



Якимчик Татьяна Сергеевна
Аспирант
БелГУТ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ

تطبيق طرق العناصر المحددة لحل مشكلات الميكانيكا الإنشائية

Аннотация: в работе выполнено исследование возможностей инженерного программного комплекса ANSYS для решения задач строительной механики; произведено сравнение результатов, полученных аналитическим и численным методами, а также анализ суммарных временных затрат на решение статических задач о равновесии фермы.

Ключевые слова: ферма из жестких элементов, численный расчет, компьютерное моделирование.

الخلاصة: تدرس هذه الدراسة قدرات حزمة برامج الهندسة ANSYS لحل المشاكل في الميكانيكا الإنشائية؛ تم إجراء مقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها بالطرق التحليلية والعديدية، بالإضافة إلى تحليل إجمالي تكاليف الوقت لحل المشاكل الثابتة على توازن الجمالون.

الكلمات المفتاحية: الجمالون المصنوع من عناصر صلبة، الحساب العددي، النمذجة الحاسوبية.



Гегедеш Марина Григорьевна
Декан Машиностроительный факультет, ГГТУ им. П.О. Сухого, к.т.н., доцент.

د. مارينا جريجوريفنا جيجديش
عميد كلية الهندسة الميكانيكية بجامعة سخوي الحكومية التقنية، أستاذ مشارك

Введение

Строительство почти любого многоэтажного объекта начинается с монтажа и установки башенного крана. Он используется в ходе всего строительного процесса – от возведения фундамента до формирования крыши. Секции башни представляют собой ферму из трубчатых элементов. Среди проблем, свойственных большинству башенных подъёмных устройств, наиболее серьезными являются усталостное разрушение конструкций, преждевременный износ, провисание ферм, опрокидывание и удары раскачивающегося груза от ветровой нагрузки.

Целью данной работы является исследование возможностей среды инженерного анализа ANSYS для расчетов плоских ферм. Указанный программный комплекс применялся различными авторами для решения задач, связанных с механикой строительных и иных конструкций, например, в [1, 2].

المقدمة

يبدأ تشييد أي مبنى متعدد الطوابق تقريباً بتجميع وتركيب رافعة برجية. يتم استخدامه في جميع مراحل عملية البناء – من بناء الأساس إلى تشكيل السقف. تتكون أقسام البرج من مجموعة من العناصر الأنبوبية. من بين المشاكل الكامنة في معظم أجهزة رفع الأبراج، فإن أخطرها هو فشل الهياكل بسبب التعب، والتآكل المبكر، وترهل العوارض، والانقلاب وتأثير الأحمال المتأرجحة من أحمال الرياح.

يهدف هذا العمل إلى التحقق من قدرات بيئة التحليل الهندسي أنسيس لحساب العوارض المسطحة. تم استخدام حزمة البرامج المحددة من قبل مؤلفين مختلفين لحل المشكلات المتعلقة بميكانيكا البناء والهياكل الأخرى، على سبيل المثال، في [1، 2].

Результаты и обсуждение

Расчетная схема плоской фермы, состоящей из жестких стержней, шарнирно связанных друг с другом, приведена на рисунке 1, а. Ферма удерживается в равновесии посредством вертикально ориентированного невесомого стержня в точке А и цилиндрического шарнира в точке В. К левому нижнему и правому верхнему узлам фермы приложены внешние сосредоточенные силы $F_1=30$ кН и $F_2=20$ кН.

Расчёты производились в ANSYS Mechanical APDL. Геометрическая компьютерная модель плоской фермы приведена на рисунке 1, б. Тип конечного элемента принимался Link180. Свойства материала стержней фермы соответствуют стали (модуль упругости $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$).

النتائج والمناقشة

يوضح الشكل 1، أ، مخطط تصميم الجمالون المسطح المكون من قضبان صلبة متصلة ببعضها البعض. يتم الحفاظ على الجمالون في حالة توازن عن طريق قضيب عديم الوزن موجه رأسياً عند النقطة A ومفصلة أسطوانية عند النقطة B. يتم تطبيق قوى مركزة خارجية $F_1 = 30$ كيلو نيوتن و $F_2 = 20$ كيلو نيوتن على العقد السفلية اليسرى والعلوية اليمنى للجمالون.

تم إجراء الحسابات باستخدام برنامج أنسيس APDL الميكانيكية. يظهر النموذج الهندسي الحاسوبي للجمالون المسطح في الشكل 1، ب. تم افتراض أن نوع العنصر المحدود هو Link180. تتوافق خصائص مادة قضبان الجمالون مع الفولاذ (معامل المرونة $E = 2.10^{11}$ باسكال، نسبة بواسون $\nu = 0.3$).

