

**Нововоронежская АЭС-2. Энергоблок № 1**  
**Система автоматизированного контроля остаточного ресурса**  
**(САКОР)**

**Программное обеспечение контроля размахов напряжений и**  
**расчета квазистатических напряжений для расчета**  
**вибронагруженности**  
**(ПО «ДИАНА\_S 1200»)**

**РУКОВОДСТВО СИСТЕМНОГО ПРОГРАММИСТА**

**Листов 17**

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 2/17

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение .....	3
2	Общие сведения .....	4
2.1	Назначение программы.....	4
2.2	Сведения о технических и программных средствах .....	5
2.3	Подготовка исходных данных.....	6
3	Установка и работа с ПО «ДИАНА_S 1200» .....	8
3.1	Требования для штатного функционирования ПО«ДИАНА_S 1200».....	8
3.2	Размещение ПО «ДИАНА_S 1200».....	8
3.3	Вывод результатов расчета.....	9
4	Выполнение ПО «ДИАНА_S 1200».....	11
	Перечень сокращений .....	14
	Список литературы.....	15
	Ссылочные нормативные документы.....	16

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 3/17

## 1 ВВЕДЕНИЕ

1.1.1 Программное обеспечение (ПО) «ДИАНА\_S 1200» поставляется на Нововоронежскую АЭС-2 для использования в составе системы автоматизированного контроля остаточного ресурса (САКОР) в соответствии с требованиями /1/ и устанавливается организацией-разработчиком на вычислительный комплекс (ВК) САКОР-392М.

1.1.2 В настоящем руководстве приведены основные сведения, необходимые для эксплуатации ПО «ДИАНА\_S 1200». Рассмотрено назначение и функции программы, приведены сведения о ее настройке, а также порядок вызова и передачи входных данных, а также получения выходных данных для системного программиста.

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 4/17

## 2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 2.1 Назначение программы

2.1.1 Диагностическое ПО «ДИАНА\_S 1200» поставляется на энергоблок № 1 Нововоронежской АЭС-2 для использования в составе системы автоматизированного контроля остаточного ресурса и устанавливается организацией-разработчиком на две параллельные вычислительные машины ВК САКОР-392М. ПО «ДИАНА\_S 1200» предназначено для своевременного обнаружения недопустимых общих напряжений по категориям  $(\sigma)_{РК}$  с выдачей диагностических параметров. Данная функция выполняется в автоматическом «on-line» режиме. ПО «ДИАНА\_S 1200» совместно с базой данных контроля размахов напряжений в режиме «on-line» выполняет:

- расчет общих напряжений с учетом реальных перемещений и стратификации в в контрольных сечениях ГЦТ и СТ;
- проверку условий статической прочности по категориям напряжений  $(\sigma)_{РК}$ ;
- автоматизированное ведение протоколов и баз данных для последующего экспертного анализа.

ПО «ДИАНА\_S 1200» в «on-line» режиме должно обеспечивать расчет величины размахов общих кинематических и температурных напряжений  $(\sigma)_{РК}$  в контрольных сечениях ГЦТ и СТ при их температурной компенсации с учетом фактически измеренных перемещений оборудования ГЦК и стратификации теплоносителя в ГЦТ и СТ в следующих сечениях:

- на патрубке реактора горячей нитки ГЦТ 1-4;
- на патрубке парогенераторов (ПГ) 1-4 горячей нитки ГЦТ 1-4;
- на патрубке реактора холодной нитки ГЦТ 1-4;
- на патрубке главного циркуляционного насоса (ГЦН) 1-4 холодной нитки ГЦТ 1-4 со стороны реактора;
- на патрубке ПГ 1-4 холодной нитки ГЦТ 1-4.
- на патрубке КД и на патрубке горячей нитки ГЦТ 4 на СТ.

