

**Alla Lisikh**

*Pervomasky polytechnic institute of the Mykolaiv university of shipbuilding of the name of admiral Makarov, Ukraine*

### **Mechanics of elements of dvigitelya**

Resilient deformation of flexible flat element of the marine setting is considered in the article, it is indicated on actuality of decision of this question.

The method of numerical decision of task of oscillation is offered with variable tensions of technological submarine robot which allows to get necessary descriptions of the tensely-deformed state of flexible object. For the decision of nonlinear regional task the method of continuation is used on a parameter. Such approach allows effectively to use computational algorithms for the timely change of problem specification depending on technological necessities. By means of this methods it is possible to get any factors of the tensely-deformed state at loading of arbitrary vector of loading of both static and dynamic character, to optimize the form of dvigitelya and others like that. Examples of decision of such tasks which allow to draw conclusion about authenticity and efficiency of the used methods are made in the article.

The results of decision given in the article as computer graphics underline their authenticity, as one of signs of rightness of the got numerical decisions is convergence of differential equalizations. The worked out methods and algorithms can be useful at development of new constructions of submarine technological robots.  
**flexible element, method of continuation on a parameter, numerical integration**

Одержано 12.10.14

**УДК 621.98.04**

**В. Я. Мірзак, ст. викл., В. М. Боков, проф., канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет, bokov\_vm@mail.ru*

## **Засоби динамічного моніторингу якості тонколистового розділового штампування в системі «прес-штамп»**

Стаття присвячена засобам динамічного моніторингу якості тонколистового розділового штампування в системі «прес-штамп». Наведено технічні характеристики пристрою контролю точності для пресів номінальним зусиллям 0,4...0,63 МН, його схему, опис роботи й методику розрахунку основних параметрів. Запропоновано пристрій для динамічного моніторингу деформаційного стану штампа в процесі виконання технологічної операції.

**динамічний моніторинг якості, точність преса під навантаженням, компенсатор, деформаційний стан штампа**

**В.Я. Мирзак, ст. препод., В.М. Боков, проф., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

**Средства динамического мониторинга качества тонколистовой разделительной штамповки в системе «прес-штамп»**

Статья посвящается средствам динамического мониторинга качества тонколистовой разделительной штамповки в системе «пресс-штамп». Приведены технические характеристики устройства контроля точности для прессов номинальным усилием 0,4...0,63 МН, его схему, описание работы и методику расчета основных параметров. Предложено устройство для динамического мониторинга деформационного состояния штампа в процессе выполнения технологической операции.

**динамический мониторинг качества, точность преса под нагрузкой, компенсатор, деформационное состояние штампа**

© В. Я. Мірзак, В. М. Боков, 2015

**Актуальність.** Існуючи норми точності на преси передбачають геометричний контроль основних його деталей і вузлів та їх взаємоположення в процесі переміщення робочих органів, але виконується такий контроль, як правило, в статичному стані при виготовленні пресу й, інколи, в динамічному стані (в процесі експлуатації), без врахування дії технологічного навантаження [1, 2, 3]. В роботах [4, 5, 6] показано, що під час виконання розділових операції відбуваються інтенсивні деформаційні процеси в системі «прес-штамп», внаслідок чого такий параметр пресу, як неперпендикулярність ходу повзуна площині стола, значно виходить за встановлені норми. Жорсткість напрямних елементів штампного оснащення не є достатньою для забезпечення потрібної співвідносності робочих деталей (пуансона відносно матриці), що приводить до порушення рівномірності технологічного зазору між ними по контуру і, як наслідок, підвищенню їх зносу та зниженню показників точності та якості штампованих виробів. Треба також враховувати зміну жорсткості штампного блоку в момент занурення пуансона в матеріал заготовки, коли до жорсткості напрямних колонок додається жорсткість робочих деталей штампного блоку, що значно змінює загальну деформаційну картину.

В умовах виробництва точність преса та штампа поступово знижуються, що приводить до збільшення амплітуди зміщення верхньої половини штампа відносно нижньої, зростання нерівномірності зазору між пуансоном та матрицею, збільшення розкиду розмірів деталей, зростання нерівномірності величини задирки по контуру деталі, а отже втрати якості штампування.

Актуальною задачею тонколистового розділового штампування є контроль стану системи «прес-штамп» в процесі технологічного навантаження. Даний контроль, за думкою авторів, доцільно виконувати в режимі динамічного моніторингу.

**Мета дослідження** – розробка засобів динамічного моніторингу якості тонколистового розділового штампування в системі «прес-штамп».

**Методика дослідження.** Для підвищення кількості годних деталей в партії при тонколистовому розділовому штампуванні пропонується забезпечити:

- норми точності преса (наприклад, геометричну точність) з урахуванням технологічного навантаження;
- норми точності штампа при експлуатації на компенсаторі похибок системи «прес-штамп» (розробка авторів [7, 8]) або без нього.

Виконання цих умов дозволить зменшити амплітуду зміщення верхньої половини штампа відносно нижньої і тим самим створить кращі умови його експлуатації.

