

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель генерального  
конструктора – начальник  
отделения

  
(С.И. Сероштан)

«12» 12 2014 г.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

по теме «Техническая поддержка программного средства «Прогноз\_Р 1.0» для вероятностного анализа разрушения корпуса реактора (усовершенствование программного средства с учетом требований современных нормативных документов и модернизация ввода исходных данных)»

### 1. Наименование закупки:

Выполнение работ на тему «Техническая поддержка программного средства (ПС) «Прогноз\_Р 1.0» для вероятностного анализа разрушения (ВАР) корпуса реактора» (усовершенствование программного средства с учетом требований современных нормативных документов и модернизация ввода исходных данных и представления результатов)».

### 2. Технические требования к поставке товара/выполнению работ/оказанию услуг

В результате данной работы должны быть выпущены отчетные материалы по каждому из этапов работ:

Этап 1 «Усовершенствование программного средства «Прогноз\_Р 1.0» с учетом требований современных нормативных документов»

Этап 2 «Модернизация ввода исходных данных и представления результатов»

Этап 3 «Сопровождение работ, связанных с использованием ПС «Прогноз\_Р 1.0»»

Далее представлено техническое описание каждой из работ.

#### 1 «Усовершенствование программного средства «Прогноз\_Р 1.0» с учетом требований современных нормативных документов»

1.1 В ОКБ "ГИДРОПРЕСС" в эксплуатации находится аттестованное программное средство (ПС) «Прогноз\_Р 1.0», разработанное Московским государственным университетом приборостроения и информатики (МГУПИ). Исключительные права на ПС «Прогноз\_Р 1.0» принадлежат ОКБ «ГИДРОПРЕСС». ПС «Прогноз\_Р 1.0» используется для ВАР корпуса реактора. В настоящий момент действуют нормативные документы, регулирующие проведение расчетов на сопротивление хрупкому разрушению корпуса реактора /1,2/.

В процессе эксплуатации возникла необходимость в усовершенствовании и сопровождении эксплуатации ПС «Прогноз\_Р 1.0». Усовершенствованная версия ПК должна учитывать положения /1,2/, которые необходимо внедрить в практику ВАР корпуса реактора.

1.2 Исполнитель дорабатывает расчетные модули ПС «Прогноз\_Р 1.0» для внедрения следующих положений:

1) учет эффекта предварительного термомеханического нагружения (ПТН) при анализе выполнения условий старта трещины. При немонотонном изменении коэффициента интенсивности напряжений (КИН)  $K_I$ , имеет место эффект ПТН. Известно, что после ПТН, хрупкое разрушение образца с трещиной происходит при  $K_I$  не меньшем, чем максимальное значение  $K_I$  при ПТН. Если разрушение образца не произошло до момента  $\tau_1$ , то в диапазоне от  $\tau_1$  до  $\tau_2$  хрупкое разрушение не произойдет (см. рис. 1). Процедура учета эффекта ПТН подробно описана в разделе 8 /1/;

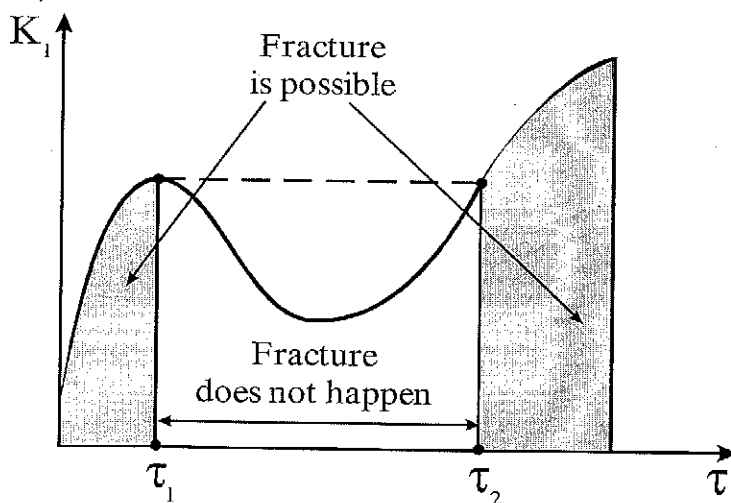


Рис. 1 Зависимость  $K_I$  от  $\tau$  при немономтонном нагружении и области, где возможно и не возможно разрушение.

