

3. Богуслаев, А.В. Исследование качества материала деталей после нанесения покрытий [Текст] / А.В. Богуслаев. – Харьков: НАКУ. – 2000. – Вып. 21(4). – С. 55–67.

© А.Я. Мовшович, Ю.А. Черная, Е.С. Дерябкина

**О.Я. Мовшович, д.т.н., проф., Ю.А. Чорна, асист., Є.С. Дерябкина, к.т.н., доц.**

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків

### **ВИБІР СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ НАПРАВЛЯЮЧИХ КОЛОНОК ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИХ ШТАМПІВ**

*Показано можливість відновлення і зміцнення направляючих колонок детонаційно-газовим напиленням. Встановлено підвищення зносостійкості поверхні з покриттям ПГ 10N-01 в 1,5 рази у порівнянні з колонками, виготовленими зі сталі 20 з цементациєю.*

***Ключові слова:** детонаційне напилення, зміцнюючі покриття, адгезійна міцність, пористість, зносостійкість.*

**A.Ya. Movshovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Yu.A. Chernaya, assistant, Ye.S. Deryabkina, Ph.D., Associate Professor**

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkov

### **RESTORATION TYPE SELECTION COLUMN GUIDES FOR RE-ADJUSTABLE STAMPS**

*The possibility of restoration and strengthening of column guides detonation-gas spraying. Found an increase in wear resistance of the coated surface PG 10N-01 1.5 t. compared with the columns made of a carburizing steel 20.*

***Keywords:** detonation spraying, reinforcing coating adhesive strength, porosity, durability.*

УДК 621.65.011:621:73.07

**В.В. Кухарь, к.т.н., проф., Р.В. Суглобов, ст. преп.**

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

### **УЧЕТ СИЛЫ ИНЕРЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАХВАТНЫХ ОРГАНОВ ГРЕЙФЕРНЫХ ПЕРЕКЛАДЧИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ШТАМПОВКИ НА ПРЕССАХ**

*Выполнен анализ условий позиционного переноса цилиндрической заготовки захватными органами грейферного переключателя. Установлены уровни влияния скорости перемещения и массы заготовки на требуемую силу сжатия захватных органов в технологиях автоматизированной штамповки на кривошипных прессах.*

***Ключевые слова:** грейферный переключатель, заготовка, захватный орган, сила инерции, объемная штамповка на прессе.*

**Введение.** Объемная штамповка представляет собой неотъемлемую часть заготовительного производства в машиностроении. Эффективные технологические решения позволяют минимизировать отходы металла при последующей механической обработке поковок, уменьшить общие энергетические затраты на единицу продукции. При этом, наличие таких факторов как монотонность труда, работа с раскаленным металлом, высокая

скорость движения ползуна, большая масса поковок требует применения средств механизации и автоматизации. В технологических линиях на основе кривошипных горячештамповочных прессов (КГШП) наибольшее распространение получили грейферные переключатели, позволяющие подавать заготовку на первую позицию обработки и перемещать полуфабрикат по переходам в штамповом пространстве прессы. Интенсивный автоматический режим работы переключателей требует надежного удержания заготовки захватными органами.

**Обзор последних источников исследований и публикаций.** Управление транспортирующими механизмами при автоматизированной объемной штамповке осуществляется при помощи датчиков движения, положения, скорости, температуры, массы и сил [1]. Для этого используют фотодатчики, реле времени, фотопирометры, тензодатчики и т. п. Кроме фактической силы штамповки требуется контроль состояния и силы сжатия захвата заготовки для исключения её смещения или падения в процессе перемещения. Осуществление такого контроля приобретает особую актуальность в технологиях, требующих высокоточного позиционирования заготовки в штампе, установки её на выпуклые рабочие поверхности штамповых вставок [2].

