

**Список літератури:** 1. Попов С. М. Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні / С. М. Попов, Д. А. Антонюк, В. В. Нетребко. – Запоріжжя: ЗНТУ, ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 368 с. 2. Тененбаум М. М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин / М. М. Тененбаум. – М.: Машиностроение, 1976. – 247 с. 3. Попов С. Н. Исследование условий характера разрушения сопряженных поверхностей деталей машин при заклинивании и дроблении абразива / С. Н. Попов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2000. – №1 – С.35-39. 4. Капустин М. А. Повышение ударостойкости износостойких высокоуглеродохромистых сплавов путем изменения морфологии упрочняющей фазы при модифицировании / М. А. Капустин, С. Н. Попов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2000. – №2. – С.31-33. 5. Цыпин И. И. Новый абразивно-коррозионностойкий белый чугун / Цыпин И. И., Гарбер И. Б., Михайловская С. С. // Литейное производство. – 1972. – №4. – С. 3-4 6. Хромистый чугун для валков горячей прокатки / [Скобло Т. С., Вишнякова Е. И., Мажарова Н. И. и др.] Литейное производство. – 1985. – №6. – С.6-7. 7. Попов С. Н. Микрорентгеноспектральные и структурно-фазовые исследования Fe-C-Ti-V износостойких наплавочных сплавов / Попов С. Н., Антонюк Д. А., Редька Н. А. // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – № 2(19). – С. 229-234.

Надійшла до редколегії 20.02.2013

#### УДК 621.891

**Дослідження впливу титану на зносостійкість вуглецевохромистих сплавів при ударно-абразивному зношуванні / С. М. Попов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 11 (985). – С. 15-19. – Бібліогр.: 7 назв.**

В статье представлены исследования повышения износостойкости и ударостойкости высокоуглеродохромистых сплавов. Предложен и проведен алгоритм анализа комплексного влияния титана на физико-механические и энергетические параметры. Проведено математическое планирование эксперимента и получена нелинейная система уравнений влияния содержания титана в сплаве на твердость HRC и общую энергию разрушения  $N_u$ .

**Ключевые слова:** структура, фаза, дробление, износостойкость, регрессия.

The paper presents the study of increasing wear resistance and impact resistance highest carbon chromium alloys. Proposed and performed the analysis algorithm combined effect of titanium on the physical, mechanical and energy parameters. The mathematical design of experiments and the nonlinear system of equations is the influence of the titanium content in the alloy hardness HRC and the total energy of destruction  $N_u$ .

**Keywords:** structure, phase, crushing, wearproofness, regression.

#### УДК 621.83

**Т. А. ВАСИЛЬЧЕНКО**, ассистент, ЗГИА, Запорожье

#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНОГО ПРИВОДА КРИВОШИПНЫХ ПРЕССОВ**

Представлено описание экспериментальной установки для исследования нестационарных процессов включения и останковки планетарного привода. Приведены типовые осциллограммы, полученные во время эксперимента и результаты статистической обработки экспериментальных данных.

**Ключевые слова:** планетарный привод, экспериментальная установка, тормозной момент

**Введение.** В отечественном и зарубежном прессостроении все большее распространения получают пресса с планетарной системой включения, обладающей определенными преимуществами наряду с традиционными системами включения, однако в литературных источниках практически полностью отсутствуют данные по

© Т. А. ВАСИЛЬЧЕНКО, 2013

анализу и синтезу данных систем. В работах [1-3] были рассмотрены вопросы построения динамической и математической моделей планетарного привода, а также предложена методика расчета его основных энергодинамических параметров. Проведение экспериментальных исследований является необходимым этапом, служащим для подтверждения теоретических выкладок и расчетов, правильности принятых допущений и предпосылок.

**Проблемы и пути ее решения.** Для изучения поставленной проблемы, была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка, представляющая собой модель планетарного привода кривошипного пресса усилием 400 кН.

Общий вид установки приведен на рис.1. Конструктивно установка выполнена в виде отдельного блока 1, установленного на плите 2, которая, в свою очередь, скреплена на раме 3, служащей основанием. Привод осуществляется от электродвигателя 4 через клиноременную передачу 5. Фрикционный узел включения функционирует за счет сжатого воздуха, который подается через ресивер 6 в систему пневматического управления, расположенную в шкафу 7.

