

9. A.J.H. Nel, J.C. Vosloo, M.J. Mathews. Financial model for energy efficiency projects in the mining industry. Energy Volume 163, 15 November 2018, Pages 546-554. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018-08-154>

10. Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg. Power Generation and Control. 2014-620 pp.

11. Steven W. Blume. Electric Power System Basics for the Nonelectrical Professional. IEEE press Series on Engineering. 2017-231 pp.

12. Щуцкий В.И., Ляхомский А.В. Егоров Д.А. Повышение точности определения расчетных нагрузок электроустановок полиметаллических рудников / Изв. ВУЗов Электромеханика, 1989, №3, С. 109-112.

Рукопис подано до редакції 08.04.2019

УДК 681.5.08

М. В. КІЯНОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., О. Р. ІВАНОВА, магістрант  
Криворізький національний університет

## РОЗРОБКА ТА КОНСТРУКТИВНА РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЇ СИЛОВИМІРЮВАННЯ В КОНСТРУКЦІЯХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

**Мета.** Метою даної роботи є підвищення надійності закріплення заготовок при їх механічній обробці за рахунок ретельного аналізу існуючих конструкцій технологічного оснащення з можливістю інструментального контролю параметрів закріплення заготовок.

**Методи дослідження.** Результати роботи отримані шляхом теоретичних досліджень. Теоретичні дослідження полягають у синтезі методів силовимірювання в конструкціях технологічного оснащення, основних факторів, які впливають на сили затиску в затискних механізмах.

**Наукова новизна.** Було визначено, що на сьогоднішній день не існує конструкції технологічного оснащення, яка в повній мірі реалізувала контроль силовимірювання. Тому дане питання потребує нових теоретичних і експериментальних досліджень при створенні принципово нових конструкцій затискних механізмів, які зможуть реалізувати контроль параметри закріплення заготовок і не допускати негативних явищ закріплення.

**Практичне значення.** Виконаний аналіз конструкцій технологічного оснащення дає можливість визначення напрямків модернізації та вдосконалення засобів виробництва на базі застосування новітніх досягнень розробок.

**Результати.** В результаті проведеного аналізу було визначено, що задачі інструментального контролю параметрів закріплення заготовок при їх механічній обробці запобігають негативним явищам закріплення. При недостатньому закріпленні заготовки можливий її зрив під дією сил різання, і як наслідок пошкодження заготовки, інструмента та верстатного пристосування. Надмірне закріплення заготовки приводить до пошкодження її поверхонь. При відсутності контролю параметрів закріплення формоутворення заготовок супроводжується дефектами конструктивних елементів, що утворюють неявно виражені технологічні бази, що викликають високу трудомісткість і помилки допоміжних операцій технологічного базування заготовок в засобах технологічного оснащення, і як наслідок, брак виготовлення деталей. Слід зазначити, що при затиску не повинно порушуватися положення заготовки, досягнуте базуванням. Це задовольняється раціональним вибором напрямку і точки прикладання сили затиску. Визначено недоліки існуючих конструкцій технологічного оснащення та неможливість визначення та контролю затискних сил. Аналіз закономірностей, що впливають на точність і продуктивність виконуваних операцій, дозволять проектувати пристосування, що інтенсифікують виробництво і підвищують його точність.

**Ключові слова:** аналіз, силовимірювання, технологічне оснащення, затискний пристрій, сила затиску заготовки, контроль.

doi: 10.31721/2306-5435-2019-1-105-138-142

**Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** В умовах серійного і дрібносерійного виробництва однією з важливих народногосподарських задач є технічне і технологічне переозброєння машинобудування, подальше розширення технологічних можливостей, підвищення продуктивності, точності, надійності і довговічності верстатів. Це можливе за рахунок удосконалення вузлів, механізмів і технологічного оснащення верстатів.

Задача інструментального контролю параметрів закріплення заготовок при їх механічній обробці одна з найважливіших питань в машинобудуванні. Відсутність інструментального контролю параметрів закріплення заготовок при їх механічній обробці приводить до негативних явищ закріплення, а саме: похибки закріплення, пошкоджень поверхні, до яких прикладені сили закріплення та можливі пружні деформації заготовки.

При недостатньому закріпленні заготовки можливий її зрив під дією сил різання, і як наслідок пошкодження заготовки, інструмента та верстатного пристосування. Надмірне закріплення заготовки приводить до пошкодження її поверхонь.