2) использовать критерий старта трещины в формулировке, представленной в /1,2/, позволяющей учесть неоднородность распределения КИН и вязкости разрушения по длине фронта трещины. Формулировка критерия подробно описана в разделе 9 /1/, упрощенные зависимости для определения КИН в различных точках фронта трещины имеются ;

3) учесть влияние эффекта коротких трещин и двухосного нагружения на вязкость разрушения основного металла и металла швов корпуса реактора. Процедура учета этих эффектов подробно описана в приложении Г /1/.

Исполнитель модернизирует ПС «Прогноз\_Р 1.0» в части учета положений 1)-3) таким образом, чтобы они были учтены как опции. Другими словами, чтобы была возможность проведения расчета как с учетом 1)-3), так и без их учета.

1.3 В соответствии с правилами схематизации дефектов в оборудовании АЭС, все дефекты схематизируются как поверхностные полуэллиптические или подповерхностные эллиптические трещины. В имеющейся версии ПК все дефекты в корпусе реактора рассматриваются как поверхностные полуэллиптические трещины. Такой подход является заведомо консервативным. Соответственно, в ПК предусмотрено выполнение расчета коэффициента интенсивности напряжений (КИН) для такого вида трещин. Для того чтобы иметь возможность выполнить менее консервативную и более адекватную оценку ВАР при заданном распределении дефектов, необходимо иметь возможность проводить расчет КИН для подповерхностной трещины. Правила схематизации дефектов и аналитические зависимости для расчета КИН приводятся в /3/.

Исполнитель модернизирует ПС «Прогноз\_Р 1.0», что позволит проводить расчет КИН для подповерхностной трещины.

1.4 Исполнитель проводит анализ возможности модернизации ПС «Прогноз\_Р 1.0» в части определения вероятности разрушения корпуса реактора по вязкому механизму разрушения и внедрения модели «Старт-рост-останов трещины» с учетом имеющихся данных по свойствам материалов корпуса реактора. Как пример можно рассматривать подходы, изложенные в разделах 3 и 4 /4/. По результатам анализа Исполнитель и Заказчик проводят совещание, где согласовывают объем модернизации ПС «Прогноз\_Р 1.0».

1.5 Возможность работы с исходными событиями (включая совокупность НЭ и ННЭ) и их частотой, которая рассматривается как случайная величина.

По итогам выполнения этапа №1 Исполнитель предоставляет Заказчику усовершенствованный ПС «Прогноз\_Р 1.0» на электронных носителях информации и соответствующую «Инструкцию пользователя». Переданный ПС «Прогноз\_Р 1.0» считается

«рабочей версией», при этом Заказчик оставляет за собой право выдавать замечания и рекомендации по ПО в ходе работ по настоящему ТЗ.

## **2 «Модернизация ввода исходных данных и представления результатов»**

2.1 В рамках данного этапа Исполнитель модернизирует ПС «Прогноз\_Р 1.0» с целью автоматизации ввода исходных данных из файла результатов программ MSC.Marc и ANSYS, используемых для расчета температур и напряжений в корпусе реактора в рассматриваемом режиме. Форматы файлов результатов описаны в руководстве пользователя для этих программ.

2.2 Исполнитель модернизирует ПС «Прогноз\_Р 1.0» с целью визуализации результатов расчета в каждом расчетном режиме (таблица значений расчетного значения коэффициента интенсивности напряжений, вязкости, температуры и вероятности разрушения от времени, а также таблица значений расчетного значения коэффициента интенсивности напряжений от температуры в формате совместимым с MS Excel).

2.3 Исполнитель модернизирует ПС «Прогноз\_Р 1.0» с целью объединения в одном интерфейсе возможности расчета вероятности разрушения конструктивного элемента для всех рассматриваемых расчетных событий и для различных местоположений рассматриваемого дефекта по периметру корпуса. Местоположения дефектов определяется на этапе задания исходных данных.