Известные конструкции грейферных переключателей [3, 4] содержат грейферные линейки, оснащенные захватами, механизмы их подъема, смыкания и перемещения, кинематически связанные с системой управления прессом. Однако, несмотря на расширение технологических возможностей в виде обеспечения жесткой синхронизации работы переключателя и прессы, исключения износа деталей муфты и тормоза прессы, увеличения вертикального перемещения линеек и упрощения конструкции механизма подъема, данные устройства не обеспечивают надежного захвата заготовок при смыкании линеек ввиду отсутствия контроля и регулирования силы сжатия захватных органов.

Производительность штамповочных линий определяется стойкостью штампов, быстродействием переключателей и нагревателей [5]. В автоматизированных линиях на базе КГШП с номинальной силой 16...40 МН при штамповке поковок массой от 1 до 10 кг производительность составляет 240...1200 шт/ч [5], а в линиях на базе штамповочных автоматов — до 7200 шт/ч [1, 5]. Это свидетельствует о высокой скорости перемещения грейферных линеек и значительной инерционной нагрузке на захватные органы переключателей, которые постоянно находятся в режимах разгона и торможения. По данной причине циклическая работа электродвигателя ограничивает его предел быстродействия, а средства автоматизации и механизации являются наименее эффективными по параметрам энергопотребления.

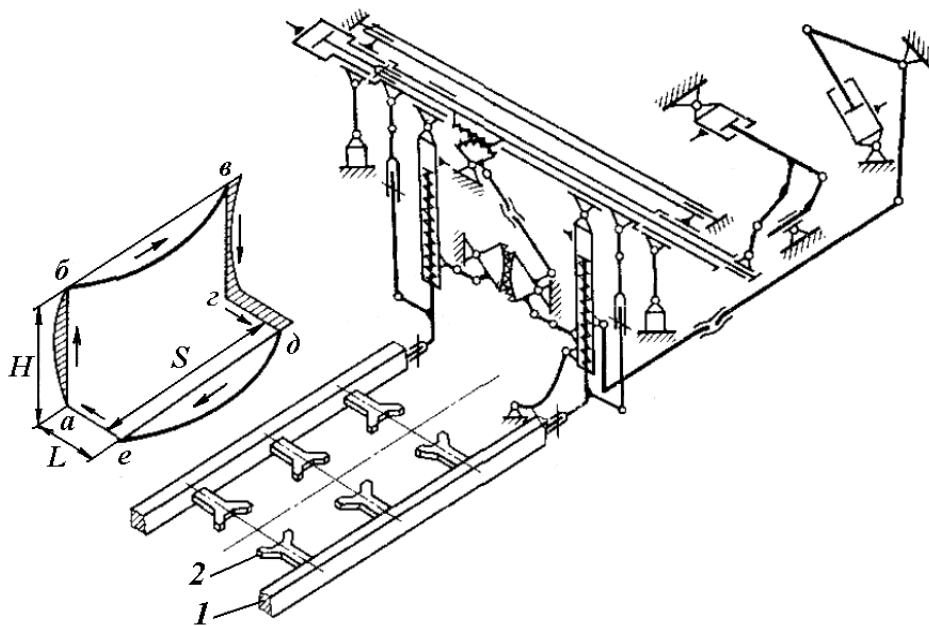
В работе [6] разработаны основы теории создания рекуперативных средств механизации, в которых кинетическая энергия подвижных звеньев аккумулируется на этапе торможения в специальных устройствах, а затем используется для разгона при выполнении следующего движения. Такие конструкции призваны исключить влияние инерционных сил на потребляемую двигателем мощность и стабилизировать требуемые кинематические параметры работы переключателей. Их использование позволяет увеличить быстродействие средств механизации при автоматической штамповке, а, следовательно, связано с возрастанием уровня динамических нагрузок на захватные органы.