При відсутності контролю параметрів закріплення формоутворення заготовок супроводжується дефектами конструктивних елементів, що утворюють неявно виражені технологічні бази, що викликають високу трудомісткість і помилки допоміжних операцій технологічного базування заготовок в засобах технологічного оснащення, і як наслідок, брак виготовлення деталей.

Слід зазначити, що при затиску не повинно порушуватися положення заготовки, досягнуте базуванням. Це задовольняється раціональним вибором напрямку і точки прикладання сили затиску.

Затиск не повинен викликати деформації заготовок або псування (зминання) їх поверхонь, що закріплюються в пристосуванні. Сила затиску повинна бути мінімально необхідною, але достатньою для забезпечення надійного положення заготовки щодо настановних елементів пристосувань в процесі обробки.

Це потребує нових теоретичних і експериментальних досліджень при створенні принципово нових конструкцій затискних механізмів, які здібні контролювати параметри закріплення заготовок і не допускати негативних явищ закріплення.

**Аналіз досліджень і публікацій.** У широко поширеній літературі [1, 2, 3] при проектуванні верстатних пристосувань досить скрупульозно аналізуються деформації, що виникають в контакті заготовки з опорними елементами і мають вплив на погрішність установки, але при цьому використовується спрощений підхід до розрахунку потрібної сили затиску, що викликає ці деформації. Він виражається в розгляді такої ж спрощеної системи сил, що діють на абсолютно тверде тіло простої геометричної форми, знаходженні шуканих реакцій, в якості яких можуть бути сили затиску, і виборі найбільшої за величиною сили з будь-якого рівняння рівноваги. Також зовсім не пропонуються методи або засоби контролю сили затиску заготовки.

**Постановка завдання.** В спеціальній літературі практично відсутня структурована інформація про особливості контролю параметрів закріплення [7-10]. Таким чином, метою даної роботи є аналіз та вдосконалення технології закріплення заготовок, а саме - дослідження та наукове обґрунтування необхідності контролю параметрів закріплення заготовок для підвищення продуктивності обробки, забезпечення необхідної якості та точності оброблюваної поверхні.

Сформульована мета роботи обумовила необхідність дослідження існуючих методів закріплення заготовок з аналізом можливості їх контролю.

**Виклад матеріалу і результати.** Сучасний етап розвитку машинобудування характерний швидким зростанням випуску нових видів продукції. Заміна моделей виробів машинобудівного виробництва відбувається значно швидше, ніж 10-15 років назад. Зміна моделей верстатів на передовому сучасному виробництві відбувається в середньому через 6-8 років. Це стосується не тільки універсальних верстатів, а й спеціалізованих верстатів з ЧПК. Відповідно скорочується і цикл виробництва нових виробів, а це, як правило, вимагає іншого підходу по створенню нових пристосувань з використанням автоматизованого проектування, так як значні трудові та матеріальні витрати на технологічне оснащення впливають на продуктивність праці.

Аналіз технологічних потреб машинобудівних підприємств показує, що в більшості випадків одночасно необхідна оснастка для обробки заготовок в умовах різної серійності виробництва, що мають різноманітні габаритні розміри, різні вимоги по точності і шорсткості та т.ін.

Технологічне оснащення (ТО) використовується на різному технологічному обладнанні: металорізальних верстатах, пресах, вимірювальних машинах, автоматичних лініях і ін.

Застосування різного виду технологічного оснащення не тільки забезпечує, а й розширює технологічні можливості всіх видів верстатів (універсальних, ЧПК і інших), але в основному це стосується універсальних верстатів, якими оснащені заводи серійного виробництва [5].

Залежно від джерела сили, необхідної для затиску деталі, затискні пристрої поділяються на ручні, механізовані і автоматизовані.

Ручні затискні пристрої пускає в хід безпосередньо робочий за рахунок мускульної сили. Конструкції з ручним затиском є найбільш ненадійними. При використанні такого оснащення сила затиску контролюється, у кращому випадку, звичайним динамометром. Недоліком динамометра є тертя в шарнірі, яке призводить до зростання варіації показань і відповідно до зниження точності вимірювання сили [4].

Механізовані затискні пристрої працюють від пневматичного, гідравлічного або іншого приводу. Автоматизовані пристрої переміщуються від рухомих вузлів верстата, шпинделя, су-

порта або патронів з кулачками, на які діють відцентрові сили обертових вантажів патрона. При цьому затиск і розкріплення деталі здійснюються без участі робітника.

