

Итак, именно полное бетонное усиление корпусных деталей является условием для подъема динамической жесткости 5-осевого токарно-фрезерного станка.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Довнар С. С., Лапука А. Д.

Белорусский национальный технический университет
dovnar@bntu.by, penkina@bntu.by

Аннотация. МКЭ-анализ несущих систем тяжелых технологических машин показал перспективность внедрения здесь бионических форм. Колонны крупногабаритных станков могут быть усилены бионическими бетонными консолями с геометрией, воспроизводящей стволы деревьев. Интересным направлением является создание полей древовидных инерционных демпферов. Согласно МКЭ-анализу, такие поля хорошо противодействуют сразу нескольким резонансам в порталных станках. Должны возрасти точность технологических машин и качество поверхности.

摘 要。 通过有限元法对重型技术机器的承载系统进行的分析显示了在这里引入仿生形式的前景。大型机器的柱子可以用仿生混凝土控制台加固，其几何形状与树干相似。一个有趣的方向是创建树状惯性阻尼器场。根据有限元法的分析，这样的场很好地抵消了门式机床中的多个共振。技术机器的精度和表面质量必须提高。

Несущие системы (НС) технологических машин (ТМ) должны сочетать в себе жесткость и прочность при возможности регулирования массы для оптимизации динамического поведения. Под технологическими машинами понимаются стационарные производственные машины, включающие базу и интенсивно движущиеся при ней мобильные части, осуществляющие процессинг изделий. Вариантами ТМ являются станки (субтрактивные машины), 3D-принтеры (аддитивные машины), технологические роботы.

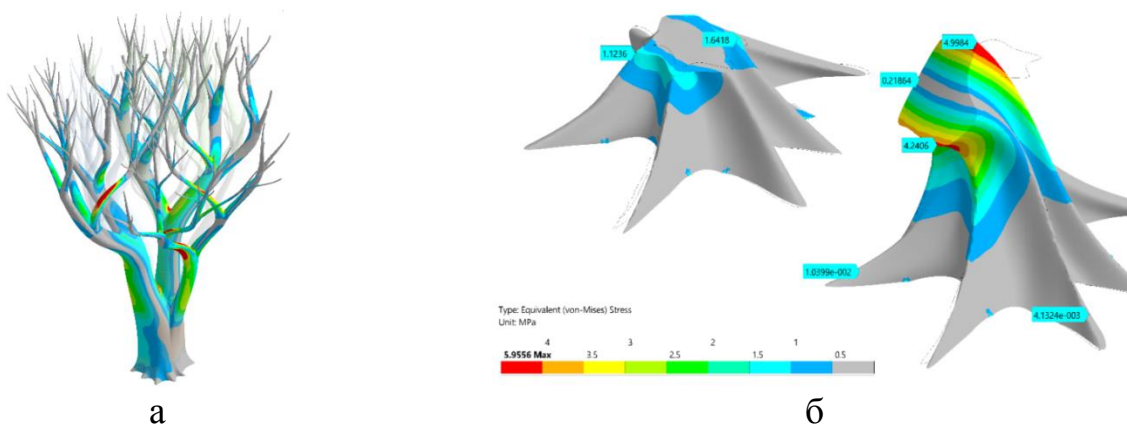


Рисунок 1 – Виртуальные испытания 3D-моделей бионических объектов:
а – нагруженные ветви дуба как консоли, близкие к равнопрочным;
б – напряженные stump-системы как геометрические прототипы для опор ТМ

Одним из современных направлений оптимизации НС для ТМ является применение бионических форм. В первую очередь рационально обратиться к биомиметике. Это перенос на технические объекты именно геометрии природных объектов. Учитывая подход варьирования массы при поддержании максимальной жесткости «HR-VM» (high rigidity – variable mass), наиболее перспективными для ТМ среди бионических решений являются формы из мира деревьев (рис. 1).