2.2 ПО «ДИАНА\_S 1200» совместно с базой данных для расчета квазистатических напряжений для расчета вибронагруженности в режиме «on-line» выполняет расчет местных квазистатических напряжений в наплавке ГЦТ и СТ в четырех точках по сечению трубопровода (через 90 градусов). В случае превышения порогов

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 5/17

вибрации данные квазистатические напряжения должны быть учтены при расчете накопленного усталостного повреждения с учетом многоциклового усталости.

## 2.2 Сведения о технических и программных средствах

2.2.1 ПО «ДИАНА\_S 1200» для энергоблока № 1 Нововоронежской АЭС устанавливается на два системных блока (СБ) ВК САКОР-392М. При необходимости выходные параметры, в том числе графические, отображаются на пульте ВК САКОР-392М.

ВК САКОР-392М выполнен на базе устройства вычислительного УВ-03Р, в виде шкафа компоновочного, включающего три системных блока в промышленном исполнении, 2 источника бесперебойного питания, коммутатор информационной сети, и предустановленным системным программным обеспечением на базе CentOS 5.4. Пульт ВК САКОР на базе РМ-09, выполнен в виде монтажного стола, на котором размещаются индустриальный сейсмо-виброустойчивый монитор, клавиатура, манипулятор мышь. Основные технические характеристики УВ и РМ, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Основные технические характеристики УВ-03Р и РМ-09

Характеристика устройств	Значение
Количество системных блоков, шт.	2
Количество процессоров (Intel) в системном блоке, шт.	2
Количество ядер процессора, шт	4, не менее
Частота процессора, ГГц	2,4, не менее
Объем кэш-памяти, Мбайт	12,0, не менее
Объем ОЗУ, Гбайт	6,0, не менее
Объем видео памяти, Мбайт	32, не менее
Общее количество НЖМД, шт.	4, не менее
– Тип RAID-массива	– RAID 10 – (зеркальный)
– Объем памяти на одном НЖМД, Гбайт	300, не менее
– Объем памяти в RAID-массиве, Гбайт	– 600 ,не менее
Устройство считывания/записи накопителей DVD-RW	1, не менее
Количество внешних информационных линий связи 100Base-TX, шт	4, не менее

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 6/17

Мощность источника бесперебойного питания, В•А (Вт)	3000 (2100)
Время автономной работы от источника бесперебойного питания, мин	10, не менее
Максимальное поддерживаемое разрешение экрана монитора (ширина x высота), точек	1280x1024, не менее
Размер экрана по диагонали, дюйм	19, не менее
Цветовая палитра видеозображения (True color), бит	24, не менее
Внешние интерфейсы системного блока, шт.:	
– - USB 2.0	5, не менее
– - видео (SVGA)	1
– - клавиатура, PS/2	1
– - манипулятор («мышь»), PS/2	1

УВ имеет возможность удаленного конфигурирования с использованием встроенных технологических каналов.

Размещение диагностического ПО «ДИАНА\_S 1200» на ВК САКОР-392М проводится организацией-разработчиком при установке программного обеспечения «on-line» приема передачи информации от СВБУ.

В состав поставки САКОР-392М входит персональный компьютер (частота процессора – не менее 2,66 ГГц, ОЗУ - 2x2 Гбайт, объем жесткого диска - 500 Гбайт), оснащенный ЖК-монитором 23”, лазерным цветным принтером А4, клавиатурой, манипулятором («мышь»).

## **2.3 Подготовка исходных данных**

2.3.1 Общая структура организации сбора и передачи информации на ВК САКОР-392М в «on-line» режиме, необходимой для выполнения ПО «ДИАНА\_S 1200» своих функций представлена на рисунке 2.1. На схеме стрелками указаны кабели коммуникационной связи между системами.

2.3.2 Общая структура организации передачи информации на ВК СКТП ПГ и ВК САКОР-392М и размещение существующего ПО представлено на рисунке 2.1.