Адаптивний контроль параметрів точності та якості в системі «прес-штамп» під навантаженням має певні ускладнення. Це пов'язано з коротким часом виконання технологічної операції та складністю розміщення засобів контролю в робочій зоні пресового обладнання. Проблему можна вирішити таким чином:

- проведенням відповідних досліджень на пресобудівних заводах з включенням показників точності пресу під навантаженням в паспортні дані та інструкції по експлуатації;
- здійсненням контролю деформаційного стану системи «прес-штамп» в виробничих умовах на конкретному штампному оснащенні, що дає можливість отримати об'єктивну інформацію за ходом технологічного процесу, вносити в нього корективи і прогнозувати тенденції змін показників якості.

Відмічені вище особливості контролю системи «прес-штамп» під навантаженням накладають певні вимоги до конструкції відповідних пристроїв. Основні з них наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Особливості застосування пристроїв контролю

Місце застосування пристроїв контролю	Параметри, що контролюються				Наявність обов'язкових модулів	
	геометричні параметри		хід повзуна	перебіг повзуна	модуль технологічного навантаження	модуль штампового блоку
	горизонтальне зміщення повзуна	кутове переміщення повзуна				
Пресобудівні заводи	+	+	+	+	+	+
Штампувальні цехи	+	+	+	+	-	-

До другорядних показників, контроль яких можна здійснювати в подібних пристроях, потрібно віднести вібраційні характеристики преса після «зриву» навантаження при виконанні розділових операцій [9, 10].

Загальною вимогою для пристроїв контролю є універсальність, тобто можливість їх застосування для групи однотипних пресів. Що стосується умов компактності, то пристрої контролю пресів можуть по габаритам займати всю робочу зону преса, а пристрої контролю штампів повинні вписуватися в робочій простір з врахуванням габаритів штампового оснащення.

Результатом впровадження таких пристроїв контролю на пресобудівних заводах може бути графічна інформація в вигляді номограм або залежностей зміщення повзуна пресу в горизонтальному та кутовому напрямках від технологічного навантаження і жорсткості штампового оснащення в межах номінального зусилля пресу, яка додається до його паспортних даних за результатами випробувань разом з даними геометричного контролю точності без навантаження. Така інформація буде корисна тим, що ще на стадії проектування штампового оснащення можна буде оцінити можливість застосування того чи іншого пресу для виконання прецизійних операцій і, вразі невідповідності його цим вимогам, своєчасно прийняти рішення про альтернативні засоби підвищення точності, а саме, застосування відповідних пристроїв компенсації похибок системи “прес-штамп”.

В умовах виробництва на новому обладнанні, або на вже діючому обладнанні, яке подібний контроль не проходило, доцільно застосовувати малогабаритні переносні пристрої контролю, які закріплюються на штамповому оснащенні і дають інформацію щодо його деформаційного стану. Використання таких пристроїв, сумісно з ЕОМ і сучасним програмним забезпеченням статистичної обробки даних, дозволить надійно прогнозувати якість розділового тонколистового штампування.

**Результати дослідження.** В результаті теоретичного та експериментального дослідження розроблено два пристрої:

- пристрій 1 для динамічного моніторингу деформаційного стану преса під навантаженням;
- пристрій 2 для динамічного моніторингу деформаційного стану штампа (в процесі виконання технологічної операції).

