



Рисунок 3 – Типы связок

Таким образом, необходимо уделять внимание параметрам самого абразивного инструмента, в частности связкам.

**Список использованных источников:**

1. Горелов В. А. Разработка методов и средств эффективного выбора режимов резания труднообрабатываемых материалов на основе термосиловых характеристик процессов. Диссертация д.т.н.: 05.03.01 – Москва, 2007. – 384 с.

**УДК 621.9.011:517.962.1**

**МКЭ-ИСПЫТАНИЯ L-БАШНИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ АДДИТИВНО-СУБТРАКТИВНОГО СТАНКА**

Довнар С. С., Яцкевич О. К., Ланука А. Д., Шведова Д. Н., Аглушевич И. Ю.  
 Белорусский национальный технический университет  
 e-mail: stanislaw.dovnar@gmail.com

*Summary. Transferring of the medieval L-plan tower in to the machine tool L-column is discussed. Geometrical sample for hybrid (additive-subtractive) machine (ASM) is described. FEA is provided for L-column poured from UHPFRC. High stiffness of spindle units (up to 210 N/μm) is stated. Inner angle of the L-column is recommended for support placement. Ice filling increases L-column's rigidity in 1.46 times as well prevents heat propagation. It is proposed to use L-column for a portal-type ASM.*

Работа связана с развитием аддитивно-субтрактивных (гибридных) станков (АСС). Они требуют расположения на одной несущей системе (НС) шпиндельных узлов (SU) для сверлильно-фрезерно-расточных работ и лазерных головок (LU) для нанесения упрочняющих покрытий и термообработки.

В данной работе в соответствии с Грантом Министерства образования Республики Беларусь линию развития АСС сопрягают с линией применения исторических несущих систем ИНС (башен) для технологических машин.

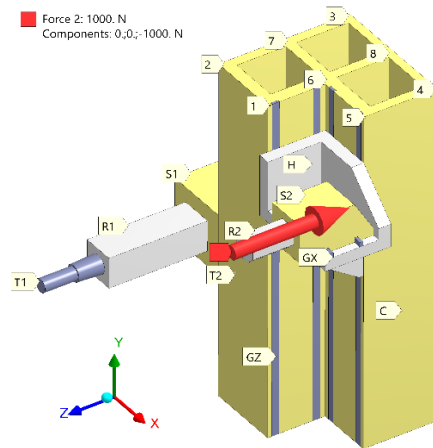
В качестве прототипа НС гибридного станка предлагается рассмотреть исторические L-образные в плане башни (рис. 1 а, б). Сохранность L-башен (L-towers) указывает на прочность и жесткость этого вида ИНС. Шаблон L-башни можно использовать для L-колонны АСС (рис. 1, в).



*a*



*б*



*в*

Рисунок 1 – Исторические L-башни (*a* – Clackmannan Tower; *б* – Gleninagh Castle) и (*в*) их преобразование в L-колонну современного АСС

Предлагается колонна (С на рис. 1, *в*) с L-профилем (1-2-3-4-5-6), усиленным внутренними стенками 6-7 и 7-8. По стене за гранью 2-7-3 перемещается вертикально (по Y) суппорт S1 с ползуном R1, выдвигающим инструмент T1 по Z. Во внутреннем угле L-колонны (1-6-5) может вертикально, по направляющим GZ, перемещаться кронштейн H с еще одним суппортом S2. Суппорт подвижен по X относительно кронштейна и несет свои ползун R2 и инструмент T2.

Внутренний угол обеспечивает двухстороннее удержание кронштейна (по линиям 1-6 и 6-5). Так обеспечивается повышенная жесткость суппорта T2.

Стенки L-колонны могут быть выполнены как традиционными чугунными, так и фибробетонными (UHPFRC на рис. 2, *a*). На рис. 1, *в* L-колонна имеет три полости 1-2-7-6, 6-7-3-8 и 5-6-8-4. Оригинальным наполнителем может быть лед (Ice на рис. 2, *a*). Это полезно для защиты точности L-колонны от тепловых деформаций из-за тепловых потоков из зоны аддитивной, горячей обработки. Лед является одновременно термостабилизатором и элементом жесткости.