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Таким образом, захватные органы грейферных переключателей испытывают тяжелые динамические нагрузки, уровень которых зависит от скорости перемещения линеек и массы заготовок. На величину действующих нагрузок оказывают влияние условия трения на контакте захвата с заготовкой, конструкция и геометрия захватных органов, схема захвата заготовки. Базовыми для расчета силы сжатия заготовки захватами являются методики, изложенные в источниках [7, 8]. Однако данные методики не позволяют оценивать величину динамических нагрузок в захватных органах, выделять уровни влияния скорости перемещения и массы заготовки на силу сжатия захватов, контроль и регулирование которой необходимо осу-

ществлять для снижения энергопотребления и при перестройке технологической линии на выпуск нового изделия.

**Постановка задачи.** Целью настоящего исследования является анализ условий переноса цилиндрической заготовки захватными органами грейферного переключника на позициях автоматической многопереходной штамповки на КГШП. Для этого требуется решить следующие задачи: разработать расчетную схему удержания цилиндрической заготовки захватом грейферного переключника, установить закономерности влияния на силу сжатия захвата технологических и кинематических факторов штамповки, установить уровень влияния скорости перемещения и массы заготовки на требуемую силу сжатия захватных органов переключника.

**Основной материал и результаты.** Грейферные переключники являются автономными устройствами, прикрепляемыми к станине КГШП. Основными рабочими органами переключников являются захваты, монтируемые на грейферных линейках (рис. 1). При работе трехкоординатных средств механизации их линейки движутся по траектории, связанной с захватом заготовки (рис. 1, «*e – a*»), вертикальным подъемом (рис. 1, «*a – б*»), горизонтальным перемещением (рис. 1, «*б – в*»), вертикальным опусканием (рис. 1, «*в – г*»), высвобождением заготовки (рис. 1, «*г – д*») для проведения обработки на следующей позиции и возвратом линеек в исходное положение (рис. 1, «*д – e*») [9]. При извлечении поковки из окончательного ручья она перемещается на транспортер.



**Рис. 1. Кинематическая схема трехкоординатного трехпозиционного грейферного переключника:**

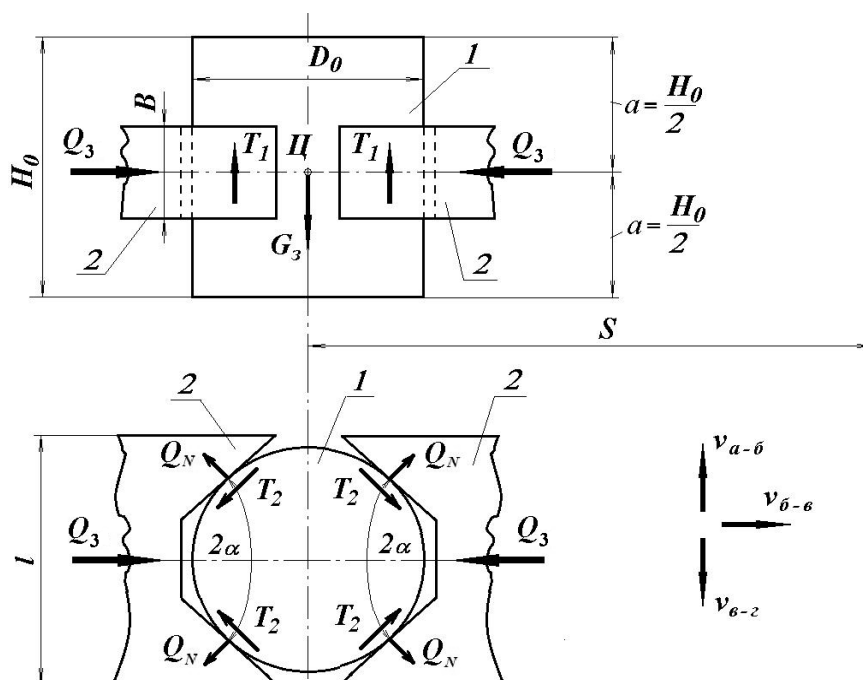
*1* – грейферные линейки (балки), *2* – захваты; *H*, *L* и *S* – шаг линеек по высоте, ширине и длине соответственно; *a – б – в – г – д – e* – траектория движения линеек

Величина шага линеек по высоте настраивается в зависимости от конструкции поковки и ручьев штампа и может составлять 5...200 мм, шаг линеек по горизонтали зависит от размеров штампового пространства прессы и количества ручьевых вставок и составляет 220...420 мм [7–9]. Следовательно, для выполнения описанной выше траектории с коэффициентом загрузки операции 0,5...1,0 (последний — идеальный случай автоматической штамповки) на проведение одного движения линеек отводится 0,25...2,5 с (см. табл. 1). В табл. 1 также приведены данные по скоростям движения грейферных линеек.