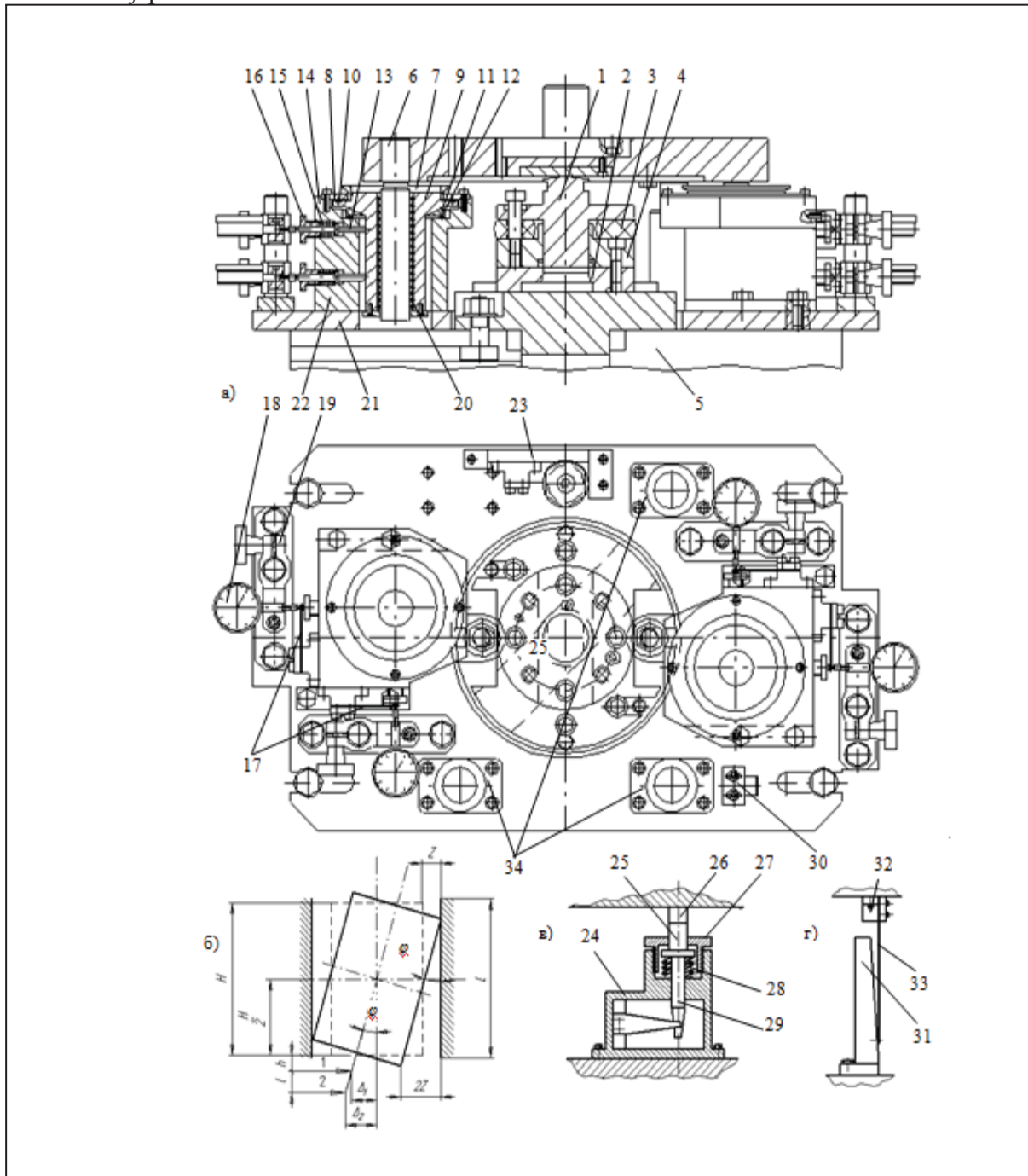
Пристрій 1 [11] входить до складу вимірювального комплексу разом з тензопідсилювачем або безконтактним індукційним вимірювачем малих переміщень, осцилографом або аналого-цифровим перетворювачем та персональним комп'ютером. Конструктивна схема пристрою 1 наведена на рис. 1.

Пристрій 1 динамічного моніторингу деформаційного стану преса під навантаженням призначений для контролю зсувів повзуна вздовж та впоперек фронту пресу при:

- центральному та ексцентричному навантаженням;

- жорсткому та вільному кріпленні пристрою, що навантажує;
- встановлених та знятих напрямних ковзання та кочення;
- діагональному та задньому розташуванні напрямних вузлів;
- жорсткому та плаваючому кріпленні верхньої плити;
- встановленні на підштампову плиту та компенсатор похибок пресу.

Пристрій 1 забезпечує також контроль величини перебігу повзуна при «зриві» навантаження та реєстрацію ходу повзуна пресу. Пристрій працює в динамічному та статичному режимах.



а – конструктивна схема; б – схема положення повзуна в напрямних преса; в – блок контролю вертикальних коливань повзуна преса; г – блок виміру ходу повзуна

Рисунок 1 – Пристрій 1 для динамічного моніторингу деформаційного стану преса під навантаженням

Основні технічні характеристики пристрою 1 наступні:

– діапазон виміру зсуву осі повзуна в горизонтальній площині, мкм	0...1000;
– вимір перебігу повзуна при відокремленні деталі, мкм	0...1000
– діапазон виміру кутів перекосу осі повзуна, град	0...1;
– діапазон реєстрації частоти коливань повзуна, Гц	0...1000;
– вимір ходу повзуна, мм	0...80;
– допустимий діапазон зусилля навантаження, кН	0...630;
– величина можливого зсуву осі тиску, мм	0...20;
– габаритні розміри, мм	770 × 400 × 200;
– маса, кг	60.

Пристрій 1 контролю точності пресів являє собою набір вимірювальних блоків непрямо пов'язаних з блоком навантаження, що дозволяє повністю контролювати положення осі повзуна в просторі протягом всього його ходу за рахунок жорстко зв'язаних з повзуном рухомих частин.

Блок навантаження складається з пуансону 1, матриці 2, пружини 3 та напрямного знімача 4. Блок встановлюється на плиту 5 і працює наступним чином. Верхня плита при ході повзуна преса вниз контактує через опорну шайбу зі сферичною поверхнею пуансона. Пуансон занурюється у заготовку і відбувається вирубування деталі. Можна змінювати технологічне навантаження в межах номінального зусилля преса за рахунок змінних комплектів пуансонів та матриць. Повернення пуансона здійснюється за допомогою пружини. Блок навантаження можна зсувати від осі повзуна в горизонтальній площині. Передбачено варіанти нерухомого кріплення матриці, можливість жорсткого кріплення пуансона до верхньої плити, розташування матриці на сферичній опорі та спільне встановлення пуансона і матриці з ексцентриситетом.

