



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

327

от 18 апреля 2013 года

Настоящий аттестационный паспорт устанавливает назначение и область применения программного средства

ANSYS (версии 12.1, 13.0, 14.0)

которые указаны в разделе 2 приложения к настоящему аттестационному паспорту.

Аттестационный паспорт предоставлен

**Открытому Акционерному Обществу «Опытное Конструкторское
Бюро Машиностроения имени И.И.Африкантова».** Юридический
адрес: 603074, Россия, г. Нижний Новгород, Бурнаковский проезд, 15.

*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 № 327 от 18 апреля 2013 года

1 Общие сведения

1.1 Название программного средства (далее – ПС)

«ANSYS» (версии 12.1, 13.0, 14.0).

1.2 Заявитель ПС

Открытое Акционерное Общество «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения имени И.И.Африкантова», г. Нижний Новгород.

1.3 Организация-разработчик ПС

ANSYS Inc., USA.

1.4 Авторы ПС

Коллектив сотрудников ANSYS Inc., США.

1.5 Сведения о регистрации ПС и его компонентов

Программный комплекс ANSYS – регистрационный № 736 от 27.12.2011.

1.6 Основание для выдачи аттестационного паспорта программного средства:

«Программный комплекс ANSYS. Верификационный отчет. II редакция», Нижний Новгород, инв.№11899/11от.

Результаты экспертизы и решение Секции № 4 «Расчёты напряжённо-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

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

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

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

М.Д. Долотказин, к.т.н., ООО «ИЦП МАЭ»;

М.Г. Мощенко, ФБУ «НТЦ ЯРБ».

Экспертиза

2 Назначение и область применения ПС

2.1 Назначение ПС

Программное средство «ANSYS» предназначено для расчетов напряженно-деформированного состояния, собственных частот колебаний, устойчивости (критическая нагрузка) и параметров механики разрушения (K_1 и J-интеграл) для элементов активных зон реакторных установок и оборудования ОИАЭ из металлов и сплавов, расчеты в ПС на основе метода конечных элементов.

2.2 Область применения ПС по типу объекта использования атомной энергии

Программное средство «ANSYS» является универсальным программным средством и не привязано к конкретным объектам ОИАЭ.

2.3 Область применения ПС по моделируемым режимам

Режимы нормальной эксплуатации, нарушения нормальной эксплуатации, аварийные ситуации с учетом динамических воздействий (включая сейсмические, вибрационные и ударные) на оборудование и элементы активных зон.

2.4 Область применения ПС по параметрам расчета

Применение ПС аттестуется для следующих типов конечных элементов (КЭ):

LINK1	– двумерный стержень;
PIPE 16	– двухузловой трубный элемент;
PIPE20	– трехузловой трубный элемент;
BEAM23	– двумерная пластическая балка;
BEAM24	– трехмерная тонкостенная пластическая балка;
BEAM54	– клиновидная балка с несимметричным сечением;
BEAM189	– трехмерная балка произвольного поперечного сечения.
PLANE2	– двумерный треугольный твердотельный 6-узловой элемент;
PLANE42	– двумерный прочностной твердотельный 4-узловой р-элемент;
PLANE82	– двумерный прочностной твердотельный 8-узловой элемент;
PLANE145	– двумерный прочностной твердотельный 8-узловой р-элемент;
PLANE146	– двумерный прочностной твердотельный 6-узловой треугольный р-элемент;
MASS21	– трехмерная сосредоточенная масса;
CONTAC12	– двухмерный элемент контакта “точка-точка”;
CONTAC26	– элемент контакта “точка-жесткое основание”;
CONTAC48	– элемент контакта “точка-поверхность” с учетом температуры;
CONTAC52	– трехмерный элемент контакта “точка-точка”;
COMBIN14	– амортизатор;
COMBIN39	– нелинейная пружина;
COMBIN40	– трехмерный комбинированный пружинный элемент;
COMBIN165	– трехмерный 2-узловой пружинный амортизатор;
SHELL43	– трехмерный оболочечный элемент с конечными пластическими деформациями;
SHELL51	– трехмерный 2-узловой осесимметричный оболочечный элемент с кручением;
SHELL61	– двумерный осесимметричный гармонический оболочечный элемент;

