

ANSYS Mechanical. МАТРИЦА ВЕРИФИКАЦИИ

| N | Наименование теста | Сочетание нагрузок / воздействий | Тип проверки результатов | Конечные элементы | Оцениваемые параметры | Погрешность (расхождение), % |
|---|---|--|--------------------------|-------------------|---|------------------------------|
| 1 | Собственные частоты и формы колебаний шарнирно опертой короткой балки | Частотный анализ | NAFEMS | BEAM44 | Собственные частоты | 1,39 |
| | | | | BEAM188 | | 0,47 |
| | | | | BEAM189 | | 0,72 |
| 2 | Определение собственных частот и форм колебаний шарнирно опертой квадратной плиты | Частотный анализ | NAFEMS | SHELL181 | Собственные частоты | 3,270 |
| | | | | SOLID185 | | 13,241 |
| | | | | SOLID186 | | 4,488 |
| | | | | SOLID187 | | 6,760 |
| | | | | SHELL281 | | 3,894 |
| 3 | Статический расчёт НДС Z-образной балки с учётом больших перемещений | Сосредоточенная статическая нагрузка | NAFEMS | SHELL181 | Вертикальные перемещения | 0,08 |
| | | | | SOLID185 | | 0,66 |
| | | | | BEAM188 | | 0,01 |
| | | | | BEAM189 | | 0,01 |
| | | | | SOLISH190 | | 0,48 |
| | | | | SHELL281 | | 0,35 |
| 4 | Крутильная потеря устойчивости консоли при действии поперечной силы | Сосредоточенная статическая нагрузка | NAFEMS | SHELL181 | Критическая сила | 0,4885 |
| | | | | SOLID185 | | 4,5436 |
| | | | | BEAM188 | | 0,4940 |
| | | | | BEAM189 | | 0,4981 |
| | | | | SOLISH190 | | 4,5436 |
| | | | | SHELL281 | | 0,9676 |
| 5 | Большие перемещения упругой сферической оболочки при нагружении давлением | Распределённая статическая нагрузка (давление) | NAFEMS | SHELL181 | Критические значения давления | 10,69929 |
| | | | | SOLID185 | | 14,94680 |
| | | | | SOLSH190 | | 16,22342 |
| | | | | SHELL281 | | 8,39963 |
| 6 | Статическое плоское напряженное состояние эллиптической пластины | Распределённая статическая нагрузка (давление) | NAFEMS | PLANE42 | Тангенциальные напряжения | 36,551 |
| | | | | PLANE82 | | 15,568 |
| | | | | PLANE182 | | 28,019 |
| | | | | PLANE183 | | 15,568 |
| 7 | Физически и геометрически нелинейная динамическая задача. Определение длины алюминиевого цилиндра после соударения с жёсткой границей | Начальное перемещение (скорость) | (3), (4) | PLANE2 | Длина цилиндра после соударения | 6,473 |
| | | | | PLANE82 | | 6,421 |
| | | | | VISCO106 | | 6,466 |
| | | | | PLANE182 | | 7,714 |
| | | | | PLANE183 | | 6,680 |
| 8 | Цилиндрическая панель под действием собственного веса | Собственный вес | (2), (3) | SHELL43 | Вертикальные перемещения, продольные и кольцевые напряжения | 15,632 |
| | | | | SHELL63 | | 32,637 |
| | | | | SHELL93 | | 8,519 |
| | | | | SHELL181 | | 13,688 |
| | | | | SHELL281 | | 12,883 |

