

НАУЧНАЯ СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.  
МАШИНОСТРОЕНИЕ. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

УДК 621.9.011:517.962.1

МКЭ-ОЦЕНКА СИСТЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ КРУПНЫХ СТАНКОВ  
В ТЕРМОКОНСТАНТНОМ ЦЕХЕ

Абраменко А. Д., Лапука А. Д., Довнар С. С.

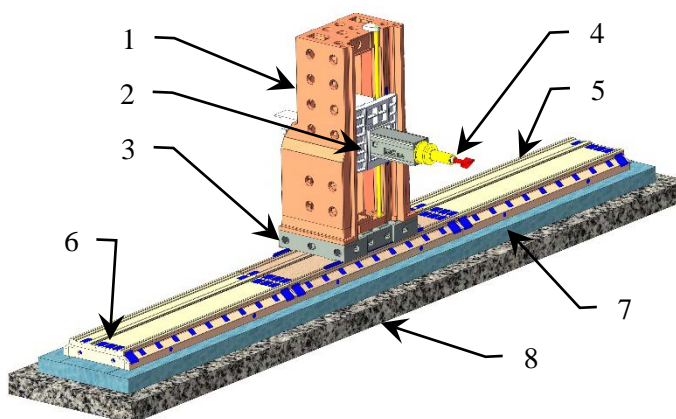
Белорусский национальный технический университет  
e-mail: stanislaw.dovnar@gmail.com, lx65277@gmail.com

**Summary.** It is proposed to use permafrost regions for underground placement of heavy precise machine tools in the constant near-zero temperature conditions. Layers of the frozen soil and ice could be rigid and temperature constant basis. Moreover, ice filling may be used inside bottom structural parts of the machine. FEA of the proposed multi-layer system shows its sufficient static rigidity.

В настоящее время переход на гибридные (аддитивно-субтрактивные) технологии происходит в том числе у крупных станков, например, у многоцелевых станков с подвижной колонной. Ожидается рост точности станков и обработка на них деталей с одного станова. Одним из условий точности является размещение крупного станка в термоконстантном цеху. Здесь минимизируются термоупругие деформации машины.



а



б

Рисунок 1 – Цех крупных гибридных станков с ЧПУ в термоконстантной штольне (а; вечная мерзлота; ИИ) и станок «Подвижная стойка» (б; SW) на ледяном основании: 1 – колонна; 2 – бабка с ползуном; 3 – салазки; 4 – инструмент в шпинделе ползуна; 5 – сборная станина; 6 – кессонный лед в станине; 7 – фундаментный лед; 8 – грунт вечной мерзлоты

Наше предложение заключается в создании таких цехов в условиях вечной мерзлоты, где температура естественным образом стабилизируется в районе 0 °С. На рис. 1, а показана предполагаемая штольня-цех в вечной

мерзлоте. На рис. 1, б дана модификация одного из белорусских станков для такого перспективного применения.

Станок базируется на жесткий грунт  $\delta$  через подушку из фундаментного льда ФЛ (7). Для дополнительной термостабилизации станка в кессоны станины может быть добавлен кессонный лед КЛ (6). На рис. 2 дана сетка конечных элементов. Она относится в МКЭ-расчету колонны станка при двойном ледяном базировании (КЛ + ФЛ).

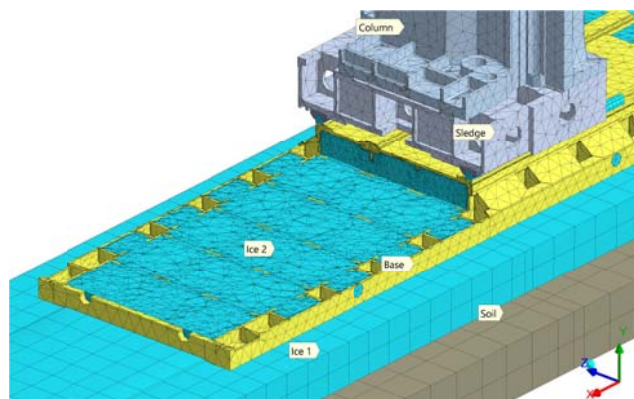


Рисунок 2 – Сетка конечных элементов (разрез четвертью) в месте опирания колонны (*Column*) на станину (*Base*): *Ice 1* – лед под станиной; *Ice 2* – лед в кессонах станины; *Sledge* – салазки под колонной

Результаты статической МКЭ-оценки показывают (рис. 3), что ледяная подушка из ФЛ вместе с замороженным грунтом хорошо справляются с удержанием станка. Осевая жесткость на шпинделе составляет 410 Н/мкм. Кессонный лед КЛ в составе робастной станины мало (до 10 %) повышает жесткость станка. Этот лед важен как термостабилизатор.