Блок контролю положення повзуна включає в себе: прецизійний напрямний вузол, який складається з напрямної колонки 6, що запресована у верхню плиту; напівкілець 7, що фіксують; кришки 8, яка контактує з втулкою 9 через пружний елемент 10. Втулка сферичною поверхнею опирається на кільце 11, яке через опори кочення 12 контактує з жорстко закріпленим на нижній плиті блока корпусом 22. Зовнішня поверхня втулки контактує з чотирма штовхачами 13, які знаходяться в корпусі 14 у взаємно перпендикулярних площинах і на різних висотах. Таке розташування штовхачів дозволяє одночасно реєструвати лінійні і кутові зміщення повзуна преса як при холостому ході, так і під навантаженням, а також коливальні процеси, які виникають на різних стадіях виконання технологічної операції. Протилежні торці штовхачів контактують з балками рівного опору 17, які можуть взаємодіяти з щупами індикаторів годинникового типу 18, що закріплюються в тримачах 19. Внутрішня поверхня втулки контактує з напрямною колонкою через опори кочення, які вмонтовані в сепаратор 20.

Блок працює наступним чином. Під дією технологічного зусилля повзун пресу зміщується в просторі, що приводить до зсуву напрямної колонки, яка через втулку 9 діє на вимірювальні штовхачі. Штовхачі деформують балки рівного опору, на які наклеюються тензодатчики. Штовхачі також можуть взаємодіяти з іншими вимірювальними приладами (месдозами і тензометрами, безконтактними індукційними або ємнісними датчиками). Для тарування датчиків використовуються індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм, які встановлюються в тримачі, що регулюються.

Блок контролю положення повзуна проводить вимір та реєстрацію зсувів останнього в горизонтальній площині, а також кута його перекосу по різниці показань



вертикально розташованих на відстані  $l$  штовхачів 13. Для надійності контакту штовхачів з бічною поверхнею втулки 9 застосовується гайка 16, яка через пружину 15 забезпечує притиск штовхача до втулки навіть при великій частоті пружних коливань повзуна в момент різкого прикладання або зняття навантаження. Високій точності виміру також сприяє відсутність повздовжнього переміщення втулки 9 відносно штовхачів 13 і розташування останніх у взаємно перпендикулярних напрямках. Встановлення на нижній плиті 21 двох вимірювальних блоків контролю положення повзуна, розміщених протилежно, дає змогу реєструвати лінійні та кутові зсуви та коливання повзуна як в статиці, так і в динаміці. Наприклад, якщо в одному з блоків контролю штовхачі 13 навіть при значно стиснених пружинах 15 не встигають притиснутися до бічної поверхні втулки 9, яка швидко віддаляється від них, здійснюючи разом з повзуном коливання з великою частотою, то протилежно розташовані штовхачі в другому блоці реєструють зміщення у їх бік.

Порівняння осцилограм, отриманих за допомогою двох протилежно встановлених блоків, що реєструють, дозволяє отримати всі параметри коливального процесу повзуна в двох взаємно перпендикулярних площинах.

Відстань  $l$  між штовхачами 13 визначається наступним чином.

При ході повзуна пресу вниз (рис. 1, б) кут  $\varphi$  його перекосу в напрямних дорівнює:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{2Z}{L} = \frac{2Z}{H \times \cos \varphi}, \quad (1)$$

де  $Z$  – величина однобічного зазору в напрямних;

$L$  – довжина опорної частини напрямних;

$H$  – висота повзуна.

Кут  $\varphi$  вимірюється за допомогою двох штовхачів, розташованих по вертикалі один над одним в блоці контролю положення повзуна

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{l} = \frac{\delta}{l}, \quad (2)$$

де  $\Delta_1$  – переміщення верхнього штовхача при перекосі повзуна;

$\Delta_2$  – переміщення нижнього штовхача при перекосі повзуна;

$\delta$  – різниця між переміщеннями верхнього та нижнього штовхачів, яка характеризує кут перекосу повзуна.

Прирівнявши праві частини рівнянь (1) і (2), отримаємо вираз для визначення відстані  $l$  між двома штовхачами:

$$l = \frac{\delta}{2Z} \times H \times \cos \varphi. \quad (3)$$

З виразу (3) виходить, що із зменшенням кута  $\varphi$  перекосу повзуна та збільшенням його висоти  $H$ , при певній різниці  $\delta$  між переміщеннями двох штовхачів, яку можна виміряти за допомогою наявних елементів, що реєструють (датчиків, індикаторів тощо), відстань між штовхачами збільшується. Отже, для підвищення точності виміру кута перекосу повзуна відстань  $l$  між штовхачами повинна бути максимально можливою.

Враховуючи, що при малому куту нахилу повзуна до напрямних, тангенс та синус кута нахилу приблизно рівні, тому співвідношення між відстанню та висотою повзуна  $H$  має вигляд:

$$\frac{l}{H} = \frac{\delta}{2Z}. \quad (4)$$

Так як величина  $\delta$  залежить від точності пристроїв, що реєструють та тарують, а максимальна величина сумарного зазору  $2Z$  в напрямних знаходиться в межах норм точності на пресові установки при перевірці на відхилення від перпендикулярності ходу повзуна до поверхні стола, після відповідних перетворень отримуємо потрібну відстань між вимірювальними штифтами при заданих величинах  $H$  та  $h$ :

$$l = \frac{H + 2h}{2} \left( \frac{\Delta_2}{\Delta_1} - 1 \right), \quad (5)$$

а найменший кут нахилу  $\varphi$  повзуна до напрямних визначиться за формулою:

$$\varphi = \arctg \frac{\Delta_2 L - Z(H + 2h)}{l \cdot L}. \quad (6)$$

Блоки контролю положення повзуна дозволяють зафіксувати горизонтальні та кутові зсуви повзуна пресу при холостому ході (відсутності блока навантаження) і при робочому ході під навантаженням як в статиці, так і в динаміці.

