

УДК 62 242

Пластическая деформация пружинных сталей при волочении/ Г. А. Околович, В. И. Левков, Е. В. Петрова// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. - № 66 (972). – С. 37-41. – Бібліогр.:2 назв.

Розроблена технологія виготовлення сталевих поршневих кілець методом хо-лодної пластичної деформації при волочінні. Визначені режими термічної обробки при рекристалізаційному відпустці, термофіксації і термостабілізації. Виконано розрахунок ступеня пластичної деформації при волочінні. Промислові випробування кілець показали підвищення експлуатаційної стійкості в 1,5..2,0 рази порівняно з чавунними кільцями.

Ключові слова: сталеві поршневі кільця, волочіння; деформація, термічна обробка, рекристалізація, термостабілізація, термофіксація, полігонізація, дислокація.

The manufacturing techniques of steel piston rings are developed by a method of a cold plastic deformation at drawing. Modes of thermal processing are defined at recrystallisation holiday, thermofixing and thermostabilization. Calculation of degree of plastic deformation at drawing is executed. Industrial tests of rings have shown increase of operational firmness in 1,5. 2,0 times in comparison with pig-iron rings.

Keywords: steel piston rings, drawing, deformation, thermal processing, recrystallisation, thermostabilization, thermofixing, poligonizaciya, disposition.

УДК 621.646.42

Г. А. КРУТИКОВ, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПІ";
М. Г. СТРИЖАК, аспірант, НТУ "ХПІ"

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В статье получена универсальная математическая модель, отражающая совместное функционирование пневмопривода и редукционного клапана, проведены расчёты для приводов, где установлен редукционный клапан с пружинным и с электрическим управлением.

Ключевые слова: редукционный клапан, пропорциональное управление, машина точечной сварки, математическая модель

Введение.

Установка редукционного клапана (РК) в прижимных пневмоприводах, несмотря на отрицательное влияние на быстродействие пневмопривода, необходима для изменения в широких пределах усилия прижима привода, а также ввиду достаточно высоких требований к стабильности усилия прижима.

Цель исследования, постановка проблемы. Использование РК с электрическим управлением вместо традиционно используемых РК с пружинным управлением позволяет повысить быстродействие клапана. Улучшение пропускной способности существующих РК с пружинным управлением за счет жесткости пружины, условного прохода клапана, увеличения эффективной площади мембраны приводит к ухудшению устойчивости РК и, при работе в прижимных пневмоприводах это, в свою очередь, приводит к ярко выраженным колебательным процессам подвижных частей РК, снижающим долговечность и надежность работы мембранно-клапанного узла. Эффект от замены РК с пружинным управлением на РК с электроуправлением будет различным при разных условиях функционирования РК. Экспериментальное определение условий наиболее эффективного использования РК с электроуправлением является весьма трудоемким из-за большого числа параметров привода, определяющих эти условия.

Решение этой задачи возможно путем аналитического исследования

© Г. А. КРУТИКОВ, М. Г. СТРИЖАК, 2012

математической модели пневмопривода с РК. Причем для сокращения числа параметров системы уравнений необходим переход к безразмерной форме, позволяющей охватить при расчете целую группу одноподобных по динамическим свойствам приводов.

При переходе к безразмерной форме целесообразно использовать методику нормирования нелинейных дифференциальных уравнений, изложенную в работах [1, 2], согласно которой число критериев подобия становится минимальным, а форма записи уравнений наиболее простой.

Материалы исследований. Расчетная схема пневмопривода, где установлен РК с электроуправлением, приведена на рис. 1.

Математическая модель в безразмерном виде, отражающая совместное функционирование пневмопривода и РК, представляет собой систему следующих нелинейных дифференциальных уравнений (1) [1].