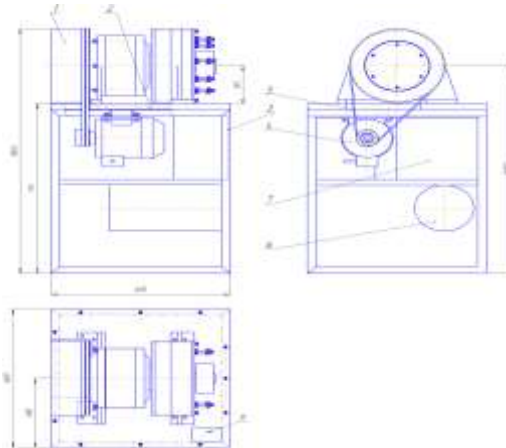


Рис. 1 - Общий вид экспериментальной установки

Основной блок установки представляет собой ведущую часть установки, планетарный редуктор и фрикционный узел включения.

Схема основного силового блока установки представлена на рис. 2. Основной целью создания установки являлось исследование нестационарных процессов включения и остановки привода, поэтому функционально установка выполнена в виде модели привода кривошипного пресса с планетарным приводом. На выходном валу силового блока установлен дополнительный маховик 14, имитирующий ведомые части главного исполнительного механизма пресса.

Маховик 1 установлен на самоустанавливающихся шариковых двухрядных подшипниках в корпусе 2. Через промежуточную зубчатую муфту он соединен с ведущим валом 4, входящим в зацепление с тремя сателлитами 5, установленными на осях 6. сателлиты 5 входят во внутреннее зацепление с наружной шестерней 7, установленной в корпусе также на самоустанавливающихся подшипниках. Оси сателлитов неподвижно установлены в водиле 8, которое одним концом установлено в корпусе редуктора, а вторым концом установлено в корпусе пневматического цилиндра 12.

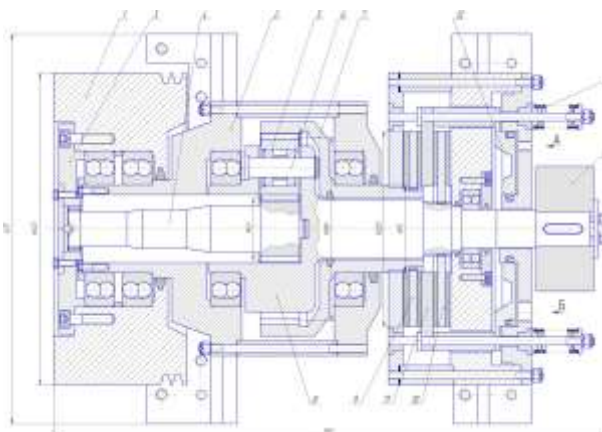


Рис. 2 - Основной силовой блок

Вал наружной шестерни и водило через шлицевые соединения связаны с дисками торможения шестерни 9 и диском торможения водила 10. торможение этих дисков производится за счет сил трения на поверхности контакта дисков с промежуточным нажимным диском 11, который перемещается за счет сжатого воздуха в пневматическом цилиндре 12 или возвратных пружин 13. Подача сжатого

воздуха в цилиндр производится через отверстие *Б*, а измерение давления воздуха производится через канал *А*.

Все основные элементы планетарного редуктора установлены на самоустанавливающихся подшипниках, что значительно снижает требования по точности изготовления опор, зубчатых зацеплений, монтажа и др. Ведущий вал 4 привода не имеет опор, а опирается на маховик 1 и уравнивается сателлитами 5. Наружная шестерня 7 имеет только одну опору и также уравнивается сателлитами.

Фрикционный узел включения выполнен в виде двух дисковых фрикционных тормозов с общим приводом и общим нажимным диском. Тормозной диск 10 водила служит для остановки привода пресса после совершения рабочего хода. Величина тормозного момента определяется кинетической энергией останавливаемых масс и величиной требуемого угла торможения. В тоже время тормозной диск 9 наружной шестерни служит для остановки шестерни при включении привода для совершения рабочего хода и для ее удержания при совершении технологического нагружения. Для обеспечения максимально большего значения тормозного момента при включении перед тормозным моментом при остановке привода предусмотрено включение тормоза водила с помощью тормозных пружин 13, а включение тормоза наружной шестерни за счет давления сжатого воздуха. В итоге при одинаковых размерах тормозных дисков осевое усилие на диск шестерни со стороны пневматического цилиндра значительно больше суммарного усилия возвратных пружин.

