



Федеральная служба
по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор)
Федеральное бюджетное учреждение
«Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»
(ФБУ «НТЦ ЯРБ»)



ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ ПО АТТЕСТАЦИИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ПРИ РОСТЕХНАДЗОРЕ



АТТЕСТАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА

Регистрационный номер 330 от 18 апреля 2013 года

Настоящий аттестационный паспорт устанавливает назначение и область применения программного средства

APM Structure3D (версия 10.2),

которые указаны в разделе 2 приложения к настоящему аттестационному паспорту.

Аттестационный паспорт выдан

**Обществу с ограниченной ответственностью Научно-технический центр «АПМ»
(ООО НТЦ «АПМ»)**

Юридический адрес: 141070, г. Королев, Московская обл., Октябрьский бульвар, д. 14, офис 6.

*Настоящий аттестационный паспорт действует при соблюдении условий
Приложения, являющегося его неотъемлемой частью.*

Срок действия аттестационного паспорта до 18 апреля 2023 года

Заместитель директора
ФБУ «НТЦ ЯРБ»,
председатель экспертного Совета
по аттестации программных средств
при Ростехнадзоре



С. Н. Богдан

ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK



ISO 9001:2008

Certified Management System

ПРИЛОЖЕНИЕ

к аттестационному паспорту программного средства № 330 от 18 апреля 2013 года

1 Общие сведения

1.1 Название программного средства (далее – ПС)

APM Structure3D (версия 10.2).

1.2 Заявитель ПС

Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр «АПМ».

1.3 Организация-разработчик ПС

Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр «АПМ».

1.4 Авторы ПС

Шелофаст Владимир В., Шелофаст Вадим В., Стайнова Е.Г., Сидоренко В.Ю., Прокопов В.С., Григорьев С.Г., Бутин О.В.

1.5 Сведения о регистрации ПС и его компонентов

Программное средство «APM Structure3D» (версия 10.2) – регистрационный № 746 от 07.06.2012.

1.6 Основание для выдачи аттестационного паспорта программного средства:

Верификация программного средства «Конечно – элементная программная система APM Structure3D, версия 10.2». Верификационный отчет по программному средству «Конечно – элементная программная система APM Structure3D, версия 10.2», ООО НТЦ «АПМ», г. Королев, М. о., 2012.

Результаты экспертизы и решение Секции № 4 «Расчеты напряженно-деформированного состояния и анализ прочности элементов активных зон, оборудования и трубопроводов ОИАЭ» экспертного Совета по аттестации программных средств при Ростехнадзоре (протокол заседания № 19-11/1 от 14 февраля 2013 года).

Решение экспертного Совета по аттестации программных средств (протокол заседания № 60 от 18 апреля 2013 года).

Экспертиза и аттестация программного средства проведены в соответствии с требованиями руководящих документов Ростехнадзора РД-03-33-2008 и РД-03-34-2000.

1.7 Эксперты, проводившие экспертизу ПС

Киселев А. С., д.т.н., ведущий научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»;

Курков С. В., к.т.н., генеральный директор НТП «Динамика и прочность»;

Рубцов В. С., к.т.н., начальник отдела ФБУ «НТЦ ЯРБ»;

Семишкин В. П., д.т.н., заместитель начальника отдела ОАО ОКБ «Гидропресс».

2 Назначение и область применения ПС

2.1 Назначение ПС

ПС предназначено для выполнения расчётов напряженно-деформированного состояния оборудования и конструкций ОИАЭ методом конечных элементов.

Рассчитываемыми параметрами являются:

- перемещения (линейные/угловые);
- внутренние усилия (силы/моменты);
- напряжения;
- реактивные силы/моменты в закреплённых узлах;
- частоты и формы собственных колебаний;
- коэффициент запаса по статической устойчивости и форма потери устойчивости.

2.2 Область применения ПС по типу объекта использования атомной энергии
Конструкционные элементы оборудования и систем ОИАЭ.

2.3 Область применения ПС по моделируемым режимам

Режимы нормальной эксплуатации и нарушения нормальной эксплуатации.

2.4 Область применения ПС по условиям и параметрам расчета

ПС обеспечивает проведение расчетов при статическом и меняющемся во времени нагружении оборудования и конструкций ОИАЭ.

ПС обеспечивает проведение расчетов для следующих типов конечных элементов:

- прямолинейные балочные элементы, имеющие постоянное сечение по длине, работающие на растяжение-сжатие, изгиб и кручение;
- прямолинейные ферменные стержневые элементы, имеющие постоянное сечение по длине, работающие на растяжение-сжатие;
- плоские оболочечные элементы (четырёхузловые и трёхузловые элементы без учёта деформации поперечного сдвига);
- элементы сплошной среды (изопараметрические линейные четырехузловые, шестиузловые и восьмиузловые);
- произвольные комбинации балочных, твердотельных и оболочечных типов конечных элементов.

Предельные значения параметров конечно-элементной сетки определяются разрядностью операционной системы (Windows XP/VISTA/7) и объёмом оперативной памяти компьютера. В 32-х разрядной версии операционной системы ПС позволяет решать задачи с размерностью до 1.5 млн. степеней

свободы (количество уравнений), при этом вычисляется до 50 частот и форм. В 64-х разрядной версии операционной системы ПС позволяет решать задачи с размерностью до 26,5 млн. степеней свободы (количество уравнений), при этом вычисляется до 200 частот и форм.

Область применения ПС по параметрам расчета:

- геометрия рассчитываемых объектов неизменяема;
- материалы рассчитываемых объектов изотропны, с линейной зависимостью напряжения от деформации;
- температура рассчитываемого объекта не должна превышать температуру, при которой параметры рассчитываемого объекта выходят за пределы линейно-упругой механики разрушений;
- область малых деформаций в упругой области (для стали от 0,001 до 0,002).

