



Федеральная служба
по экологическому, технологическому и атомному надзору
(Ростехнадзор)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ ПО АТТЕСТАЦИИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ПРИ РОСТЕХНАДЗОРЕ



АТТЕСТАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА

Регистрационный номер

413

от 08 декабря 2016 года

Настоящий аттестационный паспорт устанавливает назначение и область применения программного средства

«ANSYS модуль Mechanical APDL» (версия 14.5),

которые указаны в разделе 2 Приложения к настоящему аттестационному паспорту.

Аттестационный паспорт предоставлен

Акционерному обществу «Атомэнергoproject» (АО «Атомэнергoproject»).

юридический адрес: 107996, Россия, г. Москва, ул. Бакунинская, д. 7, стр. 1.

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

Срок действия аттестационного паспорта

до 08 декабря 2026 года

Председатель экспертного Совета
по аттестации программных средств
при Ростехнадзоре, к.т.н.



С.Н. Богдан

ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK



Система
менеджмента
ISO 9001:2008
www.tuv.com
ID 9105068067



ПРИЛОЖЕНИЕ
к аттестационному паспорту программного средства
№ 413 от 08 декабря 2016 года

1 Общие сведения

1.1 Название программного средства (далее – ПС)

«ANSYS модуль Mechanical APDL» (версия 14.5).

1.2 Организация-разработчик ПС

ANSYS Inc., USA.

1.3 Сведения о регистрации ПС и его компонентов

ПС «ANSYS, модуль Mechanical APDL» (версия 14.5) зарегистрировано в ОФАП-ЯР под № 827 от 24.11.2015.

1.4 Основание для выдачи аттестационного паспорта программного средства

Обращение АО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ» письмо от 17.09.2014 № 02-01/36892/6504

Лицензионное соглашение № 662101 от 22 августа 2011 г. между ANSYS Inc. и АО «Атомэнергопроект».

Выполнение тестовых расчетов с применением модуля Mechanical ПС ANSYS для верификации и аттестации вычислительного комплекса ANSYS. 01.PA.0.0.OO.NIR.NSP004. – Отчет АО «Атомэнергопроект» инв. № 450/НИР. – Москва. – 2016. – 275 с.

Анализ и оценка материалов, обосновывающих применение программного средства «ANSYS» (версия 14.5)». – Отчет ФБУ «НТЦ ЯРБ» № АО-81/2015. – Москва. – 2015. – 52 с.

Рекомендация секции № 6 «Расчеты строительных конструкций ОИАЭ и их реакции на внешние воздействия» экспертного Совета по аттестации программных средств при Ростехнадзоре о составе группы экспертов (протокол заседания от 29.05.2014 № С6-1/2014) и решение секции № 6 об утверждении результатов экспертизы (протокол заседания от 22.11.2016 № 4/с6-2016).

Решение экспертного Совета по аттестации программных средств при Ростехнадзоре (протокол заседания от 08.12.2016 № 69).

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

1.5 Эксперты, проводившие экспертизу ПС

А.М. Белостоцкий, д.т.н., МГСУ;

С.С. Нефедов, к.т.н., ФБУ «НТЦ ЯРБ»;

В.С. Рубцов, к.т.н., ФБУ «НТЦ ЯРБ»;

В.В. Турилов, к.т.н., АО «НИАЭП»;

Г.С. Шульман, д.т.н., АО «АТОМПРОЕКТ».

2 Назначение и область применения ПС

2.1 Назначение ПС

Расчет строительных конструкций ОИАЭ, в том числе:

расчет перемещений, деформаций, напряжений и внутренних усилий, возникающих в сечениях строительных конструкций, при силовых и температурных статических воздействиях;

расчет строительных конструкций на динамические воздействия, включая сейсмические, в том числе заданные в виде акселерограмм, с определением перемещений, скоростей, ускорений, напряжений, усилий в зависимости от времени;

определение частот и форм собственных колебаний строительных конструкций;

расчет строительных конструкций на устойчивость;

гармонический анализ установившихся вынужденных колебаний;

динамический расчет строительных конструкций при отказе несущего конструктивного элемента;

расчет спектров ответа;

расчет металлических конструкций с учетом развития пластического деформирования (физически и геометрически нелинейная работа).

2.2 Область применения ПС по типу объекта использования атомной энергии

Строительные конструкции зданий и сооружений ОИАЭ различных типов.

2.3 Область применения ПС по моделируемым режимам

Режимы нормальной эксплуатации, нарушения нормальной эксплуатации, проектные и запроектные аварии, сопровождающиеся внешними воздействиями природного и техногенного происхождения (сейсмические, динамические воздействия от летящих предметов, удар самолета и действие воздушной ударной волны), а также отказ ключевого элемента здания или сооружения.

2.4 Область применения ПС по условиям и параметрам расчета

Верификация ПС проведена для конечных элементов, перечисленных в таблице. Учет физической нелинейности проводится с использованием модели материала с билинейным кинематическим упрочнением.

ПС не аттестуется применительно к расчёту бетонных и железобетонных конструкций в нелинейной области.