Основными параметрами, которые определяют технические характеристики привода, являются: угловые скорости основных звеньев планетарного механизма; крутящий момент на фрикционном контакте; расход энергии на включение и остановку привода, а также время включения и остановки.

Исходя из особенностей конструкции опытной установки, производилось измерение углов поворота ведущего маховика и водила, конструктивно связанного с главным валом пресса.

Величина крутящего момента на фрикционном контакте косвенно оценивалась по величине давления сжатого воздуха в пневматическом цилиндре и по усилию затяжки тормозных пружин.

Расход энергии на включение и остановку оценивался по величине мгновенной мощности, развиваемой электродвигателем в течение процессов включения и остановки. Измерялся ток в одной из обмоток двигателя и после перерасчета мгновенной мощности, производилось численное интегрирование с целью определения работы за время включения или остановки.

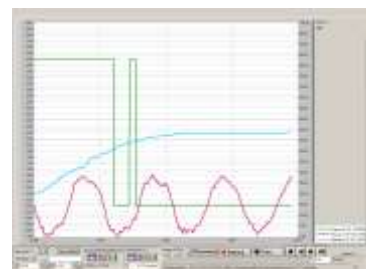
Производилась вариация давления сжатого воздуха в пневматическом цилиндре тормозного узла, изменялся расход воздуха в пневматической системе управления цилиндром, изменялась величина наибольшего тормозного момента. Изменение давления сжатого воздуха от 0,2 до 0,4 МПа производилось с помощью пневматического редуктора на входной магистрали сжатого воздуха и приводило к пропорциональному изменению максимального тормозного момента тормоза включения. Изменение расхода сжатого воздуха от 25 до 3 л/мин производилось пневматическим дросселем в магистрали питания пневматического цилиндра. Изменение максимального тормозного момента тормоза остановки производилось путем изменения усилия затяжки тормозных пружин. При номинальном усилии затяжки одной пружины во включенном состоянии тормоза 110 Н и жесткости

пружины 5,5 Н/мм изменение затяжки на  $\pm 5$  мм приводит к изменению тормозного момента на  $\pm 25$  %.

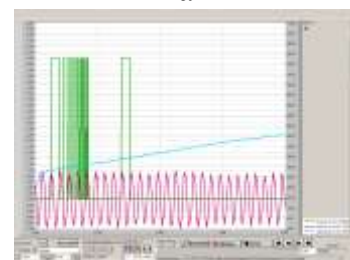
На последующих рисунках приведены типовые осциллограммы, полученные во время экспериментов. На рис. 3 приведена осциллограмма процесса включения привода. При закрытом дросселе входного трубопровода (минимальный расход воздуха) резко увеличиваются все периоды движения поршня и нарастания давления. В итоге время до начала движения водила увеличивается примерно в 2,5...3 раза, интенсивность включения резко снижается. Анализ процессов нарастания давления в включении тормоза и не воздуха и интенсивности разгона водила показывают, что величина коэффициента интенсивности включения тормоза должна равняться не более 0,2...0,3 при более 0,1...0,15 при его выключении. Для тормозов с жесткой блокировкой, как это выполнено в фрикционном узле экспериментальной установки, при включении привода величина тормозного момента тормоза остановки должна приниматься равной нулю.

На рис. 4 приведены осциллограммы изменения давления воздуха в полости тормозного узла при максимальном и минимальном расходе сжатого воздуха. Выделяется момент времени, когда давление воздуха достигает значения примерно 0,1 МПа (соответствует 1,4...1,6 делений вертикальной оси на осциллограмме), соответствующего началу контакта фрикционных поверхностей нажимного диска и диска тормоза включения. После этого давление воздуха продолжает возрастать до максимального значения. Рис. 4,б подтверждает правомочность аппроксимации изменения тормозного момента показательной зависимостью. Из рисунка следует, что давление воздуха достигает максимального значения при  $t = 1$  с. При других значениях коэффициента время достижения максимального тормозного момента уменьшается пропорционально величине  $t^2$  (рис. 4,а).

При остановке привода, когда происходит включение тормоза остановки за счет тормозных пружин, величина расхода воздуха практически не влияет на длительность процесса торможения (рис. 5). При уменьшенном расходе увеличивается время опорожнения полости пневматического цилиндра и момент начала остановки водила наступает позже. Длительность процесса остановки после начала затормаживания водила практически не изменяется.