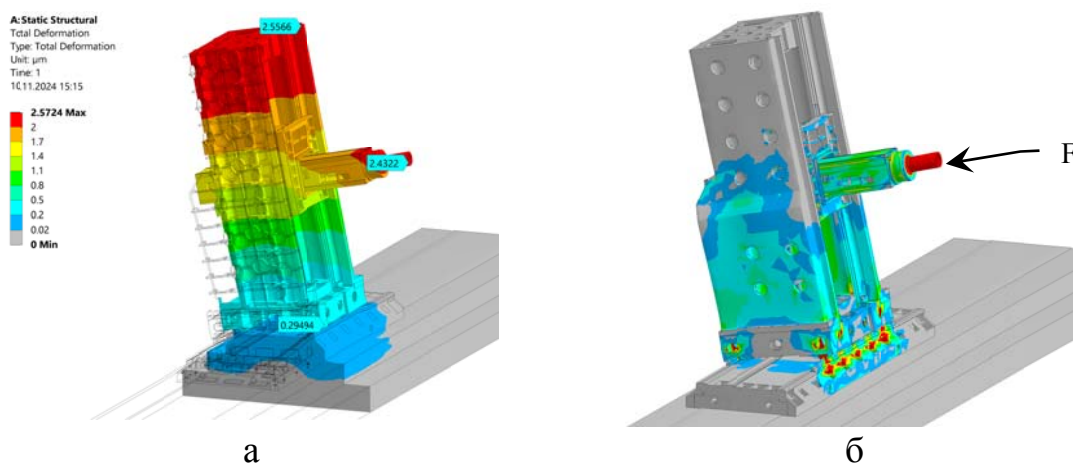


Рисунок 3 – Картины суммарных перемещений (а; мкм) и эквивалентных напряжений (б; МПа) при нагружении шпинделя осевой тестовой силой  $F = 1\text{kN} (\times 350000)$

МКЭ оценивает систему базирования как достаточно жесткую. Система соответствует тенденциям развития приарктических регионов. Сочетание ФЛ + КЛ позволяет базировать станок прямо на замороженном грунте штольни без дополнительного фундамента. Регулировочные башмаки после выставления станины вмораживаются в лед.

**УДК 621.914.31:004.94**

### **СОЗДАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА МЕТОДОМ 3D РЕИНЖИНИРИНГА**

*Ажар А. В., Деревяго Д. Д., Тарасевич А. А.*

*Белорусский национальный технический университет*

*e-mail: azhar.a.ms@gmail.com*

*Summary. A digital 3D reengineering of the model 6M82 metal cutting machine was performed. All components of the machine are designed, as well as accessories. The model is completely dynamic and will be useful in VR and AR learning technologies.*

В условиях современного цифрового машиностроительного производства для решения задач восстановления, создания аналогов и модернизации конструкции технологического оборудования активно прибегают к реинжинирингу. Применяемые инструменты позволяют получить достаточно точные цифровые модели и на их основе аналоги деталей, но не обеспечивают исследование объекта техники, его технических возможностей, принципа работы, особенностей наладки. Программы 3D моделирования имеют модули для создания кинематических пар и динамических взаимосвязей, что существенно расширяет возможности инженерного анализа и виртуальных испытаний оцифрованной техники. Наличие средств реализации взаимного движения узлов и деталей позволяет создавать реалистичные анимации работы станка. Внедрение таких моделей в среду виртуальной (VR) или дополненной (AR) реальности с разработкой сценариев управления работой станка может стать средством обучения для специалистов и студентов.

Реализацию цифрового реинжиниринга нового уровня рассмотрим на примере построения динамической модели универсального горизонтально-консольно-фрезерного станка модели 6M82 лаборатории кафедры «Технологическое оборудование» БНТУ (рис. 1). Модель должна обеспечивать все движения подвижных узлов несущей системы от электромеханических приводов с учетом пространственно-кинематических взаимосвязей механических передач. Исходные данные, с ограниченной информацией для реинжиниринга: паспорт станка с техническим описанием конструкции, кинематики, принципа работы; станок как физический объект.

3D модель станка реализована в программе SolidWorks. Оптимизацию разработки обеспечили интегрированные в программу Компас-3D прило-