Пневматичні приводи в порівнянні з приводами інших типів відрізняються високою швидкістю і забезпечують регулювання силових параметрів затиску заготовки лише на першій ланцюгу ланці силового ланцюга, зручні в напрямку і не вимагають докладання великих фізичних зусиль.

На рис.1 показаний токарний патрон з обертовим пневмоприводом, який дозволяє автоматизувати закріплення заготовки.

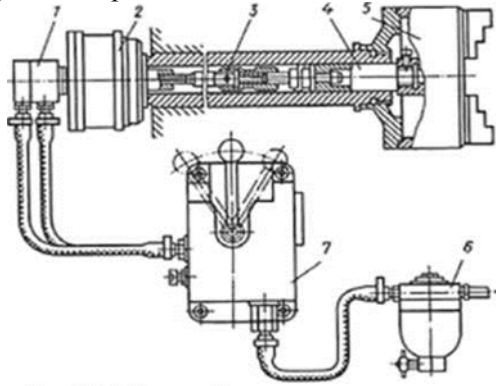


Рис. 1. Токарний патрон з пневмоприводом

Патрон 5 пов'язаний з пневмоцилиндром 2 тягою 4 з муфтою 3, які розміщені всередині шпинделя верстата. Стиснене повітря з магістралі через вологовідділювач 6 і кран управління 7 подається через нерухому муфту 1 в передню або задню порожнину пневмоцилиндра 2, що обертається разом зі шпинделем верстата. Переміщення поршня зі штоком і пов'язані з ним муфта 3 і тяга 4 пускає в хід кулачки патрона.

Контроль сили затиску в даному механізмі здійснюється шляхом визначення параметрів та

об'єму стисненого повітря.

Гідравлічні приводи за принципом роботи аналогічні пневматичним приводам, але в порівнянні з ними вони мають ряд переваг: створюють великі зусилля при відносно невеликих габаритних розмірах гідроциліндрів, більш стійкі до мінливих навантажень на деталь в процесі обробки. Однак приводи більш трудомісткі в експлуатації, для них необхідно мати більш герметичні ущільнення, систему збору та відведення витоків і ін.

На рис. 2 показаний лопатевий гідроциліндр, який встановлюється на іншому кінці шпинделя і обертається разом з ним. Масло подається в лопатевий гідроциліндр, закритий кожухом 8, через нерухому муфту 5, змонтовану на валу 6 на шарикопідшипниках, і надходить в корпус 1, приводячи в рух лопать 4 (між кришками 7 і 10 до упору 2, пов'язану з ротором 3) Ротор 3 жорстко з'єднаний з тайкою 9, яка обертається в корпусі на роликотидшипниках 13 і змушує гвинт 11 переміщатися уздовж осі шпинделя, гвинт 11 через тягу 12 зводить або розводить кулачки патрона для закріплення і звільнення оброблюваної заготовки.

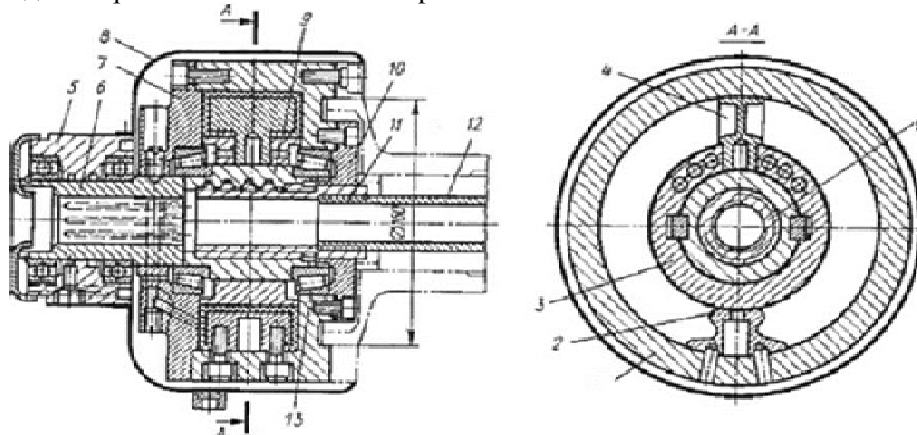


Рис. 2. Лопатевий гідропривід

Контроль сили затиску в даному механізмі здійснюється шляхом визначення параметрів тиску, витрат масла, що подається до приводу.

Електромеханічні приводи влаштовані значно простіше пневмо- і гідроприводів і більш зручні в експлуатації. До складу електромеханічного приводу входять електродвигун, передавальний механізм і електрична система управління електродвигуном.

