

УДК 621.91.01

Е.Р. Перевозник, В.К. Фролов

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

### **Настройка горизонтально-расточных и внутришлифовальных станков с учётом деформаций инструментальных оправок**

Как известно, растачивание и внутреннее шлифование глубоких отверстий являются трудоёмкими технологическими операциями. Это связано с особенностями обработки глубоких отверстий – недостаточной жёсткостью инструмента и высокой его склонностью к упругим деформациям под действием сил резания [1].

При большом вылете инструмента наблюдаются деформации инструментальной оправки, которые влияют на точность обработки. При недостаточной жёсткости технологической обрабатываемой системы (ТОС) используются люнеты, которые поддерживают борштангу и инструмент. Но применение люнетов значительно понижает производительность из-за большого вспомогательного времени, связанного с необходимостью их установки, переустановки и подготовкой установочных поверхностей. При обработке глухих отверстий применение люнетов невозможно.

Возникают погрешности обработки, связанные с деформациями инструментальной оправки под влиянием статических (вес оправки и инструмента) и динамических (сил инерции, которые действуют на оправку и инструмент) нагрузок ТОС. К примеру, максимальная линейная деформация инструментальной оправки длиной  $L = 300$  мм и диаметром  $D = 20$  мм из легированной стали, которая возникает под действием собственного веса и центробежных сил инерции оправки при частоте вращения  $n = 2000$  об./мин. составляет 0,01542 мм, а при частоте вращения  $n = 9500$  об./мин. – 0,4088 мм.

Целью данной работы является повышение точности обработки глубоких отверстий путём взаимной компенсации элементарных погрешностей, возникающих под действием статических и динамических нагрузок.

На основании результатов выполненных теоретических исследований авторами предложены способы взаимной компенсации элементарных погрешностей.

Традиційна настройка горизонтально-расточного станка заключається в тому, що вершину режущого інструмента встановлюють в точці, відповідній робочому настроєчному розміру. При цьому контролюється соосність расточної оправки і оброблюваного отвору [2-4]. Однак при такій настройці не враховується погрешність, що виникає в результаті лінійних деформацій інструментальної оправки під дією статических і динамічних навантажень. Результати теоретических досліджень свідчать про те, що в деяких випадках ця погрешність може перевищити величину допуску на просторове положення осі отвору.

При растачиванні глибоких отворів консольно закріпленим інструментом необхідно враховувати зміщення настроєчного діаметра відносно осі расточної оправки, що виникає під дією ваги консольної оправки і інструмента. За рахунок компенсації відхилення осі оброблюваного отвору від заданого положення можна забезпечити точність при растачиванні.

Авторами запропонований спосіб настройки консольного інструмента на горизонтально-расточном станку [5], згідно якого циліндричну расточну оправку 1 встановлюють відносно оброблюваного отвору заготовки 2 так, щоб вісь шпинделя 3 була вище осі отвору на величину компенсації  $y_{\text{комп}}$  (рис. 1).

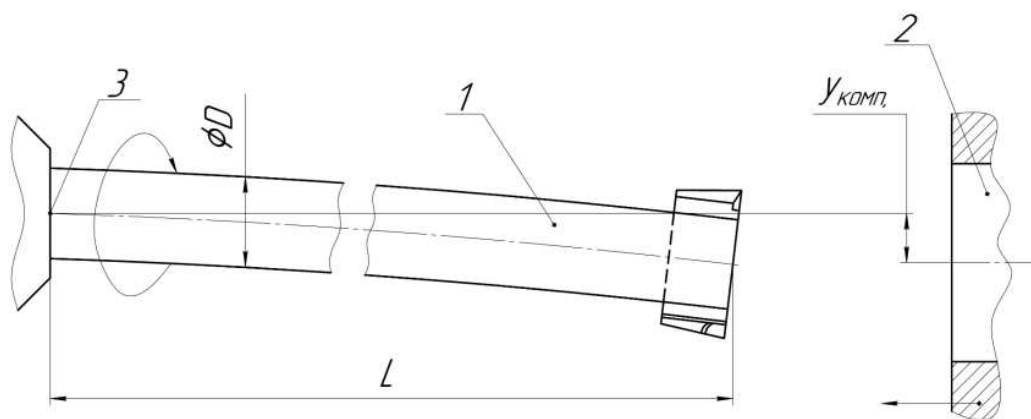


Рис. 1. Схема обробки отвору на горизонтально-расточном станку

При цьому лінійна деформація оправки під дією радіальної складової сили різання  $P_y$  відсутствует ввиду одночасного участя в роботі двох режущих кромки.