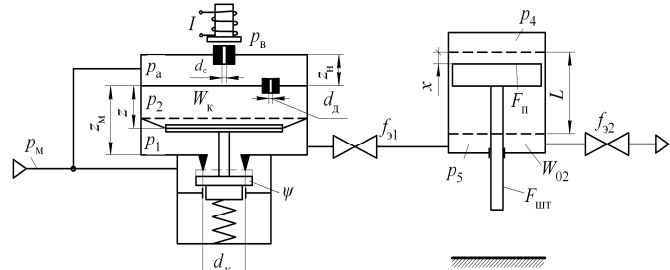


Рис. 1 – Расчётная схема пневматического привода с РК

Уравнения (1) – (6) описывают изменение безразмерного давления $\dot{\sigma}_1$ в проточной полости на выходе РК, безразмерной температуры $\dot{\theta}_1$ в той же полости безразмерного давления $\dot{\sigma}_2$ в глухой надмембранной камере и $\dot{\sigma}_a$ в проточной надмембранной камере, безразмерной высоты γ_1 проточной надмембранной камеры, а также безразмерной скорости \dot{S}_1 клапанно-мембранного блока. Уравнения (7) – (10) описывают в безразмерной форме работу двустороннего пневмопривода.

1. $\frac{d\sigma_1}{d\tau} = \frac{k}{\rho_1} \left[(1 - \gamma_1) \sigma_m \varphi(\sigma_m, \sigma_1) - \sigma_1 \eta_1 q_1 \varphi(\sigma_1, \sigma_e) + \eta_2 \sqrt{\theta_1} \sigma_1 \frac{d\gamma_1}{d\tau} \right];$
2. $\frac{d\theta_1}{d\tau} = \frac{\theta_1}{\sigma_1} \frac{d\sigma_1}{d\tau} - \frac{\theta_1^2}{\sigma_1 \rho_1} \left[\sigma_1 (1 - \gamma_1) \varphi(\sigma_m, \sigma_1) - \sigma_1 \eta_1 q_2 \varphi(\sigma_1, \sigma_m) - \eta_2 \frac{\sigma_1}{\sqrt{\theta_1}} \varphi(\sigma_1, \sigma_e) \right];$
3. $\frac{d\sigma_2}{d\tau} = \frac{k}{\gamma_1} \left[\text{sign}(\sigma_a - \sigma_m) \sigma_m - \text{sign}(\sigma_a - \sigma_2) \eta_1 q_2 \varphi(\sigma_a, \sigma_2) - \sigma_2 \frac{d\gamma_1}{d\tau} \right];$
4. $\frac{d\sigma_a}{d\tau} = \frac{k}{\delta + 1 - \gamma_1} \left[\sigma_m \varphi(\sigma_m, \sigma_a) - \sigma_a \sqrt{\theta_a} \eta_3 \varphi(\sigma_a, \sigma_e) - \text{sign}(\sigma_a - \sigma_e) \sigma_a \eta_2 q_1 \varphi(\sigma_a, \sigma_e) \right];$
5. $\frac{d\gamma_1}{d\tau} = S_1;$
6. $\frac{dS_1}{d\tau} = \frac{1}{\beta} \left[\Pi_p (\sigma_m - \sigma_1) + \sigma_2 - \sigma_a + \chi_p \right] - 2\xi \omega S_1 + \omega^2 (1 - \gamma_1);$
7. $\frac{d\sigma_4}{d\tau} = \frac{k}{1 + \gamma_{20} - \gamma_2} \left[\sigma_4 \frac{d\gamma_2}{d\tau} - \frac{\sigma_5^{1.14}}{\Pi} \Omega \varphi(\sigma_4, \sigma_5) \right];$
8. $\frac{d\sigma_5}{d\tau} = \frac{k}{\gamma_{20} + \gamma_2} \left[\sqrt{\theta_1} \sigma_1 \varphi(\sigma_1, \sigma_5) - \sigma_5 \frac{d\gamma_2}{d\tau} \right];$
9. $\frac{d\gamma_2}{d\tau} = S_2;$
10. $\frac{dS_2}{d\tau} = \frac{1}{\beta_1} \left[\sigma_4 - \Pi \sigma_5 + \chi \right].$