## **3 «Сопровождение работ, связанных с использованием ПС «Прогноз\_Р 1.0»»**

3.1 В рамках данного этапа работ осуществляется техническая поддержка специалистами Исполнителя работ по выполнению ВАР корпуса ВВЭР.

Техническая поддержка включает в себя:

- консультационную поддержку по методике и моделям, реализованным в составе ПС «Прогноз\_Р 1.0», в надзорных органах Российской Федерации (Ростехнадзор);

- оперативные ответы на вопросы пользователей, передаваемые через электронную почту, по телефону, при личном общении, как на территории Исполнителя, так и на территории Заказчика;

- Исполнитель (по запросу Заказчика) передает материалы по дополнительной верификации, отчеты о доработке расчетных методик и моделей, имеющиеся у Исполнителя.

Передача дополнительной информации оговаривается отдельно в рамках двухсторонних переговоров, оформленных протоколом (с указанием сроков и номенклатуры передаваемых материалов).

В рамках консультационной поддержки Исполнитель по требованию Заказчика организует семинары/рабочие встречи. По требованию Заказчика семинары/рабочие встречи могут проводиться на территории Заказчика не реже чем 1 (один) раз в месяц. Результаты мероприятий оформляются в виде двухсторонних протоколов, которые обязательны к исполнению. Материалы данных протоколов, а также результаты выполненных обязательств представляются в итоговом отчете, если это не противоречит договорным обязательствам Исполнителя.

3.2 Исполнитель проводит корректировку документации по усовершенствованной версии ПС «Прогноз\_Р 1.0» с учетом результатов работ по этапам №1 и №2 («Отчет о верификации» и «Инструкцию пользователя»).

3.3 В рамках этапа №3 Заказчик проводит опытную эксплуатацию усовершенствованного ПС «Прогноз\_Р 1.0», разработанного Исполнителем по этапам №1 и №2 (после завершения работ по этапу №2). При необходимости Исполнитель проводит корректировку ПС с внесением изменений в отчетные материалы («Инструкция пользователя»

и «Отчет о верификации»). Не позднее, чем за 30 дней до окончания работ по договору стороны подписывают двухсторонний протокол о завершении работ над ПС (если все замечания Заказчика устранены) и окончательная версия ПС передается Заказчику в составе отчетности по этапу №3. Исполнитель оформляет двухсторонний акт о передаче ПС.

### **3. Требования к гарантийному сроку и условиям гарантийного обслуживания**

Гарантийный срок на выполненные работы составляет 24 месяца с момента подписания акта сдачи-приемки выполненных работ.

### **4. Дополнительные требования к качеству товара (результатам выполненных работ, оказанных услуг)**

I. Исполнитель должен не позднее двух недель до срока передачи отчетной документации предоставить Заказчику рабочие материалы по каждой работе.

II. Оформление отчетной документации должно выполняться в соответствии с требованиями ЕСКД (требования к оформлению текстовых документов). Дополнительные требования (при наличии) передаются Исполнителю работ не позднее двух недель с начала действия договора.

III. При выполнении работ должны быть учтены требования следующих нормативных документов

- НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций ОПБ 88/97»;

- НП-082-07 «Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций»;

- Инструкция об организации проведения экспертизы программных средств, применяемых при обосновании и (или) обеспечении безопасности объектов использования атомной энергии. РД-03-33-2008.;

- Требования к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств, применяемых для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии. РД-03-34-2000.

IV. Отчетная документация по каждому этапу передается Заказчику в бумажном виде в 2-х экземплярах (1 экз. – учтенная копия, 1 экз. – неучтенная копия) и в электронном виде на 2-х оптических носителях (документация в электронном виде должна быть в форматах тех программных продуктов, с помощью которых она создавалась и в отсканированном виде). Комплект ПС (работы по которому проводились в рамках договора) и другие материалы передаются в электронном виде на 2-х оптических носителях. Описание применения ПС отражается в отчетной документации.

При завершении работ по каждому этапу Исполнитель передает Заказчику аннотационный отчет, акт сдачи-приемки выполненных работ и отчетную документацию.