На рис. 3 показаний токарний патрон з електромеханічним приводом.

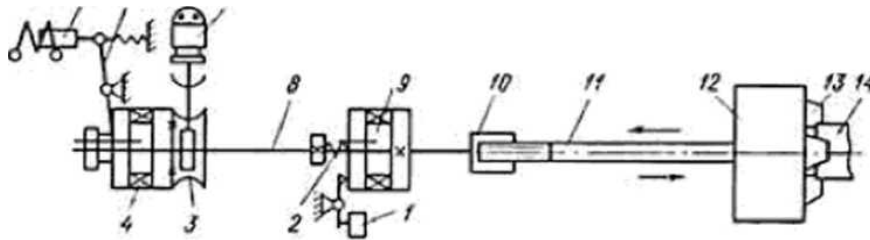


Рис. 3. Токарний патрон з електромеханічним проводом

Патрон 12 з'єднаний з електродвигуном 7 за допомогою черв'ячної передачі 3 і вала 8, тяги, гайки 10 і муфт 4 і 9. Для затиску деталі 14 в кулачках 13 патрона 12 включається електромагніт 6, який через важіль 5 вводить в зачеплення зуби муфти 4, забезпечуючи передачу обертання від електродвигуна 7 через черв'ячну передачу 3 на вал 8 з гайкою 10. Гайка 10, нагвинчується або згвинчується з різьблення тяги 11, змушує тягу (при переміщенні уздовж осі) зводити або розводити кулачки патрона. При досягненні необхідної сили затиску кулачки муфти 9 виходять із зачеплення, стискають пружину 2 і натискають на кінцевий вимикач 1, який вимикає електродвигун 7 і електромагніт 6.

Контроль сили затиску в даному механізмі здійснюється шляхом визначення постійного струму, що подається до привода і є досить приблизним [6].

Принцип дії електромагнітних затискних пристроїв заснований на використанні магнітного силового потоку електромагніту, що діє на заготовку, що знаходиться в зоні магнітних силових ліній. Контроль зусилля затиску заготовки визначається потужністю електромагніту. Перевагою є тут швидкість затиску заготовок і простота управління, а недоліком - мала величина затискного зусилля і можливість отримання браку при випадковому знятті живлення з електромагнітів.

Проаналізувавши існуючі конструкції технологічного оснащення можна зробити висновок, що для якісного і найбільш повного контролю затискних зусиль недостатньо контролювати лише вхідний параметр силового ланцюга. Необхідно підвищити якість закріплення заготовок при їх механічній обробці за рахунок створення затискного пристрою з можливістю інструментального контролю параметрів закріплення заготовок, і розробки методів їх розрахунку і проектування.

Затискний пристрій, що пропонується авторами даної статті, показано на прикладі вдосконалення конструкції машинних лещат. В рухомій губці створена гідрокамера. Масло подається в кільцеву порожнину гідрокамери і тисне на поршень, який передає зусилля на заготовку - легко, просто і безпечно. Тиск в гідрокамері контролюється індикатором в самій порожнині та на насосі, що подає масло під тиском. В гідрокамері також встановлений датчик тиску з перетворювачем.

Основним елементом лещат є чотири тензодатчики, встановлені на нерухомій губці. Конструктивно прилад являє собою тензорезистор з контактним елементом. Дія таких датчиків заснована на перетворенні деформації пружних елементів в зміну електричного опору. В гідрокамері також встановлений датчик тиску з перетворювачем. Отримані візуальні показання з датчиків зчитуються оператором для створення сили затиску та контактних зусиль при ручному закріпленні заготовок, або програмно коригують закріплення заготовок в механізованих конструкціях ТО.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Розвиток виробництва в машинобудуванні нерозривно пов'язано з технічним оснащенням і модернізацією засобів виробництва на базі застосування новітніх досягнень науки і техніки. Технологічне оснащення є одним з найважливіших факторів, що впливають на якість продукції, що випускається машинобудівним підприємством. Витрати на її виготовлення великі. Тому завдання підвищення якості проектування технологічної оснастки, а так само її ефективності, що приводить до скорочення термінів проектування і виготовлення, стала однією з найважливіших проблем сучасного машинобудування.

При аналізі існуючих методів та засобів контролю силоімірювання в конструкціях технологічного оснащення було зроблено висновок, що на сьогоднішній день не існує приладу, що в повній мірі контролював би силу затиску заготовки. Дане питання потребує нових теоретичних і експериментальних досліджень при створенні принципово нових конструкцій затискних механізмів, які зможуть контролювати параметри закріплення заготовок і не допускати негативних явищ закріплення.