В уравнениях (1 – 10) $\varphi(A, B)$ – расходная функция ($A = \sigma_a, \sigma_1, \dots, B = \sigma_1, \sigma_2, \dots$):

$$\varphi(A, B) = \sqrt{\frac{2 \left[(B/A)^{1,43} - (B/A)^{1,73} \right]}{k-1}}, \text{ если } A \geq B \text{ и } \frac{B}{A} \geq 0,528;$$

$$\varphi(A, B) = \sqrt{\frac{2 \left[(A/B)^{1,43} - (A/B)^{1,73} \right]}{k-1}}, \text{ если } A < B \text{ и } \frac{A}{B} \geq 0,528;$$

$$\varphi(A, B) = 0,258, \text{ если } \frac{B}{A} \text{ и } \frac{A}{B} < 0,528.$$

Для моделирования на ЭВМ существенно нелинейных характеристик глухих камер с квадратичными дросселями вводятся переменные q_1 , q'_1 и q_2 :

$$q_1 = \sigma_1 \sqrt{\theta_1}, \text{ если } \sigma_1 \geq \sigma_2;$$

$$q_1 = \left(\sigma_2^2 \sigma_{2M}^{-1} \right)^{\frac{k-1}{2k}} \sqrt{\theta_{2M}}, \text{ если } \sigma_1 < \sigma_2;$$

$$q'_1 = \sigma_\epsilon \sqrt{\theta_\epsilon}, \text{ если } \sigma_a < \sigma_\epsilon (\theta_\epsilon = 1);$$

$$q'_1 = \left(\sigma_a^2 \sigma_{aM}^{-1} \right)^{\frac{k-1}{2k}} \sqrt{\theta_{aM}}, \text{ если } \sigma_a < \sigma_\epsilon;$$

$$q_2 = \sigma_1 \sqrt{\theta_1}, \text{ если } \sigma_1 \geq \sigma_2;$$

$$q_2 = \left(\sigma_2 \right)^{\frac{k-1}{2k}} \sigma_{2M} (\theta_{2M})^{-0,5}, \text{ если } \sigma_1 < \sigma_2,$$

где σ_{2M} , σ_{aM} , θ_{2M} и θ_{aM} – безразмерное давление и температура соответственно в нижней и верхней надмембранных камерах в момент изменения знака расхода через дросель.

При истечении воздуха из надмембранной и подмембранной камер принят адиабатический закон.

Базовая единица времени для РК равна $t_6 = \frac{W_0}{\mu_k \cdot \pi \cdot d_k \cdot z_n \cdot a_0}$, где $W_0 = F \cdot z_\epsilon$; F –

эффективная площадь мембраны; z_n – базовая единица перемещения (высота верхней надмембранной камеры); d_k – диаметр седла клапана; a_0 – скорость звука при

нормальных условиях; $\gamma_1 = z / z_\epsilon$; $\delta = z_n / z$; L – ход поршня; $\eta_1 = \frac{f_k^3}{\mu_k \pi d_k z_k}$; $\eta_2 = \frac{\mu_0 f_\delta^3}{\mu_k \pi d_k z_k}$;

$\eta_3 = \frac{\mu f^3}{\mu_k \pi d_k z_k}$ – относительные эффективные площади клапанной щели, дросселей в

глухую и проточную надмембранные камеры; $\beta = \frac{m \cdot x_\epsilon}{t_6^2 \cdot F \cdot p_{16}}$ – критерий инерционности

(безразмерная масса), численно равный отношению силы инерции при базовом ускорении (x_ϵ / t_6^2) к максимальной силе, которую развивает поршень; $\beta_1 = \frac{m_n \cdot L}{t_6^2 \cdot F_n \cdot p_{16}}$ –

критерий инерционности пневмоцилиндра (безразмерная масса поршня).

ω и ξ – собственная частота и коэффициент демпфирования мембранно-клапанного блока; $\rho_1 = W_0 / F \cdot z_n$ – относительный рабочий объем РК; в параметр χ , кроме усилия предварительного поджатия подклапанной пружины входит сила сухого трения, которая при знакопеременной движущей силе моделировалась в виде составного логического оператора, учитывающего возможное прихватывание клапана трением.

В работе [1] используется критерий динамического подобия $N = \frac{f_1^3 \cdot \sqrt{2 \cdot k / (k-1)}}{F_1} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot R \cdot T_m}{p_m \cdot F_1 \cdot L}}$, который не имеет такого ясного физического объяснения,

как параметр β_1 , причем параметр β_1 связан с N соотношением $\beta_1 = \frac{N^2(k-1)}{2}$.