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 7/17

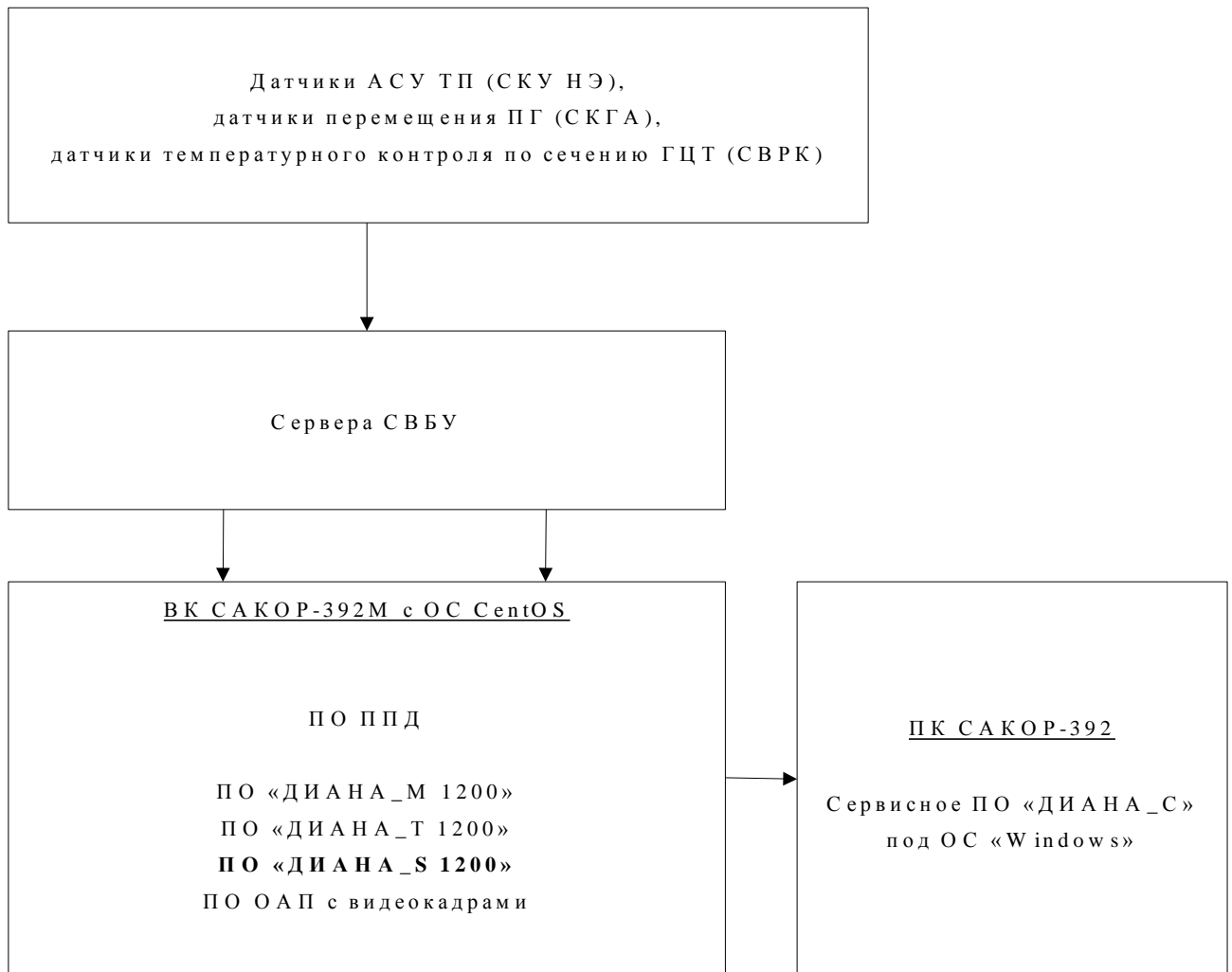


Рисунок 2.1 - Принципиальная схема передачи информации на ВК САКОР-392М

Сформированный пакет данных в «on-line» режиме передается в ВК САКОР-392М с циклом 1 секунда. ПО приема–передачи данных распределяет их по расчетным модулям, в том числе передает данные в ПО «ДИАНА\_М 1200» и ПО «ДИАНА\_Т 1200» получает от него результаты расчета. Эти данные являются входными для ПО «ДИАНА\_S 1200». ПО приема–передачи информации передает данные в ПО «ДИАНА\_S 1200» и получает от него результаты расчета для представления на видеокадрах на ПК БЩУ. Размещение диагностического ПО «ДИАНА\_S 1200» на ВК САКОР-392М проводится организацией-разработчиком при установке программного обеспечения «on-line» приема передачи данных от УИИ и ЛВС.

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 8/17

### 3 УСТАНОВКА И РАБОТА С ПО «ДИАНА\_S 1200»

#### 3.1 Требования для штатного функционирования ПО «ДИАНА\_S 1200»

Нормальное функционирование ПО «ДИАНА\_S 1200» РУ В-320 обеспечивается при выполнении следующих условий:

- исправное состояние технических средств ВК САКОР-392М;
- наличие связи ВК САКОР-392М с СВБУ энергоблока;
- работоспособность ПО приема-передачи данных, ПО «ДИАНА\_М 1200» и ПО «ДИАНА\_Т 1200», информацию от которых по общему перечню нагрузок на трубопроводы ГЦТ и СТ получает ПО «ДИАНА\_S 1200»;

— надлежащая эксплуатация ПО «ДИАНА\_S 1200» в соответствии с требованиями технической документации.

#### 3.2 Размещение ПО «ДИАНА\_S 1200»

3.2.1 Для начала работы с ПО «ДИАНА\_S 1200» необходимо под пользователем **svrk** скопировать содержимое папки Diana\_S с установочного CD на жесткий диск ВК САКОР-392М, например, в папку /home/sacor/diana