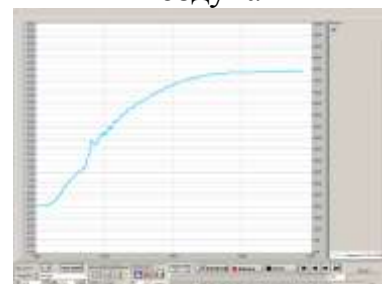


а

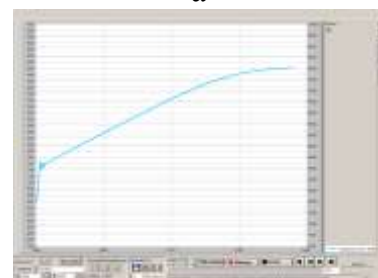


б

Рис. 3 - Осциллограмма процесса включения привода: а - при максимальном расходе воздуха; б - при минимальном расходе воздуха



а



б

Рис. 4 - Осциллограмма изменения давления воздуха: а - при максимальном расходе воздуха; б - при минимальном расходе воздуха



На рис. 6 приведены осциллограммы процесса включения при затяжке пружин на 16 мм и 10 мм, что соответствует максимальному тормозному моменту соответственно 48 Нм и 30 Нм. Из рис. 6,а следует, что угол и время торможения увеличились примерно в 2 раза, а из рис. 6,б следует, что тормозной момент недостаточный для надежного торможения и удержания водила.

После исключения случайных измерений выполнена математическая обработка полученных результатов. Общие число измерений в каждой серии опытов  $n = 16$ , число серий –  $m=3$ , доверительная вероятность  $P = 0,95$ . При таких параметрах коэффициент Стьюдента равен 2,145, оценка среднеквадратичного

отклонения результатов измерений времени  $t_s$  торможения  $S(A) = 0,3876 \cdot 10^{-4}$ , тогда доверительные границы случайной погрешности равны  $\varepsilon_t = \pm 0,8314 \cdot 10^{-5}$ . Оценка среднеквадратичного отклонения результатов измерения углов торможения  $\varphi_{ht}$   $S(A) = 0,31$ , следовательно, доверительные границы случайной погрешности равны  $\varepsilon_{ht} = \pm 0,664$ . Смещенная оценка среднего квадратичного отклонения  $S^*$  равна  $1,501 \cdot 10^{-3}$ , а составной критерий  $d = 0,75981$ . При измерении угла торможения водила смещенная оценка среднего квадратичного отклонения  $S^*$  равна  $1,199 \cdot 10^{-3}$ , а составной критерий  $d = 0,86012$ . Согласно ГОСТ 8.207–76 предельные квантили распределения соответственно равны  $d_1 = 0,7236$  и  $d_2 = 0,8884$ , то есть полученные квантили распределения результатов измерений лежат в диапазоне допустимых значений и результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению.

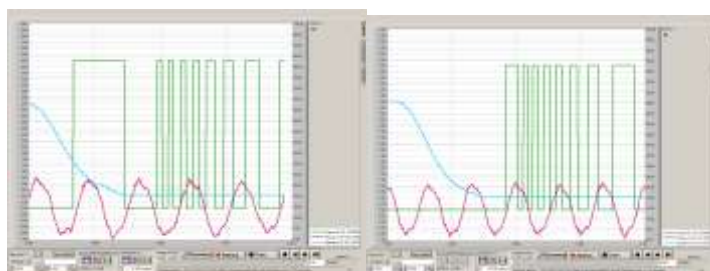
Критерий Кохрена при измерении времени торможения для максимальной дисперсии  $\max D_i = 9,44 \cdot 10^{-6}$  равен 0,53093 и при измерении угла торможения для максимальной дисперсии  $\max D_i = 2,018 \cdot 10^2$  равен  $K_{кр} = 0,35005$  соответственно, что не превышает теоретического значения  $K_{кр} = 0,55$  [4], следовательно эксперименты считаются воспроизводимыми.

Теоретический коэффициент Фишера  $K_{фт} = 2,4$  [4]. Для проведенных 3-х серий исследований получено  $D_a = 6,3194 \cdot 10^{-7}$ ,  $D_{ср} = 1,4987 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{фэ} = 0,42166$ . Так как  $K_{фэ} < K_{фт}$ , теоретические результаты адекватны экспериментальным данным.

Таким образом, результаты обработки показывают достоверность экспериментальных данных.