Безразмерными параметрами отдельно взятого привода кроме параметра β_1 являются:

$$\Omega = f_2^3 / f_1^3; \quad \chi = (\pm N_b - N_T - F_{\Pi} p_a) / p_{10} F_{\Pi}; \quad \Pi = (F_{\Pi} - F_{\text{шт}}) / F_{\Pi}; \quad \gamma_{01} = \frac{z_6}{z_6},$$

где N_b и N_T – сила тяжести подвижных частей привода (при вертикальном исполнении) и нагрузка на шток; $F_{\text{шт}}$ – площадь штока.

При моделировании работы привода, где установлен РК с пружинным управлением, давление в надмембранной камере РК считалось постоянным и равным атмосферному. Условие равновесия клапанно-мембранного узла пружинного РК в безразмерном виде следующее:

$$\frac{dS_1}{d\tau} = \frac{1}{\beta_{\Pi}} [\sigma_2 + \Pi_p (1 - \sigma_1) - 1 - \chi_p^1] - 2\xi_1 \omega_1 S_1 + \omega_1^2 (1 - \gamma_1),$$

где $\chi_p^1 = F_T / (p_{10} F)$; $\xi_1 = \frac{h}{2\sqrt{m}(c_1 + c_2)}$; $\omega_1 = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m} t_{01}}$; c_2 – жесткость пружины управления.

Результаты исследований. По приведенным моделям был выполнен расчет на ЭВМ. На рис. 2 в качестве иллюстрации решения системы уравнений (1) приведены результаты расчетов на ЭВМ в размерном виде для привода, где установлен РК с пружинной (штриховые) и электрической (сплошные линии) нагрузками.

Сравнение численных решений для приводов с обоими типами РК показало.

1. Скорость нарастания давления в рабочей полости привода в подготовительном периоде значительно выше для случая, где установлен РК с электроуправлением. Это приводит к сокращению подготовительного периода.

2. Во время движения поршня давление за РК с пружинным управлением падает значительно ниже, чем давление за РК с электроуправлением. При этом в ряде случаев существенно возрастает скорость движения поршня при замене РК с пружинным управлением на РК с электроуправлением.

3. При замене пружинного управления электрическим намного сокращается и время заключительного периода привода (время нарастания усилия на поршне).

4. Показано, что основные критерии подобия двухстороннего пневмопривода β_1 , Ω , χ не могут полностью характеризовать условия функционирования РК при оценке эффекта от замены РК с пружинным управлением РК с пропорциональным электроуправлением, необходимо задаваться также параметрами нагрузки РК (σ_m и σ_b).

Результаты расчетов на ЭВМ представлялись в виде зависимости транспортного и полного времени срабатывания привода от безразмерной массы β_1 . Значение Ω

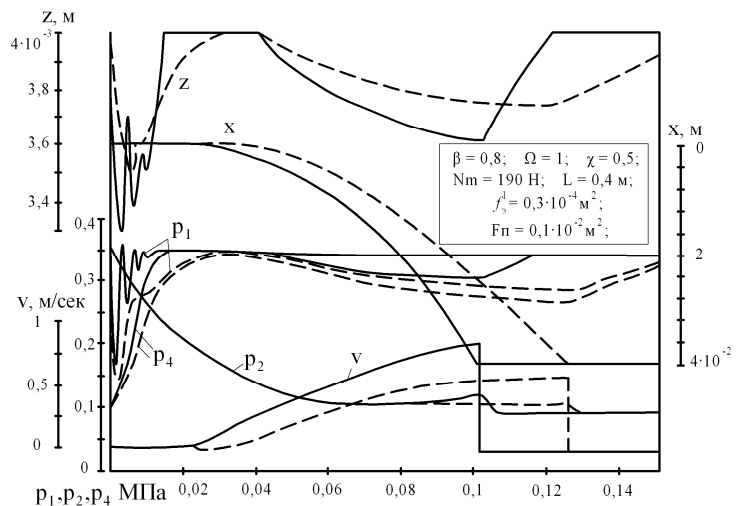


Рис. 2 – Результаты численного решения для пневмопривода машины точечной сварки, где установлены РК с пружинным (---) и электрическим (—) управлением при $L = 0,4$ м; $\beta_1 = 0,8$; $\Omega = 1$