V. После завершения договора (в течение 2 лет) Исполнитель обязан осуществлять техническую поддержку Заказчика по вопросам, касающимся адекватности, верификации и надежности результатов, получаемых при использовании доработанного ПС «Прогноз\_Р 1.0»

### **5. Требования к объему технической документации**

В процессе выполнения работы Заказчику предоставляется следующая документация:

- модифицированная методика по анализу вероятности разрушения корпуса реактора по результатам реализации дополнительных функций;

- описание модифицированных программных модулей ПС «Прогноз\_Р 1.0» и применение в соответствии с ГОСТ 19.105-78;

- текст модифицированных программных модулей ПС «Прогноз\_Р 1.0» в соответствии с ГОСТ 19.105-78;

- верификационный отчет модифицированной версии ПС «Прогноз\_Р 1.0», в соответствии с РД-03-34-2000;
- инструкция пользователя модифицированной версии ПС «Прогноз\_Р 1.0».

**6. Место поставки товара/выполнения работ/оказания услуг**

Работы выполняются исполнителем по месту его нахождения или на территории Заказчика.

**7. Срок поставки товара/выполнения работ/оказания услуг (или календарный план)**

Календарный план приложен (Приложение №1).

**8. Прочие условия**

Исполнитель должен соответствовать следующим требованиям:

- наличие опыта выполнения аналогичных работ за последние 3 года с использованием расчетных кодов для расчета вероятности разрушения элементов АЭС
- исполнитель имеет не менее 1 лицензии на право использования ПС «Прогноз\_Р 1.0» или владеет данным кодом на иных законных основаниях, включая указанные в аттестационном паспорте программного средства № 358 от 17.04.2014, выданным Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору и ФГУ Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности (Россия)

**Список литературы**


1 Расчет на сопротивление хрупкому разрушению корпусов водо-водяных энергетических реакторов на стадии проектирования. Методика, РД ЭО 1.1.2.99.0920-2013, С.-Петербург-Москва, 2013

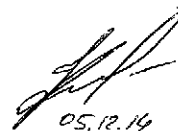
2 Методика расчета на сопротивление хрупкому разрушению корпусов реакторов АЭС с ВВЭР-1000 при продлении срока эксплуатации до 60 лет (РД ЭО 1.1.3.99.0871-2012). ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», 2012

3 Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации, включая эксплуатацию за пределами проектного срока службы, РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012, Москва, 2012

4 Fracture Analysis of Vessels – Oak Ridge FAVOR, v04.1, Computer Code: Theory and Implementation of Algorithms, Methods, and Correlations, NUREG/CR-6854

Начальник отдела

 И.Ф. Акбашев  
05.12.14

  
05.12.14

Приложение №1 к Техническим требованиям

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

на выполнение работы

**“Техническая поддержка программного средства «Прогноз\_Р 1.0»  
(усовершенствование и оптимизация расчётных модулей и моделей)”**

Номер этапа	Наименование этапа	Срок начала работ	Срок завершения работ	Стоимость, % от общей цены (в т.ч. НДС)	Форма отчетности
1	Усовершенствование программного средства «Прогноз_Р 1.0» с учетом требований современных нормативных документов	To*	To+5 Мес	53	Акт сдачи-приемки, аннотационный отчет, отчет, СД-диск с рабочей версией ПС**
2	Модернизация ввода исходных данных и представления результатов	To+5 Мес	To+8 Мес	17	Акт сдачи-приемки, аннотационный отчет, отчет, СД-диск с рабочей версией ПС
3	Сопровождение работ, связанных с использованием ПС «Прогноз_Р 1.0»	To+8 Мес	To+11 Мес	30	Акт сдачи-приемки, аннотационный отчет, отчет, СД-диск с ПС**, акт передачи ПС, отчет о верификации
ИТОГО (без НДС)				100%	

\* - Дата подписания договора

\*\* - Включая исходный текст программы и скомпилированный исполняемый файл.

Начальник отдела

*И.Ф. Акбашев*  
05.12.14

*И.Ф. Акбашев*  
05.12.14