Блок виміру "перебігу" пуансону 23 (рис. 1, а) наведений на рис.1, в. Блок складається із зварної стійки 24, прокладки 25, контактуючої магнітної шайби 26, гайки 27, пружини 28 та вимірювального штока 29. Блок працює наступним чином. Повзун пресу разом з верхньою плитою опускається вниз. На відстані на 1-2 мм більше товщини матеріалу  $t$  відбувається контакт плити з магнітною шайбою і подальше переміщення плити здійснюється спільно з вимірювальним штоком 29, що контактує своїм скосом з балкою рівного опору, на яку наклеюються тензодатчики.

Внаслідок невеликої величини ходу підпружиненого штоку, яка дорівнює  $S = t + (2...4)$  мм, елементи, що реєструють (тензодатчики, індукційні безконтактні датчики малих переміщень і т. ін.) мають високу чутливість.

Таким чином, процес деформації (розділення) заготовки реєструється повністю з записом осцилограм величини вертикальних пружних коливань повзуна при різкому прикладанні та знятті навантаження.

Блок виміру ходу повзуна 30 (рис.1, а) наведений на рис. 1, г. Блок складається із стійки 31, основи 32, та балки рівного опору 33.

Блок виміру ходу повзуна працює при ході повзуна униз та уверх. При цьому балка рівного опору з наклеєними на неї тензодатчиками, контактує зі скосом стійки 31 та деформується, завдяки чому фіксується величина ходу повзуна на всьому діапазоні його переміщення. Це дозволяє пов'язати поперечні коливання повзуна, які реєструються блоком контролю положення повзуна та його вертикальні коливання при навантаженні-розвантаженні, які реєструються блоком реєстрації вертикальних пружних коливань, з ходом повзуна в будь-який момент часу.

Пристрій контролю точності пресів під навантаженням дозволяє також моделювати вплив жорсткості штампа на точність преса за рахунок знімних напрямних ковзання 34 або кочення.

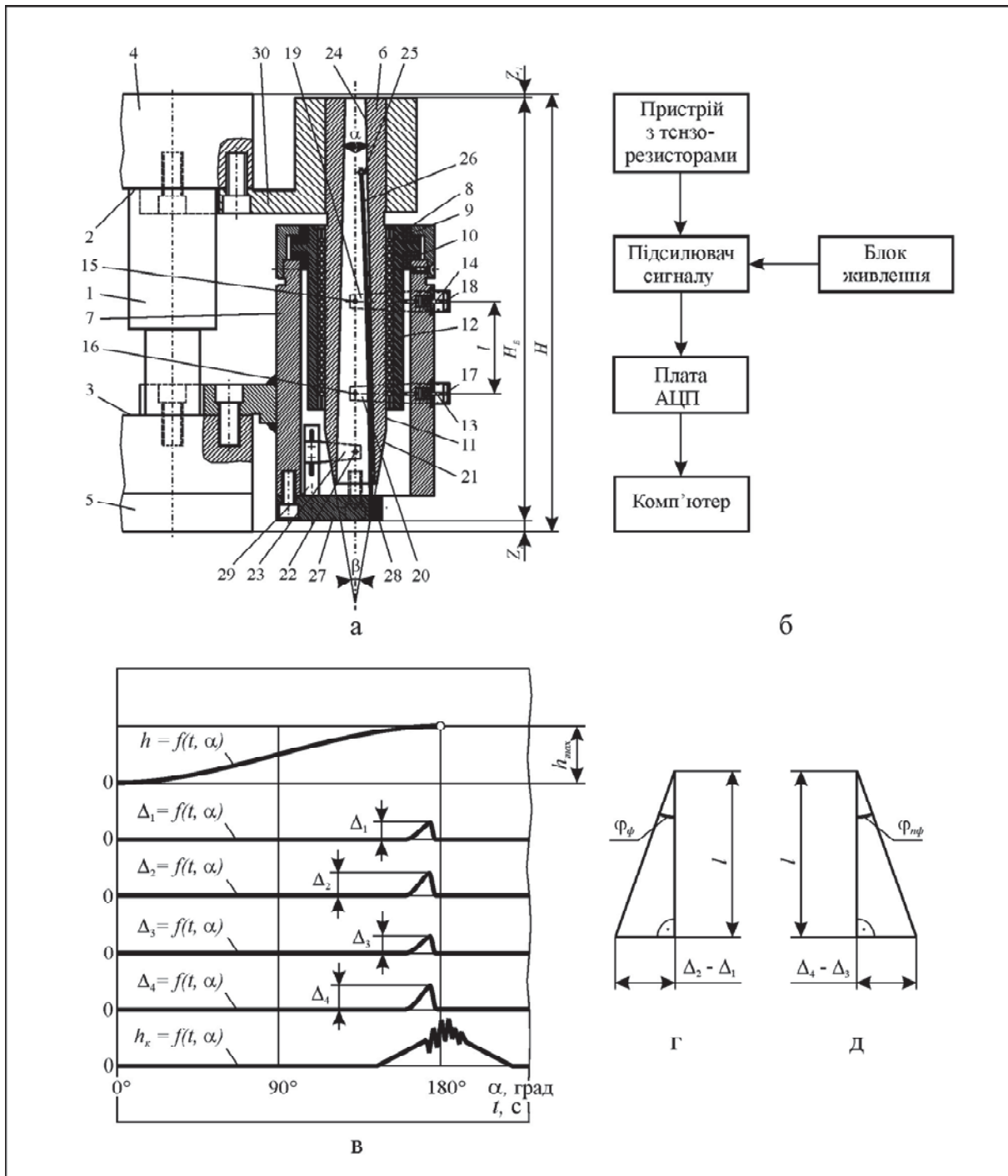
Дані, що отримані за допомогою вказаного пристрою, рекомендується враховувати при проектуванні штампового оснащення та вирішенні організаційних питань технологічної підготовки штампувального виробництва.

