

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА  
І АРХІТЕКТУРИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ДИЗАЙНУ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Михайла Остроградського  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля**

**МАТЕРІАЛИ  
II ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ,  
АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ  
«ТЕХНІЧНІ НАУКИ В УКРАЇНІ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ»**



**19–20 листопада 2020 року  
м. Ізмаїл**

# МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНО-ДЕФОРМАЦІЙНОГО СТАНУ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ЗА ДОПОМОГОЮ МОДУЛЯ АРМ STRUCTURE-3D

*Алієв В. У.* – магістрант, [alieff.valery2013@gmail.com](mailto:alieff.valery2013@gmail.com)

*Кроль О. С.* – к.т.н, професор, [krolos.snu.edu@gmail.com](mailto:krolos.snu.edu@gmail.com)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

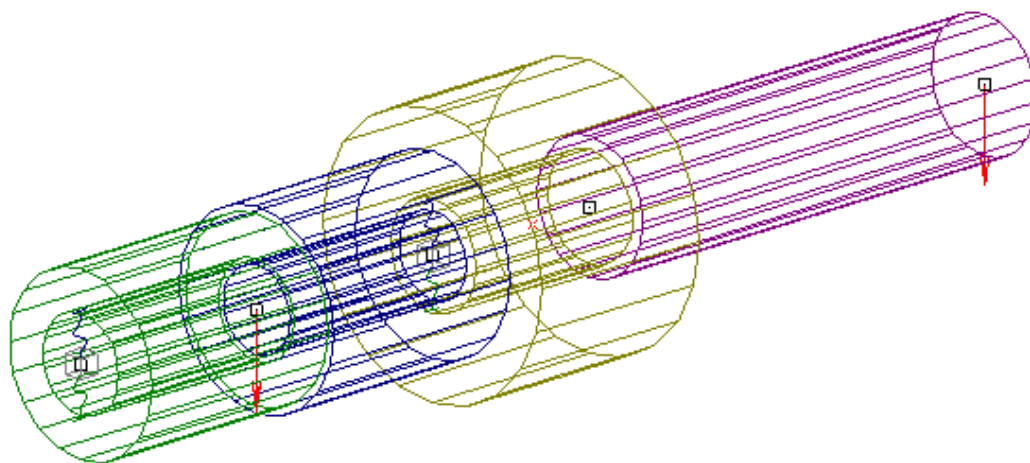
**Актуальність дослідження** зумовлена необхідністю постійного контролю безперебійної роботи верстатного обладнання в умовах динамічного навантаження та рівня напруженого стану головних вузлів верстату.

**Метою роботи** є проведення дослідження жорсткості шпиндельних вузлів в умовах максимально наближених до дійсної картини експлуатації фрезерних верстатів.

В існуючих дослідницьких роботах, присвячених оцінюванню жорсткості шпиндельних вузлів відсутня можливість обліку кутовий податливості шпиндельного вузла, що виявляє вплив на деформаційні показники проектованої конструкції [1].

Для ефективного моделювання, розрахунку напружено-деформованого стану з урахуванням кутовий податливості опор використовуємо модуль комплексного аналізу тривимірних конструкцій АРМ Structure-3D [2-4].

В процесі моделювання в середовищі АРМ Structure-3D створюється «каркасна» модель конструкції (рис. 1), в якій кордон стержневих елементів визначаються вузлами в тих точках, де прикладаються навантаження або змінюється згинальна жорсткість перерізу. Кожен стрижень має конкретні розміри і з'єднаний за допомогою вузлів з іншими стрижнями конструкції.



*Рис. 1 – Каркасна модель конструкції шпинделя*

Для проведення розрахунку цієї конструкції необхідно додатково задати:

- поперечні перерізи кожному зі стрижнів;
- опори для створеної конструкції, що визначають її положення в просторі;
- зовнішні навантаження, що діють на конструкцію;
- параметри матеріалу елементів конструкції.