На лінійну деформацію вільного кінця консольно закріпленої расточної оправки впливають вес консольної частини оправки і вес інструмента. Эта деформація відповідає величині компенсації

$$y_{\text{комп}} = 8,3 \frac{L^3}{D^4 E} (3m_{\text{опр.}} + 8m_{\text{інстр.}}), \quad (1)$$

где  $L$  – довжина оправки, м;  $D$  – діаметр оправки, м;  $E$  – модуль пружності матеріала оправки, Па;  $m_{\text{опр.}}$  – маса консольної частини оправки, кг;  $m_{\text{інстр.}}$  – маса інструмента, кг.

Для автоматизації розрахунків величини  $y_{\text{комп}}$  розроблено програмне забезпечення [6]. Інтерфейс головного вікна програми представлений на рис. 2. Исходними даними для програми являються характеристики інструментального матеріалу (модуль пружності і щільність), геометричні параметри оправки і маса інструмента.

Так, при геометричних параметрах оправки  $L = 300$  мм,  $D = 20$  мм і масі інструмента  $m_{\text{інстр.}} = 0,03$  кг расточную оправку встановлюють відносно осі оброблюваного отвору таким образом, чтобы ось оправки в точці її закріплення була вище осі отвору на величину  $y_{\text{комп}} = 0,02$  мм.