3.2.2 **Diana** – каталог, содержащий исполняемые и настроечные файлы (базы данных), файлы протоколов расчетов и log-файлы с информацией о ходе работе программы. Настроечные файлы предназначены для привязки ПО «ДИАНА\_S 1200» к конфигурации оборудования РУ проекта В-392М энергоблока № 1 Нововоронежской АЭС-2.

3.2.3 В каталоге Diana – содержатся файл запуска ПО run.sh и следующие подкаталоги:

**input** – используется для работы версии с эмулятором входных данных из файла структуры типа 1 с именем, имеющим следующий формат:

**StationN\_YYYY\_MM\_DD\_M(T)**

**Station** – идентификатор станции;

**N** – номер блока;



НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 9/17

**YYYY** – год, **MM** – месяц, **DD** – день проведения расчета.

Расширение имени файла – **stress**.

Например, для обработки информации по энергоблоку № 2 Нововоронежской АЭС-2 за 2 апреля 2021г. имя файла будет `nvv1_2021_04_02_M(T).stress`

- **bin** – содержит исполняемые файлы ПО «ДИАНА\_S 1200»;
- **output** – содержит выходные файлы с результатами расчетов ПО «ДИАНА\_S 1200»;
- **logs** – содержит тестовые файлы с информацией о работе программы;

### 3.3 Вывод результатов расчета

3.3.1 По результатам работы ПО «ДИАНА\_S 1200» за один день в директории *output* поддиректориях типа *nvv1\_уууу\_мм* создаются следующие выходные файлы:

- текстовый файл протокола расчета с отклонениями по задачам контроля размахов напряжений;
- текстовый файл протокола расчета квазистатических напряжений для вибронагруженности.

Имя файла протокола имеет следующий формат:

**StationN\_YYYY\_MM\_DD\_DianaS**

**Station** – идентификатор станции;

**N** – номер блока;

**YYYY** – год, **MM** – месяц, **DD** – день проведения расчета;

Расширение имени файла – **dia**.