SHELL63	– трехмерный упругий оболочечный элемент;
SHELL143	– трехмерный пластический оболочечный элемент 4-узловой;
SOLID45	– трехмерный прочностной твердотельный элемент;
SOLID73	– трехмерный прочностной твердотельный со степенями поворота 8-узловой элемент;
SOLID92	– трехмерный прочностной четырехгранный твердотельный 10-узловой элемент;
SOLID95	– трехмерный прочностной твердотельный 20-узловой элемент;
SOLID147	– трехмерный прочностной твердотельный 20-узловой р-элемент;
SOLID148	– трехмерный прочностной четырехгранный твердотельный 10-узловой р-элемент;
SOLID164	– прочностной твердотельный 8-узловой элемент;
SOLID185	– трехмерный прочностной твердотельный 8-узловой элемент;
SOLID186	– трехмерный прочностной твердотельный 20-узловой элемент;
SOLID187	– трехмерный прочностной четырехгранный твердотельный 10-узловой элемент;
SURF153	– прочностной элемент для моделирования поверхностных эффектов.

Указанные типы КЭ не используются для решения задач теплопроводности.

Возможность ПС для расчетов термомеханических процессов внутри твэлов не аттестуется.

2.5 Погрешность, обеспечиваемая ПС в области его применения

Относительная погрешность приведенных в верификационном отчете расчетов с применением ПС не превышает:

- 6 % - для статических расчетов параметров напряженно-деформированного состояния в линейной постановке;
- 12 % - для статических расчетов параметров напряженно-деформированного состояния в нелинейной постановке;
- 18 % - для расчетов собственных частот колебаний;
- 10 % - для динамических расчетов параметров напряженно-деформированного состояния;
- 6 % - для расчетов параметров устойчивости (критическая нагрузка);
- 6 % - для расчетов параметров механики разрушения (K_I и J -интеграл).

При практических расчетах конструкций погрешность получаемых результатов определяется суммой указанных выше погрешностей и:

- погрешностей исходных данных о физико-механических характеристиках материалов;
- погрешностей исходных данных о геометрических характеристиках, граничных условиях и параметрах нагружения.

3 Сведения о методиках расчета, реализованных в ПС

3.1 В расчетной модели ПС применяется метод конечных элементов (МКЭ) - численный метод дискретизации конструкций по пространственным переменным. Определяются перемещения, напряжения и т.д. в конструкциях от действия статических условий нагружения. Система совместных линейных уравнений, полученная МКЭ, решается методом прямого исключения или итерационным методом.

Для статических условий ПС обеспечивает проведение анализа нелинейностей, таких как пластичность, ползучесть, их комбинация, ортотропия физико-механических характеристик, большие деформации, контакт поверхностей. Для учета физической и геометрической нелинейности используется метод Ньютона-Рафсона, при котором для получения нелинейного решения выполняется разбиение полной нагрузки на этапы нагружения. На каждом этапе решения происходит исправление матрицы жесткости. Перед началом решения вычисляется невязка решения - вектор неуравновешенных сил, т.е. разность между восстанавливающими силами (нагрузками, соответствующими напряжениям в элементе) и приложенными нагрузками. Затем на основе этой невязки выполняется уточнение решения и проверяется условие сходимости. Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнута сходимость решения.

3.2 В ПС реализован модальный анализ в качестве линейной процедуры при этом любые нелинейности, даже если они заданы, игнорируются. В ПС применяются:

- блочный метод Ланцоша, который использует метод вычислений для разреженных матриц масс и жесткости;
- метод интегрирования подпространства, который использует обобщенный алгоритм Якоби, работающий с полными матрицами масс и жесткости;
- метод решения задач с демпфированием, использующий алгоритм Ланцоша. В нем используются полные матрицы масс и жесткости, а также матрица затухания.

ПС позволяет провести модальный анализ для предварительно напряженных конструкций.

3.3 Для решения задач динамического анализа в ПС применяются:

- полный метод - использует систему матриц для вычисления динамического отклика и позволяет учитывать все виды нелинейностей (пластичность, большие сдвиги, большие деформации и т.д.);
- усеченный метод - позволяет уменьшить размер задачи путем использования главных степеней свободы и редуцированных матриц.