изменялось в пределах от 0,3 до 2; параметр β_1 менялся в пределах от 0,1 до 5; параметр χ – в пределах от 0 до 0,3; величина σ_m – от 3,5 до 1,4. Пружинный РК и РК с электроуправлением подобны по конструктивному параметру β_1 , а также по параметрам Π и η_1 ($\beta_{II}= 0,035$; $\eta_1= 0,06$). Остальные параметры системы имели следующие значения: $\xi_1=0,75$; $\omega_1=0,2$ (пружинный вариант); $\xi=5$; $\omega=0,03$ (вариант с электроуправлением); $\delta=0,5$; $\eta_3=0,004$; $\gamma_{10}=0,4$; $\gamma_{20}=0,6$; $\Pi=0,92$.

Вариация параметрами привода в указанных пределах охватывает достаточно обширную область условий функционирования РК в системах промышленных пневмоприводов.

На рис. 3 в качестве иллюстрации приведены некоторые выборочные результаты численных решений на ЭВМ системы уравнений (1 – 10). Для удобства сравнения полученных результатов с результатами, приведенными в работе [1], в графиках на рис. 3 значение τ приведено к базовой единице времени τ_m [1], связь которой с единицей времени, используемой в данной работе, имеет вид: $\tau_m = t_0 \sqrt{(k-1)/2}$.

Анализ этих графиков позволяет установить следующее:

1. Максимальный выигрыш в транспортном времени срабатывания при замене пружинного РК клапаном с электроуправлением достигается при $\Omega = 0,3$ и $\eta_2 = 0,25$.
2. При уменьшении η_2 разница в транспортном и в полном времени срабатывания уменьшается.

3. При увеличении параметра Ω разница в транспортном времени срабатывания уменьшается, а в полном времени срабатывания возрастает.

4. Если выигрыш в полном или транспортном времени срабатывания при установке РК с пропорциональным электроуправлением относить к транспортному или полному времени срабатывания, то наибольший эффект от установки РК с электроуправлением наблюдается при малых значениях β_1 .

5. При увеличении давления настройки РК (то есть при уменьшении параметров σ_m и σ_b) эффект от установки РК с электроуправлением возрастает.

Последнее иллюстрируется двумя последними графиками на рис. 3.