Например, после обработки информации по энергоблоку № 1 Нововоронежской АЭС-2 за 18 августа 2018 г. имя файла будет `nvv1_2021_08_18_DianaS.dia`. Файлы содержат диагностические сообщения и значения критериальных параметров по задачам. Пример файла представлен на рисунке 3.1.

В директории *logs* содержатся текстовые протоколы процесса проведения расчета.

Отчет по задачам расчета размахов напряжений:

Зарегистрированные отклонения:

идентификатор сообщения      описание

Зарегистрированные отклонения:

идентификатор сообщения	время регистрации	максимальное значение
10JEC11SB901_XQ01	2018.08.18_07:35:08	107.271
10JEC11SR901_XQ01	2018.08.18_10:05:55	152.103
10JEC11SB902_XQ01	2018.08.18_00:36:07	46.1418
10JEC11SR902_XQ01	2018.08.18_00:36:07	92.0175
10JEC21SB901_XQ01	2018.08.18_18:29:02	113.672
10JEC21SR901_XQ01	2018.08.18_18:29:02	158.534
.		
10JEC32SR901_XQ01	2018.08.18_11:15:19	77.1606
10JEC32SB902_XQ01	2018.08.18_06:50:59	31.3134
10JEC32SR902_XQ01	2018.08.18_11:15:19	76.2076
10JEC32SB903_XQ01	2018.08.18_06:50:58	115.964
10JEC32SR903_XQ01	2018.08.18_07:57:44	160.831
10JEC42SB901_XQ01	2018.08.18_00:36:26	32.1997
10JEC42SR901_XQ01	2018.08.18_00:35:58	77.0809
10JEC42SB902_XQ01	2018.08.18_07:12:58	31.6566
10JEC42SR902_XQ01	2018.08.18_07:57:57	76.5437
10JEC42SB903_XQ01	2018.08.18_07:58:21	115.651
10JEC42SR903_XQ01	2018.08.18_07:58:21	160.527
10JEF10SB901_XQ01	2018.08.18_22:01:19	38.013
10JEF10SR901_XQ01	2018.08.18_22:01:24	68.7898
10JEF10SB902_XQ01	2018.08.18_01:32:56	132.473
10JEF10SR902_XQ01	2018.08.18_01:25:28	163.438

Рисунок 3.1 – Пример вывода диагностических сообщений ПО «ДИАНА\_S 1200»

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 11/17

## 4 ВЫПОЛНЕНИЕ ПО «ДИАНА\_S 1200»

4.1.1 Для запуска ПО «ДИАНА\_S 1200» необходимо выполнить команду:

**/run.sh S standalone (emulation)** (ключ emulation – для проведения расчетов в режиме эмуляции (обработка файлов из директории input); ключ standalone - для проведения расчетов с ПО приема-передачи данных).

ПО приема-передачи данных вызывает ПО «ДИАНА\_S 1200» для расчета размахов напряжений, передавая ему необходимые параметры в режиме «on-line» с частотой 1 раз в секунду. Расчетный модуль ПО «ДИАНА\_S 1200» принимает входные данные через механизм очередей POSIX (mq). Для передачи данных, необходимо открыть очередь следующим образом:

```
#define MAX_MSG_NUM 10
#define INPUT_MQ_NAME "/steamgen_input_mq_s"

struct mq_attr attr = {0};
attr.mq_flags = 0;
attr.mq_maxmsg = MAX_MSG_NUM;
attr.mq_msgsize = sizeof(struct CDianaInput);
attr.mq_curmsgs = 0;
fd = mq_open(INPUT_MQ_NAME, O_WRONLY | O_CREAT, 0777, &attr);
```