Особенно интересны древесные формы для усиления в ТМ разного рода подвижных колонн и стоек. Профили стволов и крупных ветвей деревьев (рис. 1, а) могут быть положены в основу бионических консолей (БК). Бионическая консоль может усиливать (рис. 2, а) подвижную обрабатывающую колонну сверлильно-фрезерно-расточного станка. Виртуальные испытания с помощью МКЭ показывают (рис. 2, б) примерно двукратную эффективность бетонной БК в повышении жесткости колонны станка при статическом восприятии изгиба и кручения.

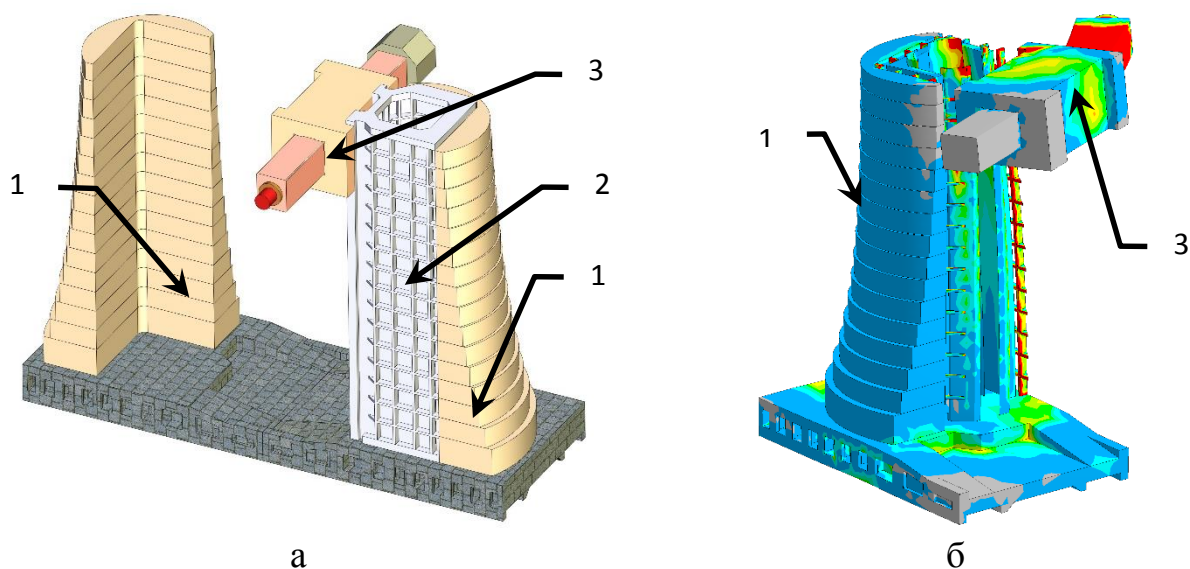


Рисунок 2 – Бионическое усиление подвижной колонны тяжелого многоцелевого станка с ЧПУ: а – бионическая бетонная консоль 1, поддерживающая колонну 2 и суппорт 3; б – МКЭ-испытание консоли на кручение и изгиб

Тяжелые крупногабаритные станки нуждаются также в эффективных опорах между станиной и фундаментом. Новым шагом здесь может стать внедрение *stump*-систем с геометрией из области опорных частей деревьев (рис. 1, б). *Stump*-системы в ходе виртуальных испытаний показывают способность к эффективному распределению усилий на фундамент при комбинированном нагружении изгибом и сжатием. Такие воздействия создают, например, технологические машины с подвижными порталами (рис. 3, б).

Интерес представляют системы древовидных демпферов для гашения резонансных колебаний порталов и стоек. На рис. 3, а представлено поле из инерционных гасителей (TMD – *tuned-mass dampers*), созданных по результатам

сканирования формы ствола штыковой юкки. Между экземплярами TMD внесен статистический разброс по форме и ориентации бионического изогнутого ствола, а также по удерживаемой вместо кроны массе (сферы на верхних концах стволов – рис. 3, а). Многократно изогнутый ствол представляется эффективным средством рассеяния колебательной энергии в ходе изгибных и крутильных колебаний. Ствол демпфера может быть выполнен на 3D-принтере или отлит из высокопрочного бетона типа УНРС.