Принципово пристрій 1 також може бути використаний і для моніторингу деформаційного стану штампа в процесі технологічного навантаження. Для чого необхідно замість блоку навантаження повзуна встановити у пристрій реальний штамп, та змінити назви і призначення інших блоків в наступні: блок контролю деформаційного стану штампового інструмента (замість блоку контролю положення повзуна); блок реєстрації пружних коливань інструмента (замість блоку реєстрації пружних коливань повзуна); блок реєстрації переміщення інструмента (замість блоку реєстрації переміщення повзуна). Але пристрій 1 має підвищену закриту висоту, яка складається із закритої висоти штампа, що є об'єктом моніторингу, та товщини верхньої і нижньої плит блоку контролю. Крім того, пристрій 1 має значно більші габарити в плані ніж штамп. За даних причин суттєво зростає маса рухомих частин пристрою та виключається можливість здійснювати моніторинг деформаційного стану штампа на тому пресі, на якому даний штамп повинен працювати. В зв'язку з тим відомий пристрій встановлюють на прес більшого типорозміру, якій, як правило, має меншу кількість ходів у хвилину та інші точності характеристики. Саме тому отримані за допомогою даного пристрою результати, щодо моніторингу деформаційного стану штампа в процесі технологічного навантаження, значно відрізняються від результатів, що відповідають реальним умовам експлуатації штампа. З метою підвищення точності отриманої інформації, запропоновано саме пристрій 2 [12], який здійснює моніторинг деформаційного стану штампа в процесі технологічного навантаження в реальних умовах штампування.

Пристрій 2 також входить до складу вимірювального комплексу разом з тензопідсилювачем або безконтактним індукційним вимірювачем малих переміщень, осцилографом або аналого-цифровим перетворювачем та персональним комп'ютером, Конструктивна схема пристрою 2 наведена на рис. 2.

Суть пристрою 2 для моніторингу деформаційного стану штампа в процесі технологічного навантаження, який включає в себе блок контролю деформаційного стану штампового інструмента, блок реєстрації пружних коливань інструмента, блок реєстрації переміщення інструмента, полягає в тому, що усі блоки виконано в одному швидкозмінному і компактному вузлу, закрита висота якого не перевищує закриту висоту штампа, а сам вузол виконано з можливістю консольного кріплення до внутрішніх поверхонь верхньої та нижньої плит штампа, причому об'єднуючим елементом усіх блоків є колонка, яка пов'язана з корпусом пристрою через кульковий напрямний вузол та еластичні елементи і має: зовнішню циліндричну робочу поверхню, що без зазору взаємодіє через циліндричну втулку з підпружиненими штифтовими упорами, які розташовані у двох взаємно перпендикулярних площинах і передають рух двом парам пружних пластин-балок рівного опору з наклеєними тензорезисторами блоку контролю деформаційного стану штампового інструмента; зовнішню конічну робочу поверхню, з якою взаємодіє упор пружної пластини-балки рівного опору з наклеєними тензорезисторами блоку реєстрації пружних коливань інструмента; внутрішню конічну робочу поверхню, з якою взаємодіє упор пружної пластини-балки рівного опору з наклеєними тензорезисторами блоку реєстрації переміщення інструмента.





а - схема пристрою; б - блок схема осцилографування результатів моніторингу;  
 в - фрагмент типової осцилограми; г - розрахункова схема для визначення кута  $\varphi_{\phi}$  відхилення пуансона від номінального положення в площині фронту преса при технологічному навантаженні;  
 д - розрахункова схема для визначення кута  $\varphi_{n\phi}$  відхилення пуансона від номінального положення в площині перпендикулярній фронту штампa при технологічному навантаженні

Рисунок 2 – Пристрій для моніторингу деформаційного стану штампa в процесі технологічного навантаження

Пристрій 2 для моніторингу деформаційного стану штампa в процесі технологічного навантаження (рис. 2.) складається із трьох блоків (блоку контролю