Таблица. Конечные элементы, для которых проведена верификация ПС

Обозначение конечного элемента	Тип конечного элемент
LINK180	Пространственный стержневой элемент, имеет одну ось и может воспринимать растяжение и сжатие, а также только растяжение или только сжатие; имеет три степени свободы в каждом узле

Обозначение конечного элемента	Тип конечного элемент
BEAM188	Пространственный линейные элемент балки, имеющий три узла; один из узлов определяет ориентацию поперечного сечения элемента; в элементе учитывается сдвиг и деформация
BEAM189	Пространственный квадратичный элемент балки, имеющий четыре узла, три из которых лежат на оси элемента, четвертый – узел ориентации поперечного сечения; в элементе учитывается сдвиг и деформация
MASS21	Узловой элемент сосредоточенной массы; определяется единственным узлом, компонентами сосредоточенной массы в направлении осей координат и моментами инерции относительно узловой системы координат
COMBIN14	Амортизатор, двухузловой линейный конечный элемент
COMBIN40	Элемент, комбинирующий свойства пружины и демпфера, имеет два узла, по одной степени свободы в каждом
SHELL181	Пространственный четырехузловой оболочечный элемент, каждый узел обладает шестью степенями свободы; в элементе реализуется теория оболочек Миндлина-Рейсснера
SHELL281	Пространственный восьмиузловой оболочечный элемент, в котором реализована теория оболочек Миндлина-Рейсснера и учет деформаций поперечного сдвига; элемент используют для расчета тонких или среднетолщинных оболочек
SOLID185	Пространственный восьмиузловой объемный элемент

2.5 Погрешность, обеспечиваемая ПС в области его применения

Относительные отклонения результатов расчетов по ПС в тестовых задачах от экспериментальных данных и результатов альтернативных расчетов не превышают указанных ниже значений.

Для линейных расчетов на статические нагрузки:

4 % – при определении углов поворота и перемещений;

5 % – при определении напряжений;

10 % – при определении усилий.

При определении собственных частот и форм колебаний в энергетически значимом частотном диапазоне и решении задач линейной устойчивости – 8 %.

При выполнении гармонического анализа установившихся вынужденных колебаний – 10 %.

При решении задач с применением линейно-спектральной теории сейсмостойкости:

0,5 % – для внутренних усилий;

0,5 % – для напряжений.

При выполнении линейных динамических расчетов строительных конструкций по методу прямого интегрирования уравнений движения:

10 % – по перемещениям и углам поворота;

10 % – по ускорениям;

10 % – по напряжениям;

11 % – по усилиям.

При выполнении расчетов, связанных с определением несущей способности металлических строительных конструкций по величине предельной нагрузки – 36 % (определено путем сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными).

При нелинейном расчете металлических строительных конструкций на отказ одного из ключевых несущих элементов:

15 % – по перемещениям;

5 % – по пластическим деформациям;

10 % – по напряжениям.

При расчете спектров ответа – 8 %.

3 Сведения о методиках расчета, реализованных в ПС

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

Для задач линейной статики решение системы линейных алгебраических уравнений осуществляется прямым разреженным или итерационным методом сопряженных градиентов с предобуславливанием системы линейных алгебраических уравнений.

Задача поиска собственных значений для определения собственных частот и форм колебаний, критических нагрузок и форм потери устойчивости решается на основе либо прямого блочного метода Ланцоша или итерационного PCG-Ланцоша метода.

Уравнения движения при решении задач гармонического анализа с установившимися колебаниями решаются на основе интегрирования уравнений движения или метода разложения по собственным формам колебаний.

Решение задач расчета строительных конструкций ОИАЭ на динамические воздействия выполняется с использованием интегрирования уравнений движения по методу Ньюмарка (непосредственное интегрирование уравнений движения по неявной схеме) или с использованием метода модальной суперпозиции.

Решение нелинейных статических и динамических задач реализовано по методу Ньютона-Рафсона.

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

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

5 Дополнительная информация

При верификации ПС «ANSYS модуль Mechanical APDL» (версия 14.5) проведена кросс-верификация с ПС «ABAQUS 6.7» (аттестационный паспорт от № 278 от 13.05.2010).

ПС «ANSYS модуль Mechanical APDL» (версия 14.5) аттестовано в Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) для решения задач по определению статического и динамического напряженно-деформированного состояния конструкций, зданий и сооружений (свидетельство РААСН от 10 июля 2009 года № 02/ANSYS/2009).

6 Пользователи ПС

Пользователями ПС являются специалисты следующих организаций, прошедшие обучение по применению ПС:

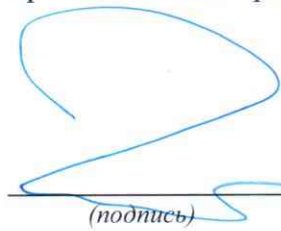
АО «Атомэнергопроект»;

АО «НИАЭП»;

АО «Атомстройэкспорт»;

АО «АТОМПРОЕКТ».

Ученый секретарь
экспертного Совета
по аттестации программных средств
при Ростехнадзоре, к.т.н.



(подпись)

С.А. Шевченко

Председатель секции № 6 «Расчеты
строительных конструкций и их
реакций на внешние воздействия»
экспертного Совета по аттестации
программных средств при
Ростехнадзоре, к.т.н.



(подпись)

С.С. Нефедов

Экспертный Совет по аттестации программных средств при Ростехнадзоре