Поле демпферов было виртуально размещено на портале тяжелого станка (рис.3, б). Проблемой НС у данной машины является близость по частоте нескольких резонансных мод портала (весьма разных по форме). Это создает в интервале частот 31–38 Гц диапазон, опасный для обработки. Здесь в исходном состоянии портала под действием осциллирующих сил резания возникают разнонаправленные раскачки. Их стимулирует кроссинг колебаний между близкими по частоте резонансами.

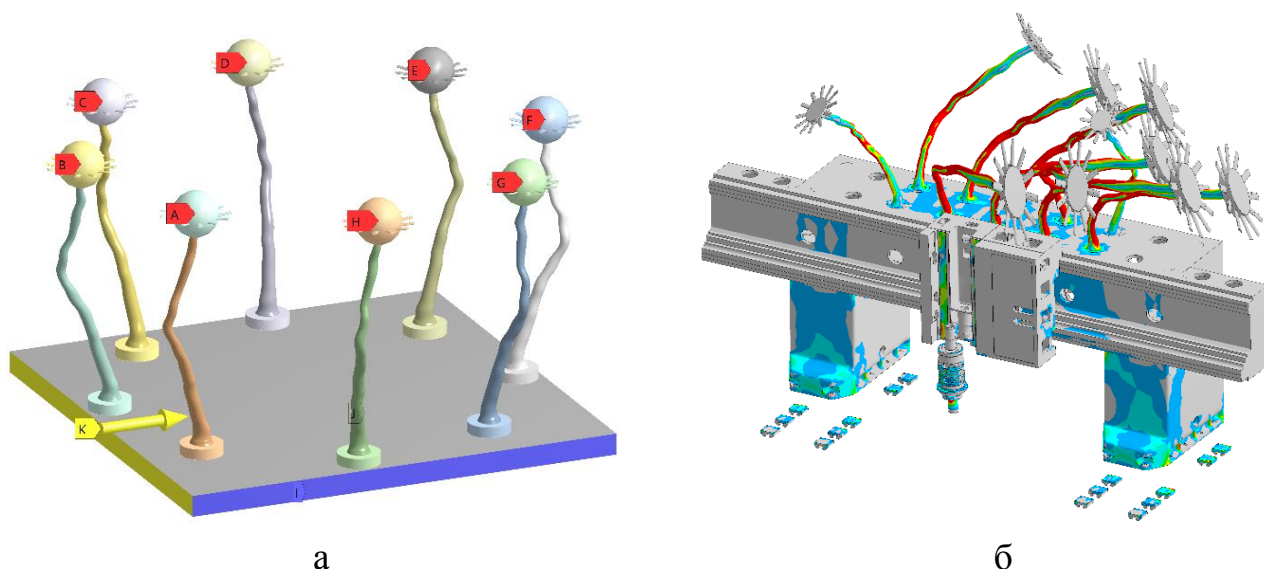


Рисунок 3 – Поле древовидных инерционных демпферов (а) и их виртуальные колебания (б) для ослабления резонансных осцилляций портала тяжелого продольно-фрезерного станка

Поле бионических демпферов активно реагирует на колебания портала по принципу антирезонанса. Демпферы, согласно МКЭ-анализу будут активно и несколько несогласованно колебаться, отбирая энергию сразу у всех возбуждаемых в портале резонансов. В результате сам портал остается достаточно стабильным. Точность фрезерования и качество обработанной поверхности детали должны улучшиться.

Итак, древовидные консольные структуры могут найти свои ниши в дизайне жестких и устойчивых к колебаниям технологических машин.