**Таблица 1. Характеристики линий и грейферных переключателей**

КГШП в линии	Масса штампуемых поковок, кг	Максимальная производительность линии		Время на полную траек- торию движения линеек, с	Время на одно движение линеек, с	Скорость движения линеек, м/с
		шт/ч	шт/мин			
16 МН	1...4	1200	20	3	0,25...0,5	0,4...1,8
40 МН	10...22	240	4	15	1,2...2,5	0,1...0,4

В случае выполнения условий симметричного удержания заготовки грейфером его губки шириной  $B$  захватывают заготовку диаметром  $D_0$  по середине её высоты  $H_0$ , как показано на разработанной схеме (рис. 2).



**Рис. 2. Схема действия сил при симметричном захвате заготовки грейфером:**  
 $1$  – заготовка,  $2$  – захваты грейфера;  $\Pi$  – центр тяжести заготовки,  
 $Q_3$  – сила сжатия заготовки грейфером,  $Q_N$  – силы, направленные перпендикулярно  
 поверхностям губок захватов,  $T_1$  и  $T_2$  – силы трения,  $\alpha$  – угол раскрытия губок  
 захвата,  $B$  и  $l$  – высота и ширина губок;  $v_{a-b}$ ,  $v_{b-e}$ ,  $v_{e-z}$  – скорости движения заготовки  
 при перемещении по траектории переключки

При этом силу, необходимую для захвата и удержания заготовки, рассчитывают как [7, 8]

$$Q_3 = \frac{k \cdot G_3 \cdot \cos \alpha}{2\mu}, \quad (1)$$

где  $k = 1,3 \dots 1,6$  – коэффициент учета динамической нагрузки;  $G_3 = m_3 \cdot g$  – сила тяжести заготовки, здесь  $m_3$  – масса заготовки, кг;  $\mu$  – коэффициент трения между заготовкой и губками захвата ( $\mu = 0,2 \dots 0,3$  – гладкие губки;  $\mu = 0,3 \dots 0,4$  – губки с рифлениями;  $\mu = 0,08 \dots 0,12$  – при смазке поверхностей [7, 8]).

Выбор коэффициента учета динамической нагрузки в формуле (1) в указанных пределах является приближенным. В случаях его неоправданно высоких значений возрастает технологическое энергопотребление, увеличиваются масса и габариты захватных органов. Низкие значения данного коэффициента не обеспечивают надежного захвата заготовки. Это требует уточнения методики расчета силы сжатия заготовки захватами.

Перемещение заготовки массой  $m_3$  по горизонтали «б – в» на шаг  $S$  со скоростью  $v$  приводит к динамическим нагрузкам, для учета которых силу сжатия заготовки захватами необходимо рассчитывать как

$$Q_3 = Q_3^* + Q_{in.S} + Q_{in.gr}, \quad (2)$$

где  $Q_3^* = (G_3 \cdot \cos \alpha) / 2\mu$  – сила сжатия, учитывающая только статические нагрузки;  $Q_{in.S} = m_3 \cdot v^2 / S$  – сила инерции при горизонтальном перемещении заготовки;  $Q_{in.gr} = m_{gr} \cdot v^2 / S$  – сила инерции при перемещении захватных органов грейфера массой  $m_{gr}$ .

Следовательно, коэффициент учета динамической нагрузки:

$$k = \frac{Q_3}{Q_3^*} = 1 + \frac{Q_{in.S}}{Q_3^*} = 1 + \frac{v^2(1+c) \cdot 2\mu}{S \cdot g \cdot \cos \alpha}, \quad (3)$$

где  $c = m_{gr} / m_3$  – коэффициент пропорциональности масс.

