

А.Я. Жук, зав. кафедрой, к.т.н., профессор

А.А. Власов, ст. преподаватель

М.В. Буканова, аспирант

Май Фьюк Туан, аспирант

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ПЕЧЕЙ ДСП НА ИХ БЫСТРОДЕЙСТВИЕ

Запорожская государственная инженерная академия

Наведено результати теоретичного дослідження впливу основних конструктивних і силових параметрів на бистродію механізмів переміщення електродів дугових сталеплавильних електропечей з гідроприводом поступальної дії для аналогової (САР) та цифрової (САУ) автоматизованих систем управління дуговим процесом.

Приведены результаты теоретического исследования влияния конструктивных и силовых параметров на быстродействие механизмов перемещения электродов дуговых сталеплавильных электропечей с гидроприводом поступательного действия для аналоговой (САР) и цифровой (САУ) автоматизированных систем управления дуговым процессом.

Введение. Среди четырех показателей качества работы (чувствительность, точность, устойчивость против автоколебаний, быстродействие) любой замкнутой автоматической системы, к которой относится и механизм перемещения электродов (МПЭ) дуговой сталеплавильной электропечи (ДСП), быстродействие по важности занимает вторую позицию после устойчивости. Следовательно, МПЭ должен быть, прежде всего, устойчивым против автоколебаний, ибо устойчивая система характеризуется затухающим переходным процессом, качество которого оценивается быстродействием и величиной относительного перерегулирования.

Анализ достижений. В предыдущих работах авторов [1-4] представлены результаты исследований структурных элементов гидравлических МПЭ печей ДСП на их статические и динамические характеристики, что дает возможность выбрать наиболее рациональную конструктивную модель механизма на базе гидропривода поступательного движения.

Постановка задачи. Задачей данных исследований является исследование влияния конструктивных параметров МПЭ печей ДСП на их быстродействие, которое является одним из главных показателей работы механизмов, и создание основы для их инженерных расчетов.

Основная часть исследований. Основные показатели качества переходного процесса: время регулирования (t_p) и величину относительного перерегулирования, – рассматривали на примере переходной функции $h(t)$ (рис.1).

Время регулирования отражает быстродействие системы. Но иногда быстродействие выражается и временем первого достижения нового установившегося значения ($h_{уст}$) или временем достижения максимального значения (h_{max}) переходной функции. Относительное перерегулирование представляет собой максимальное отклонение регулируемой величины от нового установившегося значения, которое вычисляют по формуле

$$\sigma_{i\ddot{a}\ddot{o}} = \left[\frac{(h_{max} - h_{\ddot{o}\ddot{n}\ddot{o}})}{h_{\ddot{o}\ddot{n}\ddot{o}}} \right] \cdot 100\% . \quad (1)$$

Время регулирования, кроме переходного процесса, рекомендуют определять по формуле [5,6]

$$t_{\delta} = \frac{\hat{a} \cdot \pi}{\Omega_{\ddot{n}}}, \quad (2)$$

где $\hat{a}$ – коэффициент, определяемый по номограмме Солодовникова [7], а его значение зависит от величины перерегулирования $\sigma_{пер}$; Ω_c – частота среза, определяющая диапазон частот вынужденных колебаний, действие которых не приводит к колебанию системы.

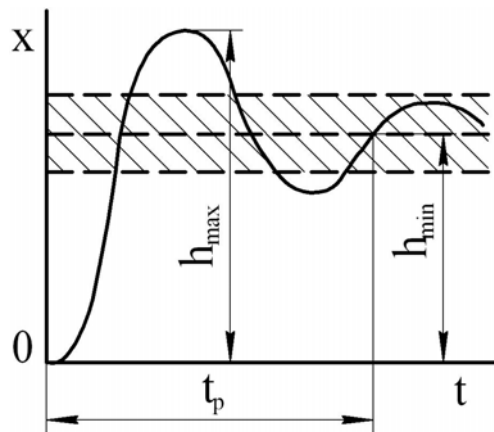


Рисунок 1 – Возможный переходный процесс при срабатывании МПЭ

Частоту среза Ω_c определяют на уровне $A = 1$, то есть при частоте среза амплитудно-фазовая характеристика равна единице [$A(\Omega_c) = 1$]. При этом формула (2) позволяет рассчитать время переходного процесса для систем, работающих в устойчивом режиме. При неустойчивом режиме к времени переходного процесса, которое определяют по данной формуле, добавляют время затухания колебаний $t_{зат}$. Однако при автоколебаниях, когда имеют место незатухающие колебания, определение времени переходного процесса теряет смысл.