ПС не предназначено для расчета собственных частот и вынужденных колебаний в неупругих средах (жидкостях) и в нелинейных системах.

2.5 Погрешность, обеспечиваемая ПС в области его применения

При оценке погрешности расчётов учтены следующие факторы:

- тип применяемого конечного элемента;
- качество сетки конечных элементов;
- корректность физико-механических свойств материалов;
- отклонение геометрических размеров расчётной модели от размеров реальной конструкции;
- погрешность математических методов решения систем линейных уравнений.

При соблюдении требований по качеству сетки конечных элементов, известных геометрических размерах и механических свойствах материалов погрешность расчётов составляет не более:

Расчетный параметр	Погрешность (максимальные отклонения), %
Собственные частоты колебаний	± 10
Коэффициент запаса по устойчивости	± 8
Статические расчеты	
Перемещения и углы поворота (для конструкций, моделируемых конечными элементами одного типа)	± 6
Перемещения (для конструкций, моделируемых конечными элементами разного типа)	± 6
Напряжения (для конструкций, моделируемых конечными элементами одного типа)	± 7

Расчетный параметр	Погрешность (максимальные отклонения), %
Напряжения (для конструкций, моделируемых конечными элементами разного типа)	± 11
Усилия (для конструкций, моделируемых конечными элементами одного типа)	± 6
Геометрически нелинейные расчеты	
Перемещения	± 15
Нормальные напряжения	± 12
Изгибающий момент	± 9

3 Сведения о методиках расчета, реализованных в ПС

В ПС реализованы общие подходы и принципы метода конечных элементов в форме метода перемещений.

Статические воздействия включают в себя: нагрузки от собственного веса (с учетом произвольного множителя), давления, ускорения; сосредоточенные в узлах силовые факторы в виде векторов сил и моментов; заданные кинематические условия в узлах – линейные перемещения и углы поворота.

Динамические воздействия включают в себя: переменные во времени сосредоточенные силы и переменные во времени перемещения узлов конструкции.

Расчёт напряженно-деформированного состояния выполняется как в геометрически линейной постановке, так и с учётом геометрической нелинейности.

Решение системы линейных уравнений осуществляется методом исключения Гаусса и его модификациями, например, фронтальным методом. Для решения задачи на собственные значения используются итерационные методы, такие как метод итерации в подпространстве и метод поиска корней детерминанта. Для расчёта вынужденных колебаний, включая вибрацию основания, выполняется разложение уравнений движения по формам колебаний и вычисляется интеграл Дюамеля с автоматическим выбором шага. При интегрировании уравнений движения учёт демпфирования в конструкции осуществляется в предположении частотно-независимого демпфирования. В геометрически нелинейном расчёте для поиска решения используется итерационная процедура Ньютона-Рафсона.

4 Сведения о базах данных (библиотеках констант), используемых в ПС

Механические свойства материалов и стандартные сечения стержневых элементов являются исходными данными и задаются пользователем.

5 Дополнительная информация о ПС

Ниже перечислены дополнительные возможности ПС, которые не аттестуются:

- расчет нестационарной теплопроводности;
- расчет оснований и фундаментов строительных конструкций.

6 Пользователи ПС

Пользователями ПС являются специалисты следующих организаций (являющиеся разработчиками ПС и (или) прошедшие соответствующее обучение по применению ПС):

Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр «АПМ»;

Общество с ограниченной ответственностью «Водные технологии «Атомэнергопрома»;

Закрытое акционерное общество «Альянс-Гамма»;

Открытое акционерное общество «Уральский электрохимический комбинат»;

Открытое акционерное общество «Ангарский электролизный химический комбинат»;

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная станция»;

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»;

Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр ядерной и радиационной безопасности».

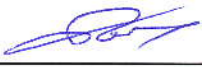
Ученый секретарь
экспертного Совета по аттестации
программных средств
при Ростехнадзоре

С. А. Шевченко

Заместитель председателя секции № 4
«Расчеты напряженно-
деформированного состояния и анализ
прочности элементов активных зон,
оборудования и трубопроводов ОИАЭ»
экспертного Совета по аттестации
программных средств при
Ростехнадзоре

В. С. Рубцов

УТВЕРЖДАЮ
Председатель
экспертного Совета по аттестации
программных средств при Ростехнадзоре


С.Н. Богдан
(подпись)
« 22 » 10 2018 г.

**Дополнение № 1
к приложению аттестационного паспорта от 18.04.2013 № 330
программного средства «APM Structure3D»**

Дата введения в действие: с момента утверждения.

Основание: предложение ООО НТЦ «АПМ» (письмо от 18.10.2018 № ФП-1336/2018).

СОДЕРЖАНИЕ ДОПОЛНЕНИЯ

Раздел 6 «Пользователи ПС» приложения к аттестационному паспорту дополнить следующей информацией:

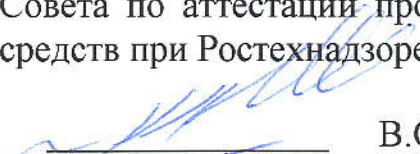
Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина (ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина»).

Ученый секретарь экспертного
Совета по аттестации программных
средств при Ростехнадзоре


(подпись)

С.А. Шевченко

Заместитель председателя секции
№ 4 «Расчеты напряженно-
деформированного состояния и
анализ прочности элементов
активных зон, оборудования и
трубопроводов ОИАЭ» экспертного
Совета по аттестации программных
средств при Ростехнадзоре


(подпись)

В.С. Рубцов