Результаты численного анализа изменения коэффициента  $k$  от скорости и расстояния горизонтального перемещения заготовки при  $\alpha = 45^\circ$  и  $c = 2$ , а также с учетом изменения коэффициента трения на контакте заготовки и захватов приведены на рис. 3. Полученные данные свидетельствуют о том, что динамические нагрузки при работе грейферного переключателя могут в 8 раз превышать статические.

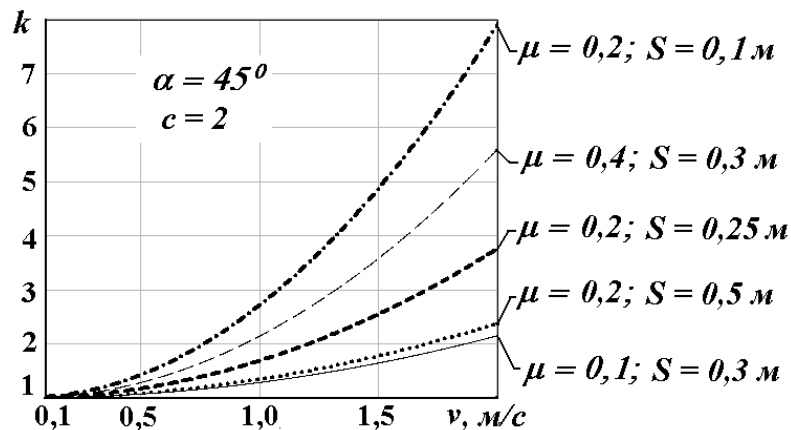


Рис. 3. Результаты расчетов коэффициента учета динамических нагрузок

Подставляя правую часть выражения (3) в формулу (1) получим:

$$Q_3 = \frac{\left(1 + \frac{v^2(1+c) \cdot 2\mu}{S \cdot g \cdot \cos \alpha}\right) \cdot m_3 \cdot g \cdot \cos \alpha}{2\mu}. \quad (4)$$

Если одновременно по переходам штамповки перемещается  $n$  заготовок, полуфабрикатов и поковок (масса их, как правило, одинаковая), то суммарную силу сжатия вычисляют как

$$Q_{3\Sigma} = \frac{\left(1 + \frac{v^2(1+n \cdot c) \cdot 2\mu}{S \cdot g \cdot \cos \alpha}\right) \cdot n \cdot m_3 \cdot g \cdot \cos \alpha}{2\mu}. \quad (5)$$

Принимая  $n = 3$ ,  $c = 2$  и  $\alpha = 45^\circ$ , проводили анализ выражения (5), результаты которого приведены на рис. 4. Вычисления выполняли для случаев использования грейферного переключателя в линиях КГШП 16 и 40 МН (см. табл. 1), а также для различных значений коэффициента трения на контакте заготовки с губками захвата.

Исходя из полученных данных, с увеличением массы заготовки и скорости её перемещения силу сжатия захватов необходимо увеличивать. Причем величина данной силы является более чувствительной к скоростным режимам работы быстроходных грейферных переключателей, установленных в линиях КГШП 16 МН.