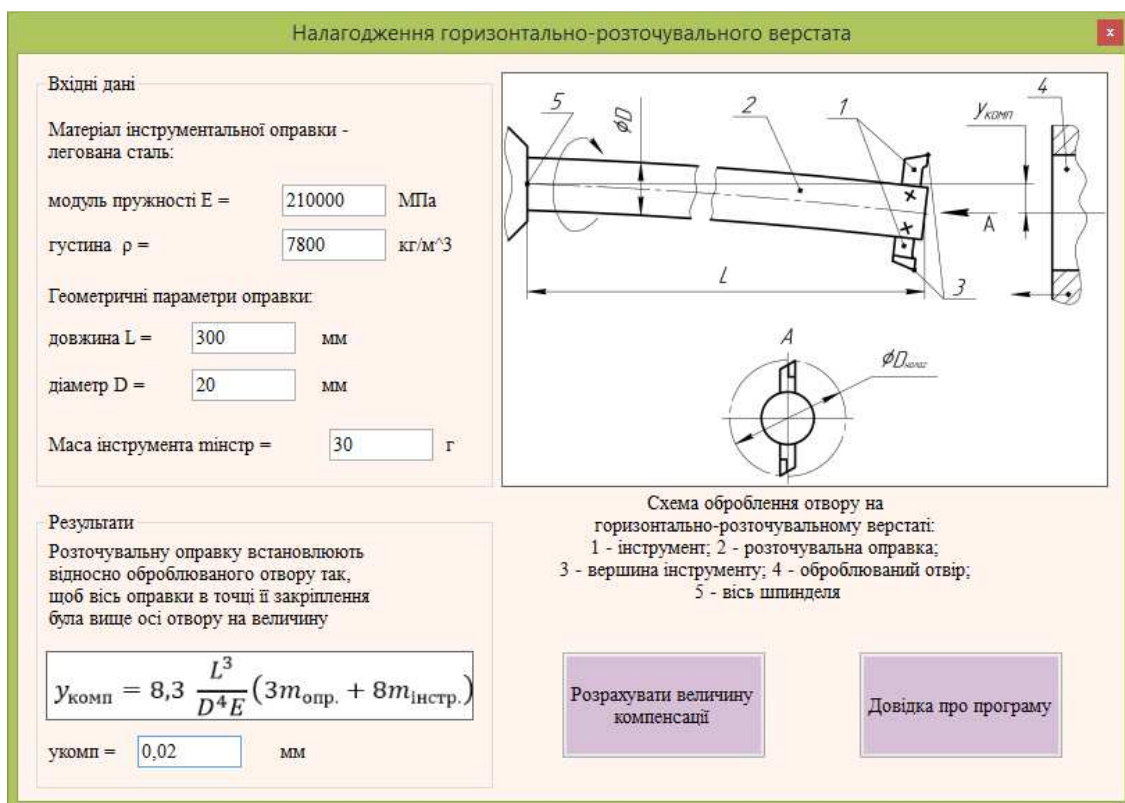


Рис. 2. Інтерфейс вікна програми

Шлифование глубоких отверстий выполняют на внутришлифовальных станках с большим вылетом шпинделя. Последнее обстоятельство значительно понижает жёсткость ТОС.

Известные внутришлифовальные станки состоят из станины с мостом для бабки изделия и стола со шлифовальной бабкой. Бабка изделия снабжена приводом вращения изделия и горизонтальной поперечной подачи, шлифовальная бабка – приводом вращения шлифовального шпинделя и горизонтальной продольной подачи [7-9].

В конструкциях таких станков оси шпинделя изделия и шлифовального шпинделя расположены в горизонтальной плоскости, что не позволяет взаимно компенсировать силы, которые действуют на инструмент.

Авторами предложена принципиально иная конструкция внутришлифовального станка [10].

По сравнению с известными конструкциями станков новым является то, что бабка изделия установлена на траверсе, которая связана со станиной через портал, и оснащена приводом вертикальной поперечной подачи, при этом оси шпинделя изделия и шлифовального шпинделя расположены в вертикальной плоскости. При этом бабка изделия снабжена подвижным кронштейном с люнетом для регулирования расстояния между бабкой изделия и люнетом.

Станок (рис. 3) состоит из станины 1, на направляющих которой расположен стол 2 со шлифовальной бабкой 3. Стол 2 связан с приводом 4 горизонтальной продольной подачи. Шлифовальная бабка 3 снабжена шлифовальным шпинделем 5 со шлифовальным кругом 6, которые связаны с приводом 7 вращения шлифовального шпинделя 5. На станине 1 закреплен портал 8 с траверсой 9, на которой установлена бабка 10 изделия. Траверса 9 и бабка 10 изделия связаны с приводом 11 вертикальной поперечной подачи. Бабка 10 изделия оснащена шпинделем 12 изделия с зажимным устройством 13, которые связаны с приводом 14 вращения шпинделя 12 изделия. При этом оси шпинделя 12 изделия и шлифовального шпинделя 5 расположены в вертикальной плоскости. Бабка 10 изделия снабжена подвижным кронштейном 15 с люнетом 16.