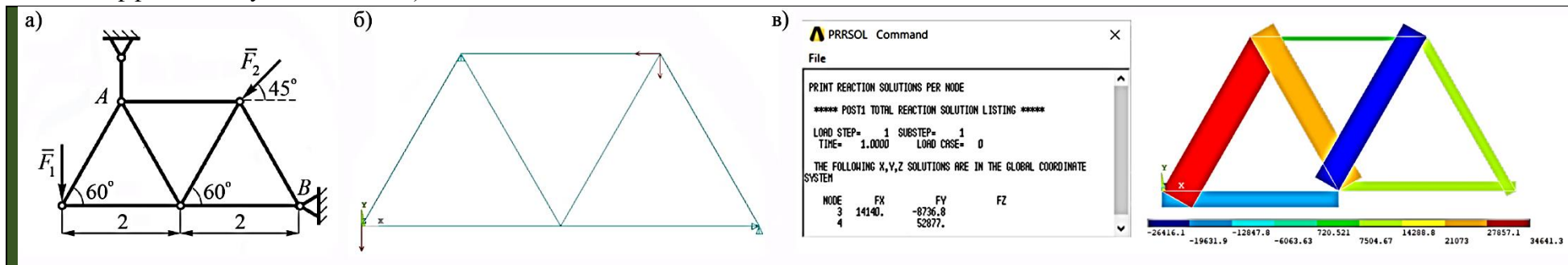


Рис. 1 – Расчетная схема(а), геометрическая модель(б) и результаты расчета для фермы в ANSYS Mechanical APDL

الشكل 1- مخطط حسابي (أ)، نموذج هندسي (ب) ونتائج حسابية للجمالون في برنامج ANSYS Mechanical APDL

В ходе компьютерного моделирования выполнен расчет реакций механических связей в точках А и В плоской фермы, а также построены эпюры внутренних усилий в стержнях (рисунок 1, в). Сравнение результатов численного расчета в ANSYS Mechanical APDL и аналитических стандартных вычислений ручным способом показал, что разница между результатами составляет до 0.0003%, что может быть объяснено погрешностями при округлениях. При этом ручной расчет занимает около 1 часа, а компьютерный (при вводе команд через интерфейс) – 0,25 часа.

أثناء النمذجة الحاسوبية، تم حساب ردود أفعال التوصليلات الميكانيكية عند النقطتين A و B للجمالون المسطح، وتم إنشاء مخططات القوى الداخلية في القضبان (الشكل 1، ج). أظهرت المقارنة بين نتائج الحساب العددي في برنامج أنسيس APDL الميكانيكية والحسابات المعيارية التحليلية اليدوية أن الفرق بين النتائج يصل إلى 0.0003%، والذي يمكن تفسيره بأخطاء التقريب. في هذه الحالة، يستغرق الحساب اليدوي حوالي ساعة واحدة، ويستغرق الحساب عبر الكمبيوتر (عند إدخال الأوامر عبر الواجهة) 0.25 ساعة.

Заклучение

Таким образом, применение компьютерных технологий, а именно инженерного программного комплекса ANSYS позволяет сократить временные затраты примерно на 75 % по сравнению с ручным расчетом. Кроме того, подобные вычисления можно автоматизировать, используя встроенный программный язык APDL, что позволит еще больше ускорить процесс статических расчетов плоских ферм, а также достаточно оперативно учитывать изменяющиеся в процессе эксплуатации крана внешние нагрузки, которые приложены к узлам башенной конструкции.

الخاتمة

وبذلك فإن استخدام تقنيات الكمبيوتر، وخاصة حزمة برامج الهندسة أنسيس، يسمح بتخفيض تكاليف الوقت بنحو 75% مقارنة بالحسابات اليدوية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أتمتة مثل هذه الحسابات باستخدام لغة البرمجة APDL المدمجة، مما سيعمل على تسريع عملية الحسابات الثابتة للعوارض المسطحة، بالإضافة إلى مراعاة الأحمال الخارجية التي تتغير أثناء تشغيل الرافعة ويتم تطبيقها على عقد هيكل البرج.

المراجع والمصادر

1. Alexandr Shimanovsky. Finite element modeling of contact interaction between spherical indenter and elastic-plastic body // Alexandr Shimanovsky, Mohammed H. Abdulkader, Maryna G. Kuzniatsova / Applied mechanics and materials. – 2016. – No 797. – С. 307–313.
2. Напрасников, В.В. Компьютерное конечно-элементное моделирование: уч. пособие в 2 ч. / В.В. Напрасников [и др.]. – Минск: БНТУ, 2021. – Ч.1. – С. 33–51.