Для нахождения частоты среза Ω_c составляют комплексную передаточную функцию $\Phi(j\Omega)$, математическое описание которой осуществляют с учетом передаточных функций W_i конкретных звеньев МПЭ. Методика решения этой задачи для МПЭ с гидроприводом поступательного действия представлена в работах [1,8].

В качестве исследуемого объекта принимали МПЭ с гидроприводом поступательного действия с однокаскадным золотником, который управляют посредством электродвигателя с полым ротором (для САР) и от шагового двигателя (для САУ).

Для этого случая комплексная передаточная функция может быть представлена в виде уравнения (3)

$$\Phi(j\Omega) = \frac{W_p(j\Omega) \cdot W_{эн}(j\Omega) \cdot W_{\delta}(j\Omega) \cdot W_{QZ}(j\Omega)}{1 + W_{QZ}(j\Omega) \cdot W_{pQ}(j\Omega) \cdot W_{Zp}(j\Omega) + W_{oc}(j\Omega) \cdot W_p(j\Omega) \cdot W_{эн}(j\Omega) \cdot W_{\delta Q}(j\Omega) + W_{Qz}(j\Omega)}$$

где W_p – передаточная функция регулирующего звена; $W_{эн}$ – передаточная функция

электромеханического преобразователя; $W_{\delta Q}$ – передаточная функция, связывающая величину возмущающего сигнала δ и расход рабочей жидкости Q через золотник; W_{Qz} – передаточная функция, связывающая расход рабочей жидкости Q через золотник и перемещение электрододержателя z ; W_{pQ} – передаточная функция, связывающая давление p и расход рабочей жидкости Q ; W_{zp} – передаточная функция, связывающая перемещение электрододержателя z и давление рабочей жидкости p ; W_{oc} – передаточная функция обратной связи.

При этом передаточные функции $W_{\delta Q}$ и W_{pQ} имеют разные значения при перемещении электрододержателя вверх и вниз [5].

В данной работе исследовали влияние на быстродействие МПЭ следующих его параметров: диаметра D и хода H цилиндра, диаметра скалки золотника d , длины трубопровода l_{mp} , соединяющего золотник с гидроцилиндром, массы подвижных частей m и коэффициентов преобразования k_n (для аналоговой САР) и k_{nm} (для цифровой САУ). Исследования проводили с использованием специально разработанного программного обеспечения. Единичный возмущающий сигнал принимали равным $A_z = 0,02$ м.

Влияние D . Графики зависимости $t_p = f_1(D)$ при $k_n = 25$ В/м (кривая 1), $k_n = 100$ В/м (кривая 2) для аналоговой САР и при $k_{nm} = 500$ кг·м/м (кривая 1), $k_{nm} = 1000$ кг·м/м (кривая 2) для цифровой САУ показаны на рис. 2,а. При рассмотрении данных кривых можно видеть, что с увеличением диаметра цилиндра быстродействие МПЭ резко снижается, особенно в случае применения МПЭ с аналоговой САР.

Влияние H . Графики зависимости $t_p = f_2(H)$ при $l_{mp} = 10$ м (кривая 3), $l_{mp} = 20$ м (кривая 2), $l_{mp} = 30$ м (кривая 1) для САР и САУ приведены соответственно на рис. 2,б. Из графиков видно, что изменение хода цилиндра H практически не влияет на быстродействие МПЭ, что, в какой-то мере, противоречит логике, так как с увеличением H возрастает объем рабочей жидкости, обладающей достаточно высокой упругостью ($E \approx 1500$ МПа), и для ее компенсации в цилиндр следует подавать дополнительное количество жидкости для создания необходимого давления. Указанное противоречие можно объяснить тем, что работа МПЭ происходит при сравнительно больших скоростях, а, следовательно, и больших расходах рабочей жидкости, в результате чего имеет место практически мгновенное наращивание давления.