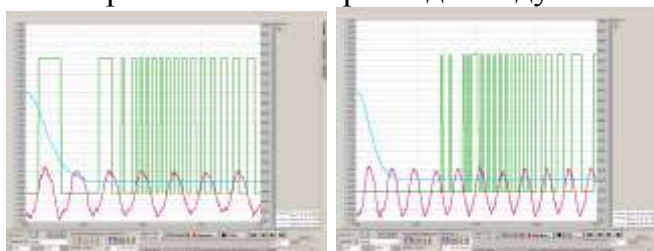
### Выводы

Основные результаты экспериментальных исследований переходных процессов планетарного привода подтвердили правомочность теоретических предпосылок и математических зависимостей. Результаты наблюдений принадлежат нормальному



а б

Рис. 5 - Осциллограмма процесса выключения привода: а - при максимальном расходе воздуха; б - при минимально расходе воздуха



а б

Рис. 6 - Осциллограмма процесса остановки привода: а - при тормозном моменте 48Нм; б - при тормозном моменте 30 Нм

закону розподіленню. Експериментальні результати вважаються воспроизводимими, т. к. отримані значення критерію Кохрена менше теоретичного значення. Кинематичні та силові характеристики фізичної моделі механізму адекватні теоретичним розрахункам, що підтверджується критерієм Фішера.

**Список літератури:** 1. Явтушенко А. В. Динамічна модель планетарного привода кривошипних пресов / А. В. Явтушенко, А. В. Глебенко, Т. А. Васильченко, С. С. Видмич // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип.6 (59) частина 1. – С.44 – 48. 2. Явтушенко А. В. Математична модель планетарного привода кривошипних пресов / А. В. Явтушенко, Б. П. Серєда, Т. А. Васильченко, А. В. Глебенко // Вісник Національного технічного університету «КПІ». Серія машинобудування. – Київ: НТКПІ, 2010. – Вип. № 60 – С.200 – 203. 3. Явтушенко А. В. Приближений розрахунок основних енергодинамічних параметрів процесів включення та зупинки планетарного привода / А. В. Явтушенко, Б. П. Серєда, Т. А. Васильченко, А. В. Глебенко // Обробка металів тисненням. Збірник наук. трудов. – Краматорськ: ДГМА, 2010. – № 3(24). – С.175 – 179. 4. Румшинський Л. З. Математична обробка результатів експерименту / Л. З. Румшинський. – М.: Наука, 1971. – 191с.

Надійшла до редколегії 20.02.2013

### УДК 621.83

**Експериментальні дослідження планетарного привода кривошипних пресов/ Т. А. Васильченко** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 11 (985). – С. 19-24. – Бібліогр.: 4 назв.

Представлено опис експериментальної установки для дослідження нестационарних процесів вмикання та зупинки планетарного привода. Наведено типові осцилограми, отримані під час експерименту та результати статистичної обробки експериментальних даних.

**Ключові слова:** планетарний привід, експериментальна установка, гальмівний момент.

Description of the experimental plant for the investigation of non-stationary processes starting and stopping of the planetary drive is presented. Gives typical oscillograms obtained during the experiment and the results of the statistical analysis of experimental data.

**Keywords:** planetary drive, experimental plant, braking moment

### УДК 629.463.001.63

**В. І. МОРОЗ**, д-р техн. наук, проф., УкрДАЗТ, Харків;

**О. В. ФОМІН**, канд. техн. наук, ДонІЗТ,

**О. В. БРАТЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., УкрДАЗТ, Харків;

**В. В. ФОМІН**, інженер, ПрАТ «ДМЗ»

### ФОРМАЛІЗОВАНЕ ОПИСАННЯ КОНСТРУКЦІЇ КУЗОВІВ СУЧАСНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПІВВАГОНІВ

В статті представлено особливості розробки та використання блочно-ієрархічного описання конструкції сучасних кузовів залізничних напіввагонів.

**Ключові слова:** напіввагони, проектування кузовів, формалізоване описання.

### Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень

Стійка робота транспортної системи будь-якої країни є найважливішою умовою її соціально-економічного розвитку. Процес перевезень сировини і готової продукції відіграє одну з головних ролей в ланцюзі матеріального виробництва. У транспортній системі нашої країни залізниці займають провідне місце, том у Транспортною стратегією України на період до 2020 року, яка була затверджена на

© В. І. МОРОЗ, О. В. ФОМІН, О. В. БРАТЧЕНКО, В. В. ФОМІН, 2013