Кроме того, для решения динамических задач при ударном нагружении в ПС используется модуль ANSYS/LS-DYNA, сочетающий явные и неявные методы динамического анализа. В ПС реализован метод с явным интегрированием, при котором применяется метод центральных разностей, когда ускорение полагается постоянным в пределах шага.

3.4 ПС обеспечивает проведение гармонического анализа для определения отклика линейной модели на нагрузки, изменяющиеся во времени по синусоидальному (гармоническому) закону. Вычисляется отклик на нескольких частотах в виде функции некоторой выходной характеристики (обычно

Экспертиза

перемещения) от частоты. Данный метод применим для линейных моделей и только для установившихся вынужденных колебаний системы.

При гармоническом анализе в ПС применяется полный метод, использующий для вычисления отклика системы полных матриц. Матрицы могут быть симметричными и несимметричными.

3.5 При проведении по ПС спектрального расчета результаты расчета собственных колебаний используются совместно с заданным спектром возбуждения для определения перемещений и напряжений в расчетной модели. В ПС применяется метод спектрального отклика модели рассчитываемого объекта (с возбуждением в одной или нескольких точках).

3.6 Для анализа устойчивости конструкций в ПС применяется метод оценки собственных значений, при расчете которого определяется значение нагрузки, вызывающей потерю устойчивости, для идеальной линейной упругой конструкции (появление смежных равновесных форм в точке бифуркации). Этот метод соответствует классическому подходу к определению критических нагрузок.

3.7 Проводимый по ПС расчет задач механики разрушения включает выполнение линейного упругого или упругопластического статических расчетов с определением параметров разрушения - коэффициента интенсивности напряжений (КИН) K_1 , вычисляемый через перемещения берегов трещины, и J -интеграл, вычисляемый с помощью метода объемного интегрирования.

4 Дополнительная информация

Все физико-механические, геометрические и жесткостные характеристики задаются явно в исходных данных.

5 Пользователи ПС

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

Открытое Акционерное Общество «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения имени И.И. Африкантова» (ОАО «ОКБМ Африкантов»);

Открытое Акционерное Общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А.Бочвара» (ОАО «ВНИИНМ»);

Открытое Акционерное Общество «Научно-производственное объединение Центральный котлотурбинный институт имени Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ им. Ползунова»);

Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского» (ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ»);

Открытое Акционерное Общество «Атоммашэкспорт» (ОАО «Атоммашэкспорт»);

Открытое Акционерное Общество «Центральное конструкторское бюро машиностроения» (ОАО «ЦКБМ»);

Открытое Акционерное Общество «Силовые машины» (ОАО «Силовые машины»);

Закрытое Акционерное Общество «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектный институт строительных металлоконструкций им. Н.П. Мельникова» (ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»);

Открытое Акционерное Общество «Пролетарский завод» (ОАО «Пролетарский завод»);

Федеральное государственное унитарное предприятие «Крыловский государственный научный центр» (ФГУП «Крыловский государственный научный центр»);

Открытое акционерное общество «Московское Центральное конструкторское бюро арматуростроения» (ОАО «МосЦКБА»);

Открытое акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (ОАО «ВНИИАЭС»).

Ученый секретарь
экспертного Совета по аттестации
программных средств
при Ростехнадзоре


С.А. Шевченко

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


В.С. Рубцов

Экспертиза

УТВЕРЖДАЮ
Председатель
экспертного Совета по аттестации
программных средств при Ростехнадзоре



С.Н. Богдан

2016 г.

**Дополнение № 6 к приложению аттестационного паспорта от 18.04.2013
№ 327 программного средства «ANSYS»**

Дата введения в действие: с момента утверждения.

Основание: предложение АО «ОКБМ Африкантов» (письмо от 21.11.2016 № 041-50.2/19713).

СОДЕРЖАНИЕ ДОПОЛНЕНИЯ

Раздел 5 «Пользователи ПС» приложения к аттестационному паспорту дополнить следующей информацией:

Общество с ограниченной ответственностью «ЦКТИ-Вибросейсм» (ООО «ЦВС»).

Ученый секретарь экспертного Совета
по аттестации программных средств
при Ростехнадзоре

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

С.А. Шевченко

В.С. Рубцов