Тому створення прогресивного затискного оснащення, в тому числі механічних лещат з можливістю контролю затиску заготовки і розробка методів їх проектування є напрямком подальших досліджень даної роботи.

### Список літератури

1. Довідник технолога-машинобудівника: У 2-т. Т. 2 [під ред. А.М. Дальського, А.Г. Сулова, А.Г. Косилової, Р.К. Мещерякова]. М.: Машинобудування-1, 2003. 944 с.
2. Верстатні пристосування: Довідник. У 2-х т. Т.1 [під ред. Б.М. Вардашкіна, А.А. Шатілова]. М.: Машинобудування, 1984. – 592 с.
3. Кузнецов Ю.И. Основи інженерного проектування оснащення для гнучких виробничих систем: Конструювання і розрахунок. Навчальний посібник. М.: ВНИИТЕМП, 1986. 71 с.
4. ГОСТ 3.1107-81. ЕСТД. Опори, затискачі та установчі пристрої. Графічні зображення. М.: Видавництво стандартів, 1982. 9 с.
5. Обертові інструменти: Фрезерування, свердління, глибоке свердління, розточування:Каталог. М.: ВАТ «Сандвик МКТС», 2015.
6. Кургузов Ю.І., Колбасов М.О. особливості розрахунку сили затиску заготовок в трикулачкових патронах з урахуванням згинальних навантажень // Високі технології в машинобудуванні: матеріали Всерос. наук.-техн. інтернет-конф. Самара: Самар. держ. тех. ун-т, 2014. С. 49 - 51.
7. Проектування технологічного оснащення машинобудівного виробництва / Под ред. Ю.М. Соломенцева.- М.: Вища. шк., 1999 - 415с. 4
8. М.А. Ансеров. Пристосування для металорізальних станков.- Л.: Машинобудування, 1975 - 65бс.
9. Проектування і застосування технологічної оснастки в машинобудуванні: навчальний посібник А.П. Чурбанов, А.Б. Ефременков; Юргінській технологічний інститут. - Томськ: Видавництво Томського політехнічного університету, 2010. - 316 с.
10. Схиртладзе Олександр Георгійович. Технологічне оснащення машинобудівних виробництв: навчальний посібник / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Старий Оскол: ТНТ, 2008.

Рукопис подано до редакції 08.04.2019

УДК 622.274.3:622.224

С.В. ПИСЬМЕННИЙ, канд.техн.наук, Криворізький національний університет

## ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОГО ПРОГОНУ ОГОЛЕННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ СКЛАДНОСТРУКТУРНИХ РУДНИХ ПОКЛАДІВ КАМЕРНОЮ СИСТЕМОЮ РОЗРОБКИ

**Мета.** Метою виконаних досліджень є обґрунтування стійких параметрів конструктивних елементів камерної системи при розробці складноструктурних рудних покладів, яка дозволить підвищити показники вилучення рудної маси за рахунок селективного виймання.

**Методи досліджені.** Існуюча методика, яка застосовується на шахтах Кривбасу для визначення конструктивних елементів камерної системи розробки, при розрахунку прольоту оголення не враховує потужність налягаючої товщі порід зі сторони висячого боку очисної камери. Тому, необхідно розробити методику з визначення конструктивних елементів камерних систем розробки при відпрацюванні складноструктурних рудних покладів, для забезпечення стійкості оголень очисним камерам.

**Наукова новизна.** При відпрацюванні виймального блоку запропоновано очисні роботи здійснювати послідовно від висячого до лежачого боку складноструктурного рудного покладу камерною системою розробки, з залишенням в блоці безрудного або рудного включення. Даний порядок очисних робіт дозволить зменшити концентрацію розтягуючих та стискаючих напружень в середній частині безрудного або рудного включення, що сприяє підвищенню його стійкості в 1,5–2,0 рази.

**Практична значимість.** Впровадження ресурсозберігаючої технології необхідно здійснювати на першому етапі, який безпосередньо пов'язаний з видобутком руди та впливає на вміст заліза в видобутій рудній масі. Підвищити вміст заліза в видобутій рудній масі можливо за рахунок застосування селективної розробки виймальних блоків камерними системами розробки.

**Результати.** Встановлено, що на стійкість очисної камери, окрім її розмірів та фізико-механічних властивостей