Особливістю завдання опор є можливість суміщення в одній опорі і жорсткого і пружного закріплення, кожне з яких є абсолютно різними об'єктами. Вони будуть функціонувати спільно в тому випадку, коли діють за різними напрямками системи координат в вузлу. Для конструкції, що проектується, дозволені переміщення по напрямку дії сил  $P_y$  (вісь  $Z$ ) та  $F_r$  (пружне закріплення) і поворот навколо осі  $Z$ . У режимі завдання жорсткого закріплення, включенням прапорців в полях переміщення в напрямку осі слід задати обмеження по переміщенню в напрямку висей  $X$  і  $Y$ , а також повороти навколо цих же осей.

Розрахунок в середовищі APM Structure-3D [5-7] дозволяє оцінити повну картину напружено-деформованого стану вала в будь-якому його перерізі, включаючи оцінку навантажень, силові фактори та ін., що представлені в пункті меню «Результати». На рис. 2. представлено поле переміщень, характерне для типової операції розточування, виробленої на багатоопераційним верстаті СФ68ВФ4.

Максимальні переміщення в консольній частини вузла з урахуванням кутових переміщень складають  $u_{\max} = -0,0285$ ;  $\theta_{\max} = 0,000768$  рад.

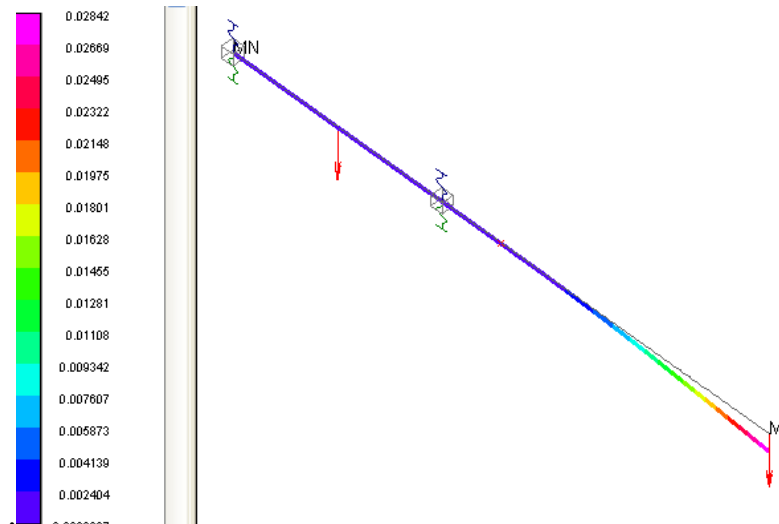


Рис. 2 – Еюра переміщень шпindelного вузла

**Висновок.** Аналіз отриманих результатів дозволяє вибрати найкращі конструктивні рішення, працюючи з різними навантаженими і їх комбінаціями. При цьому з'являється можливість проектувати конструкції близькі до рівно міцним за критерієм жорсткості.

## Література

1. Krol O.S., Sokolov V.I. 3D Modeling of Machine Tools for Designers. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academy Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018. – 140 p. [https://doi.org/10.7546/3D\\_momtfd.2018](https://doi.org/10.7546/3D_momtfd.2018)
2. Krol O.S., Sokolov V.I. Parametric Modeling of Machine Tools for Designers. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academy Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018. – 112 p. <https://doi.org/10.7546/PMMTD.2018>
3. Krol O.S., Osipov V.I. Modeling of construction spindle's node machining centre SVM1F4/Commission of Motorization and Power Industry of Agriculture. – OL PAN, 2013, Vol.13, is.3, Lublin, Poland. – P. 108–113.
4. O Krol and V Sokolov Modeling of carrier system dynamics for metal-cutting machines/IEEE Proceedings 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/rusautocon.2018.8501799>
5. Krol O., Tsankov P., Sokolov V. Rational choice of two-support spindles for machining centers with lubrication system/EUREKA: Physics and Engineering, is. 3, 2018. – P. 52–58. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00648>
6. Krol O.S., Burlakov E.I. Modeling of the spindle unit of the machining center / Bulletin of the National Technical University “KhPI”. – Kharkiv: NTU “KhPI”, is. 11(985), 2013. – P. 33–39.
7. Krol O. Selection of machine tools optimal cutting modes for designers. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academic Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2020. – 240 p. <https://doi.org/10.7546/SMTOCMD.2020>