| N | Наименование теста | Сочетание нагрузок / воздействий | Тип проверки результатов | Конечные элементы | Оцениваемые параметры | Погрешность (расхождение), % |
|----|--|---|--------------------------|-------------------|--|------------------------------|
| 9 | Теплопередача конвекцией | Температура, конвективный теплообмен | NAFEMS | PLANE35 | Температура | 9,84 |
| | | | | PLANE55 | | 22,40 |
| | | | | PLANE77 | | 10,38 |
| 10 | Статический расчёт шарнирно опёртой балки | Равномерно распределённая статическая нагрузка | (1), (3) | BEAM3 | Максимальное нормальное напряжение и перемещение | 0,291 |
| 11 | Цилиндрическая оболочка под действием статических сосредоточенных нагрузок | Сосредоточенная статическая нагрузка | (3) | SHELL93 | Радиальное перемещение в точке приложения силы | 0,171 |
| | | | | SHELL150 | | 0,844 |
| | | | | SHELL181 | | 3,501 |
| | | | | SHELL281 | | 0,209 |
| 12 | Пластическое сжатие соосных труб | Начальное перемещение | (1), (3) | PIPE20 | Суммарные значения узловых сил | 0,477 |
| | | | | SHELL43 | | 0,046 |
| | | | | SOLID45 | | 0,182 |
| | | | | SHELL181 | | 0,046 |
| | | | | SOLID185 | | 0,182 |
| 13 | Внецентренно сжатый стержень с учётом больших перемещений | Сосредоточенная статическая нагрузка | (1), (3) | BEAM54 | Горизонтальные перемещения, max и min напряжения (осевое + изгибное) | 0,387 |
| 14 | Спектральный расчёт случайных колебаний шарнирно опёртой балки | Случайная динамическая равномерно распределённая нагрузка | NAFEMS | BEAM4 | Спектральный отклик конструкции и его пиковые значения | 0,875 |
| 15 | Контактный элемент с трением – скольжение тела по наклонной плоскости | Сосредоточенная статическая нагрузка | (1), (3) | CONTAC12 | Нормальную силу и касательную силу трения | 0,00164 |
| 16 | Статический расчёт вантовой системы с учётом больших перемещений | Сосредоточенная статическая нагрузка | (1), (3) | LINK10 | Горизонтальная и вертикальная реакция опоры, усилие в ванте | 0,058 |
| 17 | Пластическое нагружение толстостенного цилиндра | Распределённая статическая нагрузка (внутренне давление) | (1), (3) | PLANE42 | Радиальные, тангенциальные (кольцевые), эквивалентные (по Мизесу) напряжения | 2,207 |
| | | | | SOLID45 | | 2,853 |
| 18 | Собственные частоты перекрёстно армированной многослойной оболочки | Частотный анализ | (3) | SHELL99 | Первая (низшая) собственная частота | 0,419 |
| | | | | SHELL281 | | 0,428 |

| N | Наименование теста | Сочетание нагрузок / воздействий | Тип проверки результатов | Конечные элементы | Оцениваемые параметры | Погрешность (расхождение), % |
|----|--|--|--------------------------|----------------------------|--|------------------------------|
| 19 | Сейсмический отклик балки по линейно-спектральной теории | Сейсмическое воздействие (смещение, ускорение) | (1), (3) | BEAM3 | 1-я собственная частота, вертикальные перемещения, max нормальное напряжение | 1,251 |
| 20 | Декремент колебаний осциллятора | Сосредоточенная нагрузка (соответствует начальному смещению) | (1), (3) | COMBIN40 | Декремент колебаний, период собственных колебаний с учетом затухания | 0,503 |
| 21 | Гармонический отклик гитарной струны | Сосредоточенная статическая нагрузка | (1), (3) | LINK1 | 1-я собственная частота | 0,042 |
| 22 | Физически нелинейная задача. Релаксация напряжений в растянутом болте, вызванная ползучестью | Температура, начальное напряжение | (1), (3) | LINK1 | Осевые напряжения | 0,11 |
| 23 | Пластический изгиб защемлённой двутавровой балки | Распределённая статическая нагрузка | (1), (3) | BEAM24 | Перемещения, опорный и пролётный моменты, состояние материала на опоре и в пролете | 3,117 |
| 24 | Изгиб балки на упругом основании | Сосредоточенная статическая нагрузка | (1), (3) | BEAM54 | Вертикальные перемещения | 0,06556 |
| 25 | Концентрация напряжений в пластине с отверстием | Распределённая статическая нагрузка (давление) | (1), (3) | PLANE42 | Напряжения | 1,493 |
| | | | | PLANE146 | | 3,251 |
| | | | | PLANE183 | | 9,874 |
| 26 | Деформирование ортотропного тела | Сосредоточенная статическая нагрузка | (3) | SOLID185 | Перемещения | 0,00020 |
| 27 | Изгиб железобетонной балки с образованием трещин | Сосредоточенная статическая нагрузка | (1), (3) | SOLID65 LINK8 PIPE16 | Осевые напряжения в арматуре, напряжения в бетоне | 0,330 |
| 28 | Оптимизации формы консольной балки | Сосредоточенная статическая нагрузка | (3) | PLANE42 | Объём, максимальные напряжения и перемещения | 0,866 |
| 29 | Оптимизации рамной конструкции | Сосредоточенная статическая нагрузка | (2), (3) | BEAM3 | Объём, ширина стержней | 1,320 |
| 30 | Фильтрация грунтовых вод | Грунтовые воды | (2), (3) | PLANE55 | Расход потока грунтовых вод (на радиан окружности кессона) | 0,092 |

