

Нововоронежская АЭС-2. Энергоблок № 2
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 2	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 2	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 2	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 № 2 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 вибронгруженности 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 2	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 № 2 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 2	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 6/17

Продолжение таблицы 2.1

Характеристика устройств	Значение
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 видеоизображения (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 2	Руководство системного программиста	Изм.:	Страница 7/17

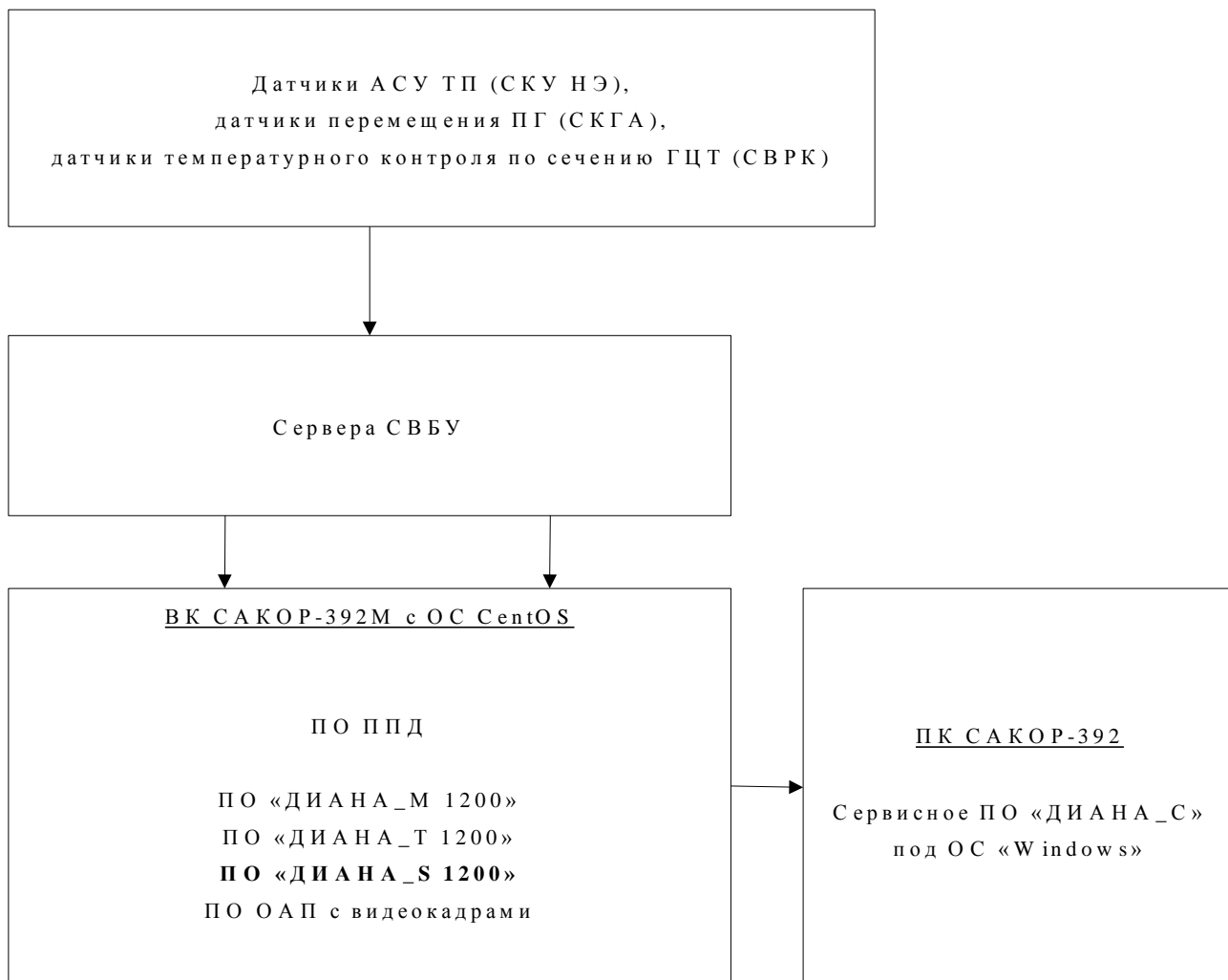


Рисунок 2.1 - Принципиальная схема передачи информации на ВК САКОР-392М

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 2	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 № 2 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 2	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 `nvv2_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 *nvv2_уууу_тт* 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 № 2 Нововоронежской АЭС-2 за 18 августа 2018 г. имя файла будет `nvv2_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
20JEC11SB901	2018.08.18_07:35:08	107.271
20JEC11SR901	2018.08.18_10:05:55	152.103
20JEC11SB902	2018.08.18_00:36:07	46.1418
20JEC11SR902	2018.08.18_00:36:07	92.0175
20JEC21SB901	2018.08.18_18:29:02	113.672
20JEC21SR901	2018.08.18_18:29:02	158.534
.		
20JEC32SR901	2018.08.18_11:15:19	77.1606
20JEC32SB902	2018.08.18_06:50:59	31.3134
20JEC32SR902	2018.08.18_11:15:19	76.2076
20JEC32SB903	2018.08.18_06:50:58	115.964
20JEC32SR903	2018.08.18_07:57:44	160.831
20JEC42SB901	2018.08.18_00:36:26	32.1997
20JEC42SR901	2018.08.18_00:35:58	77.0809
20JEC42SB902	2018.08.18_07:12:58	31.6566
20JEC42SR902	2018.08.18_07:57:57	76.5437
20JEC42SB903	2018.08.18_07:58:21	115.651
20JEC42SR903	2018.08.18_07:58:21	160.527
20JEF10SB901	2018.08.18_22:01:19	38.013
20JEF10SR901	2018.08.18_22:01:24	68.7898
20JEF10SB902	2018.08.18_01:32:56	132.473
20JEF10SR902	2018.08.18_01:25:28	163.438

Рисунок 3.1 – Пример вывода диагностических сообщений ПО «ДИАНА_S 1200»

НВВАЭС Блок 2	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 2	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 2	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 2	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 2	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 № 2 и № 2 Нововоронежской АЭС-2». Концерн «Росэнергоатом», 2021 г.

НВВАЭС Блок 2	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

