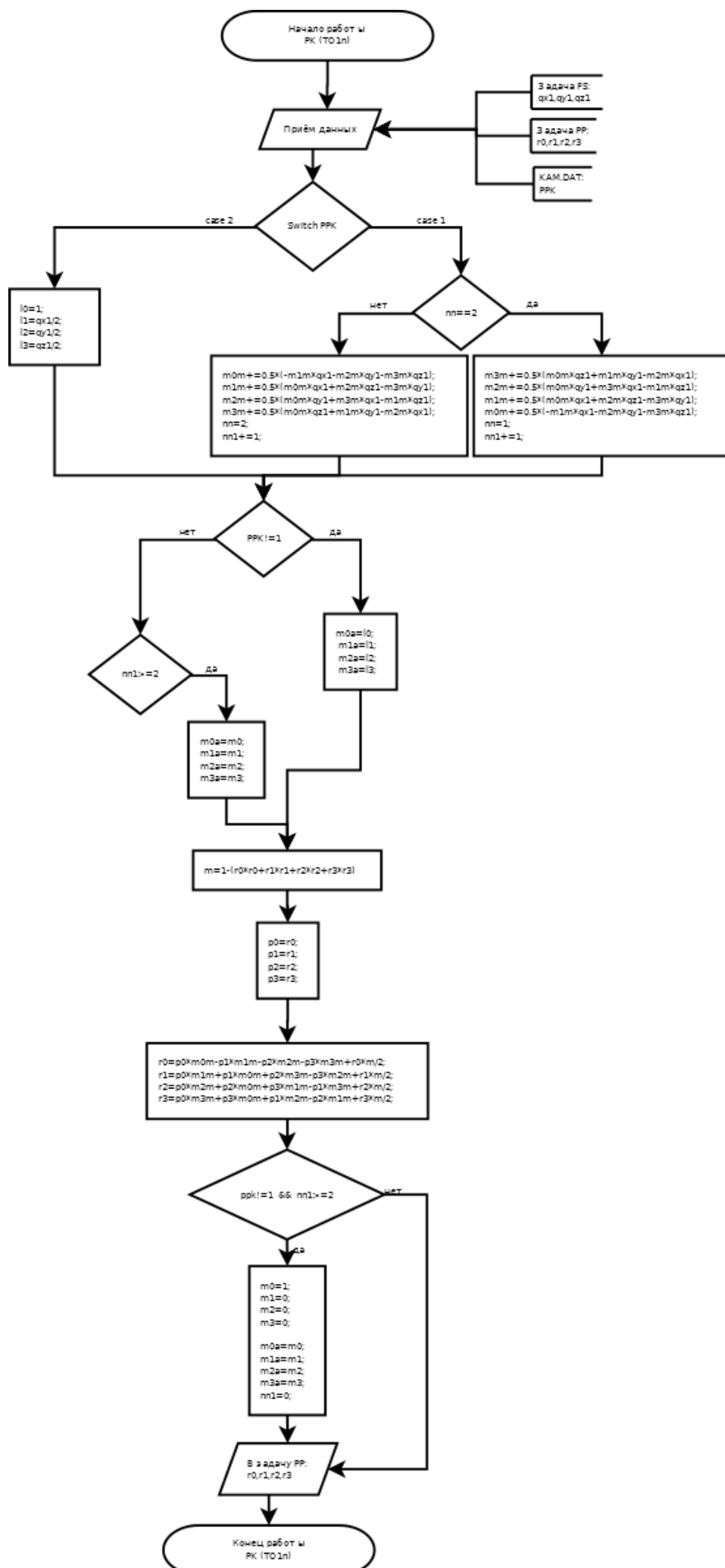
- omve, omvn, omvz, alg -в задачу IS,
- alg - в задачу VNP,
- alg, fig, omvn, omve, sv1, sv2 -в задачу AP
- omx, ому, omz - в задачу PP
- pff - в задачу KN

## 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  $\delta$  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



[illegible]