| N | Наименование теста | Сочетание нагрузок / воздействий | Тип проверки результатов | Конечные элементы | Оцениваемые параметры | Погрешность (расхождение), % |
|----|--|---|--------------------------|---|---|------------------------------|
| 31 | Контакт между двумя цилиндрами (Задача Герца) | Распределённая статическая нагрузка | (3) | PLANE42 CONTA175 TARGE169 | Вертикальное перемещение, ширина зоны контакта | 0,781; 3,256 |
| | | | | SOLID45 CONTA175 TARGE170 | | 0,616; 3,256 |
| | | | | PLANE182 CONTA175 TARGE169 | | 0,041; 3,256 |
| | | | | SOLID185 CONTA175 TARGE170 | | 0,228; 3,256 |
| 32 | Физически и геометрически нелинейная задача – сжатие резинового цилиндра между двумя плитами | Начальное перемещение | (3) | PLANE182 CONTA175 TARGE169 | Вертикальное перемещение | 6,403 |
| | | | | SOLID185 CONTA175 TARGE170 | | 6,481 |
| 33 | Геометрически нелинейная задача – потеря устойчивости рамы из плоскости | Сосредоточенная статическая нагрузка | (1), (3) | BEAM188 | Критическая сила | 2,172 |
| | | | | BEAM189 | | 2,251 |
| 34 | Кручение балки открытого профиля (учет деформации) | Равномерно распределённая статическая нагрузка (момент) | (2), (3) | BEAM188 | Поворот относительно оси X | 1,003 |
| | | | | BEAM189 | | 1,137 |
| 35 | Циклическое нагружение резинового блока (модель Огдена, физически и геометрически нелинейная задача) | Циклическое нагружение (смещение опор) | (2), (3) | SOLID185 | Напряжения Коши | 0,318 |
| 36 | Расслоение двойной консольной балки | Начальное перемещение | (2), (3) | PLANE182 INTER202 | Реакция, вертикальные перемещения | 1,199 |
| 37 | Определение коэффициента интенсивности напряжений | Растягивающее напряжение | (3), (4) | PLANE183 | Коэффициент интенсивности напряжений | 2,059 |
| | | | | SOLID185 | | |
| 38 | Динамический анализ геометрически нелинейной стержневой системы | Сосредоточенная динамическая нагрузка | (2), (3) | BEAM188 MPC184 MASS21 | Время, перемещения (вертикальные, горизонтальные), усилие | 4,912 |
| | | | | BEAM188 MASS21 CONTA176 TARGE170 | | 4,893 |

Примечание

- (1) – сравнение с аналитическим решением;
- (2) – сравнение с альтернативными ПС;
- (3) – данные из литературных источников;
- (4) – эксперимент;
- (5) – в примере анализируется сходимость решения в зависимости от качества сетки.