На рис. 2, *б* показаны вычисленные в ходе МКЭ-испытания упругие деформационные перемещения L-колонны под действием горизонтальной силы  $F_Z^{T2} = 1$  кН на инструмент T2 (стрелка на рис. 1, *в*). Соответствующее перемещение T2 по Z рис. 2, *б* равно 4,7589 мкм. Следовательно, жесткость на инструменте составляет 210 Н/мкм. Это весьма хороший уровень.

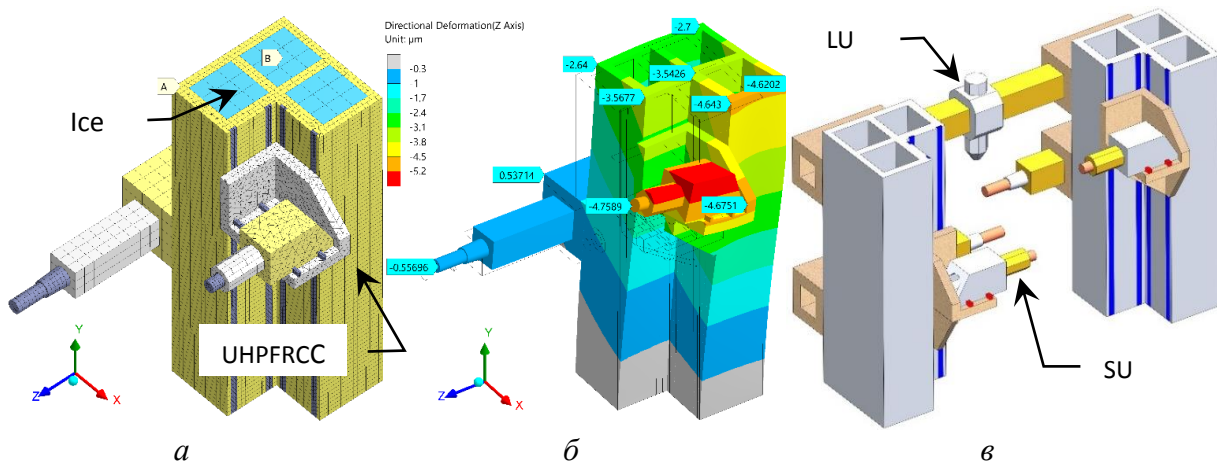


Рисунок 2 – *a* – сетка конечных элементов для L-колонны из фибробетона UHPFRC с заполнителем полостей Ice; *б* – расчетная картина перемещений колонны по Z (мкм) под действием силы в 1 кН (*б*;  $\times 100000$ ); *в* – порталный АСС из двух L-колонн с головками LU и SU

Как показал МКЭ-расчет, при использовании заполнителя Ice с модулем упругости  $E_{Ice} = 7$  ГПа жесткость колонны возрастает в 1,46 раза. Следовательно, массивы льда, балансирующего на грани режима таяния, являются потенциально эффективной мерой усиления и стабилизации аддитивно-субтрактивных (гибридных) станков.

L-колонна (L-башня) может служить модулем для сборки более сложных станков. На рис. 2, *a* представлена компоновка порталного АСС, обеспечивающая установку 5-6 обрабатывающих головок. Здесь между двумя L-колоннами появляется траверса, несущая лазерную головку LU. В углах колонн можно базировать как режущие головки SU, так и еще одну траверсу.

Итак, L-башня (L-колонна) является перспективным решением для АСС (гибридных станков). В ее внутреннем угле обеспечиваются условия для жесткого удержания и термостабилизации суппортов и головок любого типа.

## УДК 621.95

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОСЕВЫХ СБОРНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Дударчик Д. С., Яцкевич О. К.*

*Белорусский национальный технический университет*

*e-mail: mtools@bntu.by*

**Summary.** *The use of 3D modeling and virtual testing in the design of modern prefabricated tools is an excellent solution. Modeling allows to evaluate the design against the expected operating conditions and provide suggestions for its optimization.*