деформаційного стану штампового інструмента, блоку реєстрації пружних коливань інструмента; блоку реєстрації переміщення інструмента), які виконано в одному швидкозмінному і компактному вузлу, закрита висота  $H_B$  якого менше закритої висоти штампа  $H$  на величину, що дорівнює сумі гарантованих зазорів  $Z_1 + Z_2$ , а сам вузол виконано з можливістю консольного кріплення до верхньої 4 та нижньої 5 плит штампа 1 із встановленням його на шліфовані поверхні 2, 3. Об'єднуючим елементом усіх блоків є колонка 6, яка пов'язана з корпусом 7 пристрою через кульковий напрямний вузол 8 та еластичні елементи 9, 10 і має: зовнішню циліндричну робочу поверхню 11, що без зазору взаємодіє через циліндричну втулку 12 з підпружиненими штифтовими упорами 13, 14, 15, 16, які розташовані у двох взаємно перпендикулярних площинах і передають рух двом парам пружних пластин-балок (17, 18 – за віссю  $x$  та 19, 20 – за віссю  $y$  в площині штампування) рівного опору з наклеєними тензо-резисторами блоку контролю деформаційного стану штампового інструмента; зовнішню конічну робочу поверхню 21, з якою взаємодіє упор 22 пружної пластини-балки 23 рівного опору з наклеєними тензорезисторами блоку реєстрації пружних коливань інструмента; внутрішню конічну робочу поверхню 24, з якою взаємодіє упор 25 пружної пластини-балки 26 рівного опору з наклеєними тензорезисторами блоку реєстрації переміщення інструмента. Пластина-балка 26 жорстко кріпиться до тримача 27 за допомогою планки 28, а пластина-балка 23 – до стояка 29 з можливістю регулювання в осьовому напрямку. В свою чергу, стояк 29 нерухомо закріплено відносно тримача 27. Колонка 6 запресована в тримач 30. Для підвищення чутливості (амплітуди) реєстрації коливань штампового інструмента кут  $\beta$  зовнішньої конічної поверхні 21 колонки 6 виконують значно більшим кута  $\alpha$  її внутрішньої конічної поверхні 24.

Пристрій 2 працює таким чином. Для моніторингу деформаційного стану штампового інструменту в процесі технологічного навантаження штамп 1 встановлюється саме на тому пресі, на якому він в подальшому буде працювати. До штампа 1 кріплять пристрій з базуванням на шліфовані поверхні 2, 3 верхньої 4 та нижньої 5 плити. Налаштування пристрою передбачає: регулювання положення пластини-балки 23 за висотою; підключення апаратури для осцилографування результатів моніторингу деформаційного стану штампового інструмента у відповідності з принциповою блок-схемою; регулювання (обнуління) початкових координат тензорезисторів пластин-балок 17, 18, 19, 20, 26, 29 на осцилограмі. Далі здійснюють штампування та запис результатів осцилографування показників тензорезисторів в пам'ять комп'ютера за допомогою плати АЦП.

Із подальшого аналізу отриманої осцилограми визначають кути відхилення колонки 6:

– кут  $\varphi_\phi$  відхилення пуансона від номінального положення в площині фронту штампа при технологічному навантаженні за формулою (7)

$$\varphi_\phi = \arctg \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{l}, \quad (7)$$

де  $\Delta_1, \Delta_2$  – показники відповідних тензорезисторів, що вимірюються за осцилограмою;  $l$  – відстань між тензорезисторами;

– кут  $\varphi_{n\phi}$  відхилення пуансона від номінального положення в площині, що перпендикулярна фронту штампа при технологічному навантаженні за формулою (8)

$$\varphi_{n\phi} = \arctg \frac{\Delta_4 - \Delta_3}{l}, \quad (8)$$

де  $\Delta_4$ ,  $\Delta_5$  - показники відповідних тензорезисторів, що вимірюються за осцилограмою.

Інформація про амплітуду, частоту та тривалість коливальних процесів інструмента в напрямку штампування зафіксована на осцилограмі на нижній кривій.

Використання пристрою для моніторингу деформаційного стану штампа в процесі технологічного навантаження, що пропонується, порівняно з відомим, дозволяє суттєво підвищити точність отриманої інформації за рахунок здійснення моніторингу в реальних умовах штампування, при підвищенні рівня універсальності та зручності користування, а також при 10...15-кратному зменшенні маси та меншій вартості пристрою.

**Висновки.** В статті наведений аналіз існуючих засобів контролю точності пресового обладнання та штампового оснащення. Запропоновані заходи щодо застосування пристроїв динамічного моніторингу деформаційного стану преса під навантаженням в умовах пресобудівних заводів та пристроїв для динамічного моніторингу деформаційного стану штампа (в процесі виконання технологічної операції) в умовах штампувального виробництва. Розроблені вимірювальні комплекси для контролю точності пресового обладнання під навантаженням з можливістю застосування на гаму пресів та моніторингу деформаційного стану штампа в процесі технологічного навантаження. Застосування комплексів підвищує точність та якість як виготовлення пресового обладнання, так і технологічних процесів штампування деталей підвищеної та високої точності.