и передать данные в расчетный модуль:

```
CDianaInput rInputData;
//заполнение полей rInputData
.....
//передача данных в расчетный модуль
write_to_mq(fd, &rInputData);
```

```
#define NUMBER_OF_STEAM_GENERATORS 4
#define NUMBER_OF_PRESSURE_1_SENSORS 1
#define NUMBER_OF_MOVEMENT_SENSOR_ROWS_SG 2

#define NUMBER_OF_OUPUTS_SG (NUMBER_OF_STEAM_GENERATORS)
#define NUMBER_OF_OUPUTS_ROW (NUMBER_OF_OUPUTS_SG * NUMBER_OF_MOVEMENT_SENSOR_ROWS_SG)

struct CDianaInput {
    struct timespec m_CurrentTime;
    ////////////////////////////////////////////////////
    // Поперечное отклонение горячей нитки от оси ГЦТ
    double m_LateralDisplacement[NUMBER_OF_OUPUTS_ROW];
    //Продольное подщемление горячей нитки вдоль оси ГЦТ
    double m_LongitudinalSqueezing[NUMBER_OF_OUPUTS_ROW];
    // Угол поворота ПГ
    double m_AngleOfRotation[NUMBER_OF_OUPUTS_ROW];
    // Поперечное перемещение холодного патрубка ПГ
    double m_Dxd[NUMBER_OF_OUPUTS_ROW];
    // Продольное перемещение холодного патрубка ПГ
    double m_Dyd[NUMBER_OF_OUPUTS_ROW];
```

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 12/17

```

// Температура сечения горячей нитки ГЦТ
double m_AbsTemperatureHot[NUMBER_OF_OUPUTS_SG];
// Температура сечения холодной нитки ГЦТ
double m_AbsTemperatureCold[NUMBER_OF_OUPUTS_SG];

////////////////////////////////////
// Это данные из входного потока
// Давление над активной зоной (на выходе из СКР)
double m_Pressure_1[NUMBER_OF_PRESSURE_1_SENSORS];

////////////////////////////////////
// Температурный момент горячей нитки ГЦТ
double m_StratCurHot[NUMBER_OF_OUPUTS_SG];
// Температурный момент холодной нитки ГЦТ
double m_StratCurCold[NUMBER_OF_OUPUTS_SG];

// Температура поверхности нижней части соединительного трубопровода на горизонталь-
ном участке у КД
double m_TemperatureConnectorPipeBottom[1];
// Температура поверхности верхней части соединительного трубопровода на горизонталь-
ном участке у КД
double m_TemperatureConnectorPipeTop[1];

// Температурный момент соединительного трубопровода на горизонтальном участке у КД
(таблица 11)
double m_StratCurConPipeHorz[1];

//Температура соединительного трубопровода у КД (верх)
double m_TemperatureCoolantTop;
//Температура соединительного трубопровода у ГЦТ (низ)
double m_TemperatureCoolantBottom;

};

```

4.1.2 ПО «ДИАНА\_S 1200» совместно базой данных контроля размахов напряжений передает в ПО приема-передачи данных результаты расчетов в режиме "on-line" с частотой 1 раз в секунду для представления на видеокдрах реальных перемещений оборудования РУ. ПО «ДИАНА\_S 1200» передает выходные данные через механизм очередей POSIX (mqueue).

Для приема данных, необходимо открыть очередь следующим образом:

```

#define MAX_MSG_NUM 10
#define OUTPUT_MQ_NAME "/steamgen_output_mq_s"
struct mq_attr attr = {0};
attr.mq_flags = 0;
attr.mq_maxmsg = MAX_MSG_NUM;
attr.mq_msgsize = sizeof(struct CDianaOutputS);
attr.mq_curmsgs = 0;
fd = mq_open(INPUT_MQ_NAME, O_WRONLY | O_CREAT, 0777, &attr);

CDianaOutputS rOutputData;
mq_receive(fd, (char*) &rOutputData, sizeof(struct CDianaOutputS), 0);

#define NUMBER_OF_SECTION_SIGMA_B_HOT 2
#define NUMBER_OF_SECTION_SIGMA_B_COLD 3
#define NUMBER_OF_SECTION_SIGMA_B_ST 2