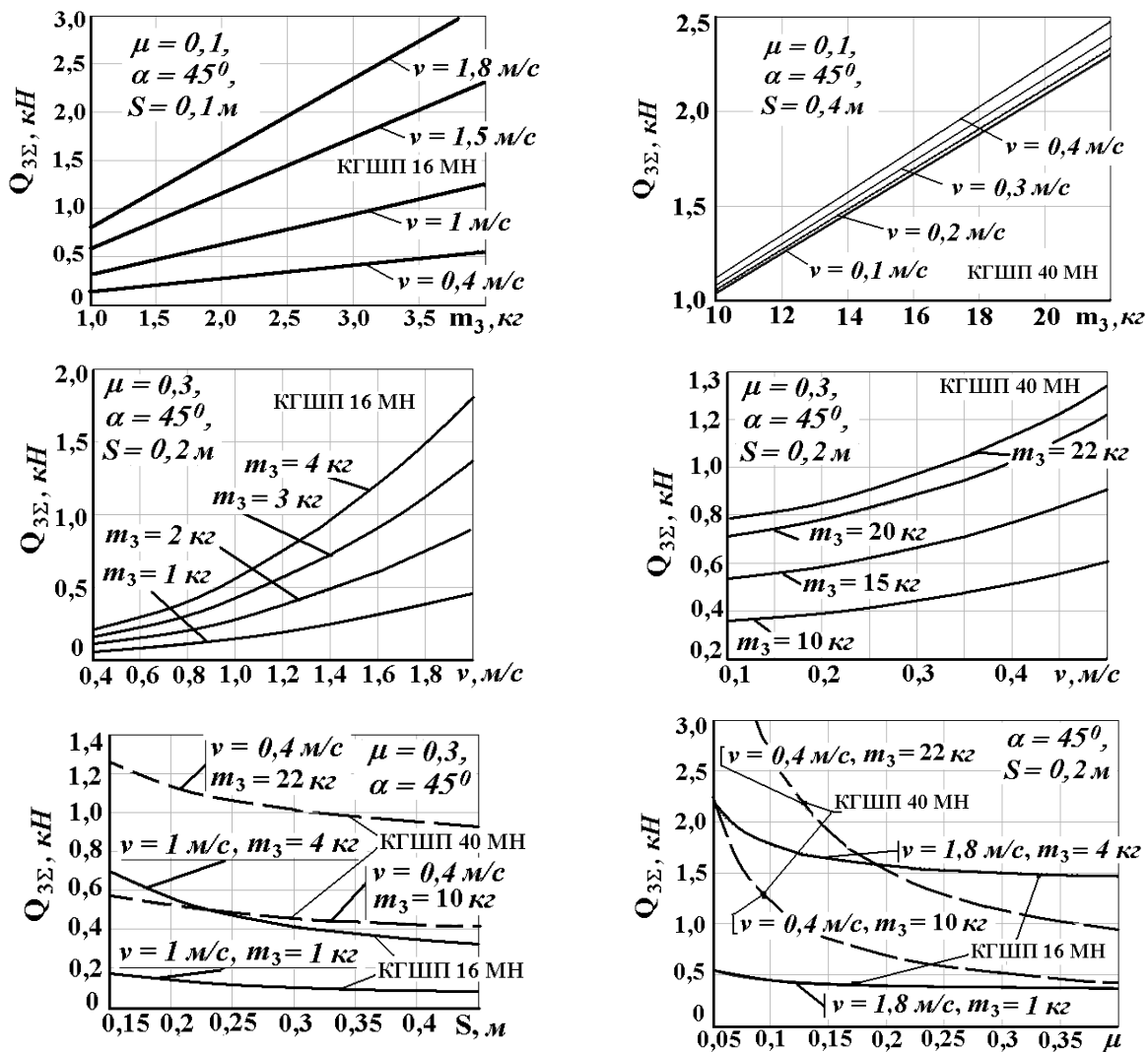


Рис. 4. Результаты расчетов необходимой суммарной силы сжатия заготовки захватами грейферного переключателя в зависимости от различных факторов

**Выводы.** Установлено, что динамические нагрузки при работе грейферных переключателей могут превышать в 8 раз статические нагрузки, связанные с подъемом заготовки. Ввиду относительной быстроходности грейферных переключателей, установленных на менее мощных прессах, в их работе преобладают силы инерции, связанные со скоростными режимами, что требует надежного обеспечения суммарной силы захвата заготовки. Показано, что с ростом расстояния переноса заготовки сила сжатия захватов может быть ослаблена, а применение гладких губок и вероятность попадания смазки на их поверхность, влекущая за собой снижение коэффициента трения при захвате, требует увеличения мощности сжимающего привода.