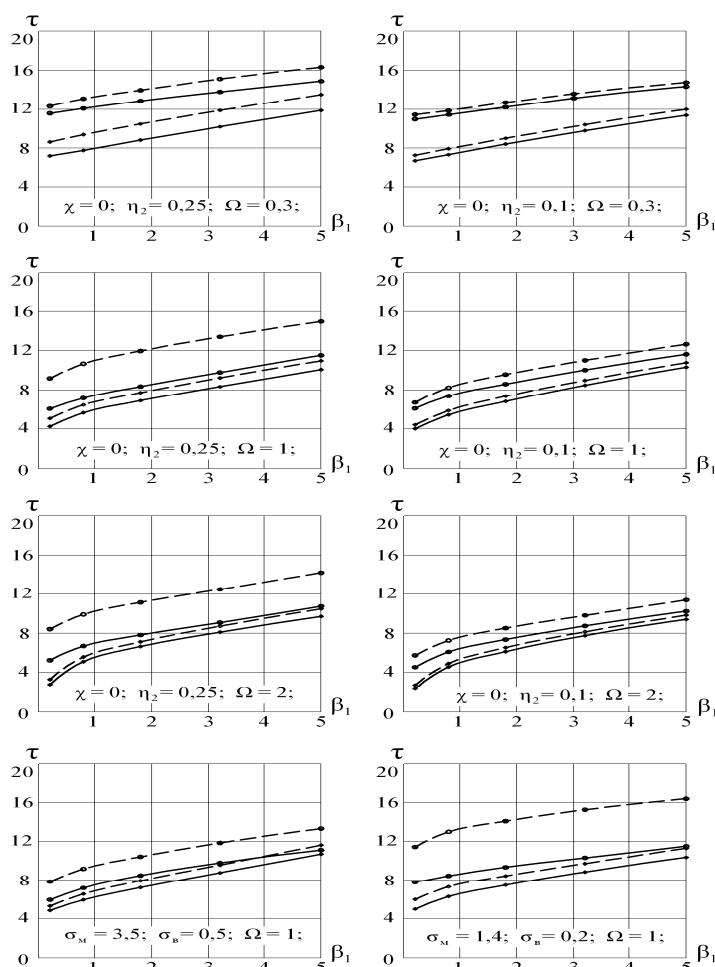


Рис. 3 – Графики зависимости безразмерного времени срабатывания пневмопривода, где установлен РК с пружинным и электрическим управлением, от конструктивных параметров

Выводы. РК с электроуправлением целесообразно использовать в прижимных пневмоприводах, где быстроедействие определяется временем срабатывания по усилию. Эффект от установки РК с электроуправлением будет более высок при малых значениях β_1 , больших значениях η_2 и значениях $\Omega = 0,75 \div 2$. Например, при установке РК с пропорциональным электроуправлением разработанного ДСКТБ «Пневматика» (Симферополь) вместо РК с пружинным управлением БВ57-34 в системе пневмопривода машины точечной сварки МГ2518, у которого параметры β_1 , η_2 , Ω удовлетворяют изложенным выше условиям, полное время срабатывания привода при сдвигении электродов уменьшалось в 1,5 – 2 раза. Это ведет к повышению производительности сварочного автомата на 20–25%.

Список литературы: 1. Герц Е. В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. / Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с. 2. Герц Е. В. формализация составления уравнений динамики сложных пневматических систем / Е. В. Герц, М. А. Полякова // В кн.: Пневматические приводы и системы управления. М.: Наука, 1971. – С. 26-35. 3. Кисельников В. Б. Пневматические приводы и аппаратура электросварочного оборудования / В. Б. Кисельников. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1978. – 200 с.

Надійшла до редколегії 12.11.2012

УДК 621.05

Определение области рационального использования электропневматического преобразователя/ Г. А. Крутиков, М. Г. Стрижак // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2012. - № 66 (972). – С. 41-46. – Бібліогр.:3 назв.

У статті отримана універсальна математична модель, що відображає спільне функціонування пневмопривода й редукційного клапана, проведено розрахунки для приводів, де встановлений редукційний клапан з пружинним і з електричним керуванням.

Ключові слова: редукційний клапан, пропорційне керування, машина точкового зварювання, математична модель.

In this article, a universal mathematical model reflecting the joint functioning pneumatic pressure and relief valve, the calculations for the drive where you installed relief valve with spring and electric control.

Keywords: reducing valve, proportional management, car of spot welding, mathematical model.

УДК 681.527.3:623.438

О. Є. СКВОРЧЕВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХП»

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМИКАННЯ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ЛІНІЙНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ІЗ РЕЖИМУ ГІДРОСТОПОРІННЯ В РЕЖИМ РЕГУЛЮВАННЯ

Основною метою роботи було теоретичне обґрунтування можливості реалізації режимів гідростопоріння та регулювання мехатронного модуля, побудованого із використанням запатентованих електрогідравлічних перетворювачів. Для досягнення поставленої мети було проведено численне інтегрування нелінійної системи диференціальних рівнянь, яка є математичною моделлю процесу перемикання модуля з одного режиму в інший. Характеристики перехідного процесу мають достатньо високу якість.

Ключові слова: мехатронний модуль, електрогідравлічний перетворювач, жорстка нелінійна система диференціальних рівнянь, перехідний процес.

Вступ. Постановка проблеми дослідження в загальному вигляді. В сучасних мобільних машинах потрібний закон руху робочих органів (начіпного знаряддя трактора, ковша екскаватора, бурильної голівки бурової установки, стріли крану тощо) досягається завдяки раціональній комбінації кінематичних елементів та електрогідравлічних

© О. Є. СКВОРЧЕВСЬКИЙ, 2012