## Список літератури

1. Батура А. И. К методике измерения рабочей точности прессов. / А. И. Батура, А. П. Рудницкий. – Воронеж: ЭНИКМАШ, 1976. – 170 с.
2. Титаренко Н.И. Точность системы пресс-штамповый блок. / Н. И. Титаренко. – Киев: Наукова думка, 1980. – 135 с.
3. Мартон Т. и др. Испытание прессов на точность в цеховых условиях. Кузнечно–штамповочное производство, 1986.- № 9.- С.29-30.
4. Кокоулин В. П. Исследование жесткости станин открытых кривошипных прессов: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.03.05 «Процессы и машины обработки давлением» / В. П. Кокоулин. – 05.03.05 «Процессы и машины обработки давлением». – 1967. – 20 с.
5. Касымкулов С. К. Деформируемость станин открытых прессов, разработка методики расчета и оптимизация конструкции: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.03.05 «Процессы и машины обработки давлением» / С. К. Касымкулов. – Москва, 1984. – 20 с.
6. Явтушенко А. В. Силовые условия устойчивости ползуна однокривошипного преса / А. В. Явтушенко // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 133/2012. Серія: Механіка, енергетика, екологія. – Севастополь, 2012. – С. 260-268.
7. Мірзак В. Я. Моделирование показников міцності механічного компенсатора похибок системи «прес-штамп» із застосуванням метода скінчених елементів / В. Я. Мірзак, В. М. Боков // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету: техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Вип. 27. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 3-12.
8. Пат. 70346 Україна, МПК В26 F 1/40. Спосіб тонколистового розділового штампування в системі «прес-штамп» з безззорним напрямком рухомої частини штампа відносно нерухомої / Мірзак В. Я., Боков В. М.; власник Кіровоградський національний технічний університет. – № u201113040; заявл. 07.11.2011; опубл. 11.06.2012, Бюл. № 11.
9. Горбатенко Ю. И. Влияние вибраций, возникающих при работе механических прессов, на окружающее оборудование / Ю. И. Горбатенко // Проектирование и производство крупных электрических машин. – Новосибирск, 1973. – С. 280-283.
10. Крешнянский В. Г. Расчёт амортизатора ползуна кривошипного преса / В. Г. Крешнянский, Н. П. Катков // Кузнечно-штамповочное производство. – 1977. – № 1. – С. 28–30.
11. А. с. 1418064 СССР, МКИ В30 В15/00. Устройство для измерения отклонения перемещения ползуна вертикальной пресовой установки. А. П. Качанов, В. Я. Мирзак, В. С. Запороженко и др. (СССР) №4186495/27. Заявлено 28.01.87; Опубл. 28.08.88, Бюл. № 31.

12. Пат. 32167 Україна, МПК В30 В 15/00. Пристрій для моніторингу деформаційного стану штампа в процесі технологічного навантаження / Мірзак В. Я., Боков В. М.; власник Кіровоградський національний технічний університет. – № u200713773; заявл. 10.12.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9.

**Vladimir Mirzak, Viktor Bokov**

*Kirovohrad National Technical University*

**Facilities of the dynamic monitoring of quality of thin-sheet dividing stamping in the system “press-stamp”**

The aim of the work is the development of facilities of the dynamic monitoring of quality of thin-sheet dividing stamp in the system “press-stamp”.

The analysis of the existent control of precision of press equipment and stamps was carried out. The recommendations on application of the appliances of dynamic monitoring of the deformation state of press on-loading in the conditions of press-construction plants and devices for dynamic monitoring of the deformation state of stamp in the process of implementation of technological operation were made. Measuring complexes for the control of precision of press equipment on-loading with possibility of application of gamma-presses and monitoring of the deformation state of stamp in the process of technological loading were worked out.

Application of the complexes increases the precision and quality of the production of press equipment as well as technological processes of parts stamping of high precision.

**dynamic monitoring of quality, precision press-load, compensator, deformation state of stamp**

Одержано 04.03.15

**УДК 656.132**

**М.М. Мороз, доц., д-р техн. наук**

*Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського,  
mykolai.moroz@gmail.com*

## **Шляхи вдосконалення пасажирських перевезень транспортном загального користування**

Проведено аналіз моделей транспортної технології перевезення пасажирів та розроблено заходи з вдосконалення та розвитку транспортної мережі міста Кременчук. Розвиток міських пасажирських перевезень полягає у широкому впровадженні засобів логістики пасажирських перевезень, які передбачають цілеспрямоване вирішення науково-прикладних задач та забезпечують ефективність і якість кінцевих результатів діяльності транспорту загального користування.

**транспортна мережа, пасажирські перевезення, ефективність, транспорт загального користування**

**Н.Н. Мороз, доц., д-р техн. наук**

*Кременчугський національний університет імені Михайла Остроградського*

**Пути усовершенствования пассажирских перевозок транспортом общего пользования**

Проведен анализ моделей транспортной технологии перевозок пассажиров и разработано мероприятия по усовершенствованию и развитию транспортной сети города Кременчуг. Развитие городских пассажирских перевозок состоит в широком внедрении средств логистики пассажирских перевозок, которые предусматривают целенаправленное решение научно-прикладных задач и обеспечивают эффективность и качество конечных результатов деятельности транспорта общего пользования.

**транспортная сеть, пассажирские перевозки, эффективность, транспорт общего пользования**

© М.М. Мороз, 2015