#### Литература

1. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.Ф. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение. Технологии заготовительных производств. Т. III-2 / И.Л. Акаро, Р.А. Андриевский, А.Ф. Аржанов и др.: под общ. ред. В.Ф. Мануйлова, 1996. – 736 с.

2. Моделирование формоизменения цилиндрических заготовок при осадке коническими плитами [Текст] / В.В. Кухарь, Р.В. Суглобов, Т.Г. Данилова, Е.А. Мкртчян, Р.С. Николенко // *Обработка материалов давлением: сб. науч. тр.* – 2013. – № 2 (35). – С. 9–13.

3. Пат. 2146618 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 30 В 15/30, В 21 D 43/10. Грейферная подача к штамповочному прессу / Ачкасов А.Т.; заявитель и патентообладатель Воронежское ЗАО по выпуску тяжелых механических прессов. – № 98101533/02; заявл. 29.01.1998; опубл. 20.03.2000, Бюл. № 6.

4. Пат. 2090291 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> В 21 D 43/00, В 30 В 15/30. Грейферная подача к штамповочному прессу / Ачкасов А.Т.; заявитель и патентообладатель Воронежское ЗАО по выпуску тяжелых механических прессов. – № 95116785; заявл. 16.05.1995; опубл. 10.02.1998, Бюл. № 3.

5. Автоматические линии в машиностроении: Справочник. В 3-х т. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 3. Комплексные автоматические линии и участки / Под ред. А.И. Даценко, Г.А. Навроцкого, 1985. – 480 с.

6. Семеновенков, В.С. Разработка теории, методов проектирования и создание рекуператорных средств механизации кузнечно-штамповочного производства : дисс. ... докт. техн. наук: 05.03.05 / Семеновенков Владимир Степанович. – Воронеж, 1999. – 365 с.

7. Норицын, И.А. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки [Текст] / И.А. Норицын, В.И. Власов. – М.: Машиностроение, 1987. – 388 с.

8. Смирнов, А.М. Основы автоматизации кузнечно-прессовых машин [Текст] / А.М. Смирнов, К.И. Васильев. – М.: Машиностроение, 1987. – 245 с.

9. Семендий, В.И. Прогрессивные технология, оборудование и автоматизация кузнечно-штамповочного производства КамАЗа [Текст] / В.И. Семендий, И.Л. Акаро, Н.Н. Волосов. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

© В.В. Кухарь, Р.В. Суглобов

**В.В. Кухар, к.т.н., проф., Р.В. Суглобов, ст. викл.**

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

### **ВРАХУВАННЯ СИЛИ ІНЕРЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЗАХВАТНИХ ОРГАНІВ ГРЕЙФЕРНИХ ПЕРЕКЛАДНИКІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ШТАМПУВАННЯ НА ПРЕСАХ**

*Виконаний аналіз умов позиційного переносу циліндричної заготовки захватними органами грейферного перекладника. Установлено рівні впливу швидкості переміщення та маси заготовки на потрібну силу стискування захватних органів у технологіях автоматизованого штампування на кривошипних пресах.*

**Ключові слова:** грейферний перекладник, заготовка, захватний орган, сила інерції, об'ємне штампування на пресі.

**V.V. Kukhar, Ph.D., Professor, R.V. Suglobov, Senior Lecturer**

SHEI «Priazovskyi State Technical University», Mariupol

### **A COUNT OF INERTIAL FORCE IN DESIGN OF HOLDING ORGANS OF SHIFTED RELOADERS FOR AUTOMATIC IMPRESSION DIE-FORGING BY PRESSES**

*Analyse of condition of position moving of cylindrical billet by holding organs of shifted reloader are execute. Levels of influence of velocity reloading and weight of billets on necessary force of pressing of holding organs were determinate for technologies of automatic impression die-forging by crank-shaft presses.*

**Keywords:** shifted reloader, billet, holding organ, force of inertia, volumetric die-forging by presses.