```

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 13/17

```

#define NUMBER_OF_OUTPUTS_SIGMA_B_HOT_TOTAL (NUMBER_OF_OUPUTS_SG * NUM-
BER_OF_SECTION_SIGMA_B_HOT)
#define NUMBER_OF_OUTPUTS_SIGMA_B_COLD_TOTAL (NUMBER_OF_OUPUTS_SG * NUM-
BER_OF_SECTION_SIGMA_B_COLD)

struct CDianaOutputS {
    struct timespec m_CurrentTime;

    // Значение изгибных напряжений сечения горячей нитки ГЦТ
    double m_SigmaBHot[NUMBER_OF_OUTPUTS_SIGMA_B_HOT_TOTAL];
    // Значение размаха напряжений сечения горячей нитки ГЦТ
    double m_SigmaRangeHot[NUMBER_OF_OUTPUTS_SIGMA_B_HOT_TOTAL];
    // Сигнализация превышения размаха напряжений сечения горячей нитки ГЦТ
    unsigned int m_SigmaRangeAlarmHot[NUMBER_OF_OUTPUTS_SIGMA_B_HOT_TOTAL];

    // Значение изгибных напряжений сечения холодной нитки ГЦТ
    double m_SigmaBCold[NUMBER_OF_OUTPUTS_SIGMA_B_COLD_TOTAL];
    // Значение размаха напряжений сечения холодной нитки ГЦТ
    double m_SigmaRangeCold[NUMBER_OF_OUTPUTS_SIGMA_B_COLD_TOTAL];
    // Сигнализация превышения размаха напряжений сечения холодной нитки ГЦТ
    unsigned int m_SigmaRangeAlarmCold[NUMBER_OF_OUTPUTS_SIGMA_B_COLD_TOTAL];

    // Значение изгибных напряжений сечения СТ
    double m_SigmaBST[NUMBER_OF_SECTION_SIGMA_B_ST];
    // Значение размаха напряжений сечения СТ
    double m_SigmaRangeST[NUMBER_OF_SECTION_SIGMA_B_ST];
    // Сигнализация превышения размаха напряжений сечения СТ
    unsigned int m_SigmaRangeAlarmST[NUMBER_OF_SECTION_SIGMA_B_ST];
};

```

4.1.3 ПО приема-передачи записывает на два СБ СКТП ПГ входные файлы протокола расчета, содержащий данные расчетов ПО «ДИАНА\_S 1200» с периодом 1 сутки. Выходные файлы можно использовать для последующего анализа на ПК САКОР-392М.

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 14/17

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АКГА	- аппаратура контроля гидроамортизаторов
АЭС	- атомная электрическая станция
БЩУ	- блочный щит управления
ВК	- вычислительный комплекс
ГА	- гидроамортизатор
ГЦН	- главный циркуляционный насос
ГЦТ	- главный циркуляционный трубопровод
ИВС	- информационная вычислительная система
ЛВС	- локальная вычислительная сеть
НЖМД	- накопитель на жестких магнитных дисках
ОЗУ	- оперативное запоминающее устройство
ПГ	- парогенератор
ПК	- персональный компьютер
ПЛП	- преобразователь линейных перемещений
ПО	- программное обеспечение
РМ	- рабочее место
РУ	- реакторная установка
САКОР	- система автоматизированного контроля остаточного ресурса
СБ	- системный блок
СКТП	- система контроля тепловых перемещений
СТ	- соединительный трубопровод
УВ	- устройство вычислительное
УИИ	- устройство информационное измерительное

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 15/17

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Решение № Р 1.2.2.15.004.0023-2021 от 15.01.2021 «О модернизации программно-технического комплекса САКОР-392М энергоблоков № 1 и № 2 Нововоронежской АЭС-2». Концерн «Росэнергоатом», 2021 г.

НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 16/17

### **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, пункта, подпункта, перечисления, приложения, листа разрабатываемого документа, в котором дана ссылка
ГОСТ 19.505-79	1.1



НВВАЭС Блок 1	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 17/17
------------------	-------------------------------------	-------	----------------

Лист регистрации изменений									
Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					