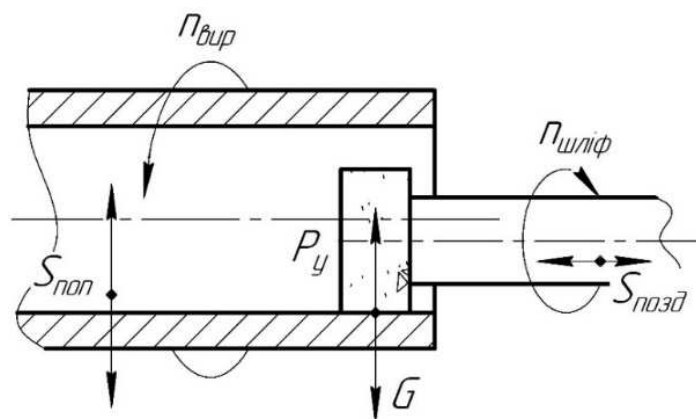


Рис. 4. Схема сил, которые действуют на шлифовальный шпиндель

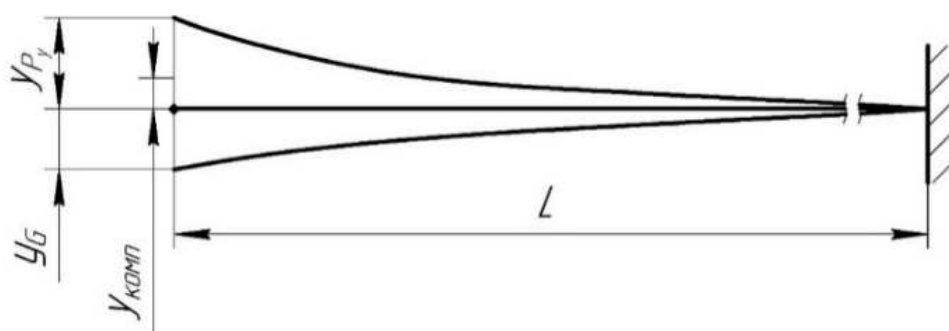


Рис. 5. Линейные деформации шлифовального шпинделя

Настройка станка заключается в установке образующей отверстия изделия в положение, которое совпадает с положением образующей шлифовального круга с учётом суммарной линейной деформации  $y_{\text{комп}}$  шлифовального шпинделя:

$$y_{\text{комп}} = 0,85 \frac{L^3}{D^4 E} (8P_y - 3G_{\text{с.ш.}} - 8G_{\text{ш.к.}}), \quad (2)$$

где  $G_{\text{с.ш.}}$  – вес стержня шлифовального шпинделя, Н;  $G_{\text{ш.к.}}$  – вес шлифовального круга, Н.

В частности, при геометрических параметрах оправки  $L = 300$  мм,  $D = 20$  мм, силе резания  $P_y = 10$  Н,  $G_{\text{с.ш.}} = 7,2$  Н,  $G_{\text{ш.к.}} = 1$  Н суммарная линейная деформация шлифовального шпинделя составляет  $y_{\text{комп}} = 0,03$  мм.

### Выводы

На основании теоретических исследований линейных деформаций инструментальных оправок, возникающих под действием статических и динамических нагрузок, предложены способ настройки горизонтально-

расточного станка и конструкция внутришлифовального станка, которые заключаются в компенсации элементарных погрешностей обработки. Это позволило повысить точность обработки глубоких отверстий.

#### Список использованных источников

1. Отений Я.Н. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий: монография / Отений Я.Н., Смольников Н.Я., Ольштынский Н.В.; ВолгГТУ, КТИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград: РПК «Политехник», 2003. – 132 с.
2. Основы технологии машиностроения. Под ред. В.С. Корсакова. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1977. 416 с.
3. Адаптивное управление станками. Под ред. Б.С. Балакшина. – М.: Машиностроение, 1973. 688 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2003. 912 с.
5. Заявка на патент України на кор. модель № u201812717, В23В 35/00. Спосіб налагодження консольного інструмента на горизонтально-розточувальному верстаті / Фролов В.К., Перевозник К.Р.; заявл. 21.12.18.
6. Перевозник К.Р., Фролов В.К. Комп'ютерна програма «Налагодження горизонтально-розточувального верстата». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 86274 від 22.02.2019. Заявка № 87273 від 01.02.2019. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України.
7. Лурье Г.Б., Комиссаржевская В.Н. Шлифовальные станки и их наладка. – М.: Высшая школа, 1972. 416 с.
8. Акимов В.Л., Иванов В.А. Внутреннее шлифование / Под ред. В.И. Муцяно. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 128 с.
9. Патент на изобретение RU № 2012479 «Внутришлифовальный станок», МПК В24В 5/06, опубл. 15.05.1994.
10. Заявка на патент України на кор. модель № u201812943, В24В 5/06. Верстат для шліфування глибоких отворів / Фролов В.К., Перевозник К.Р., Шугай В.Р.; заявл. 27.12.18; висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель від 13.02.2019.