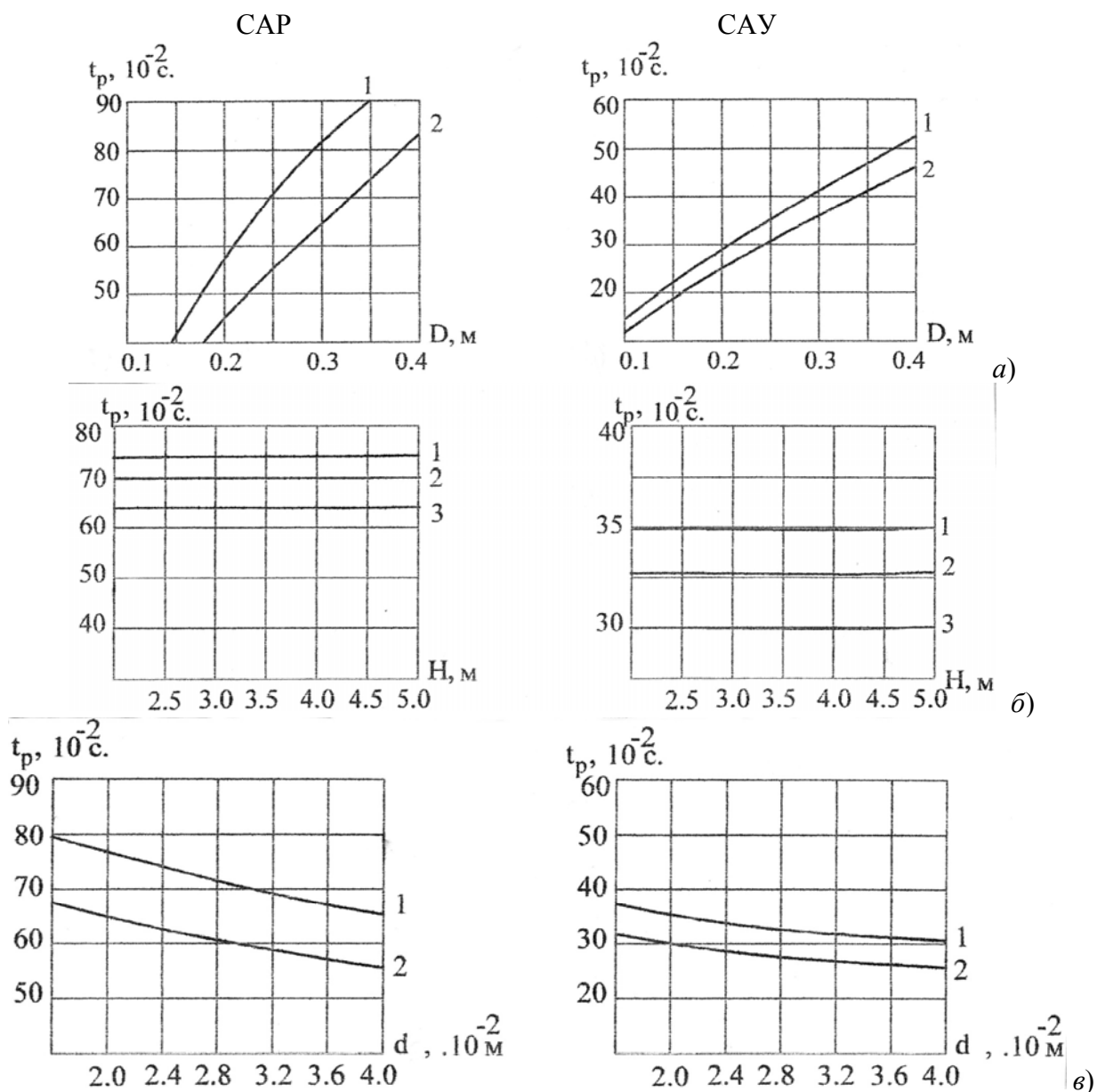
Влияние d . Графики зависимости $t_p = f_3(d)$ при $l_{mp} = 10$ м (кривая 2), $l_{mp} = 20$ м (кривая 1) для аналоговой САР и цифровой САУ представлены на рис. 2,в. Установлено, что увеличение диаметра скалки золотника способствует повышению быстродействия МПЭ. Это объясняется тем, что при одной и той же ширине щелей с увеличением диаметра скалки золотника расход рабочей жидкости возрастает.

Влияние l_{mp} . Графики зависимости $t_p = f_4(l_{mp})$ при $d_{mp} = 0,032$ м (кривая 1) и $d_{mp} = 0,04$ м (кривая 2) для аналоговой САР и цифровой САУ приведены на рис. 3,а. Анализ графиков позволяет заключить, что увеличение длины или уменьшение диаметра маслопровода достаточно существенно уменьшает быстродействие МПЭ.

Влияние m . Графики зависимости $t_p = f_5(m)$ при диаметре цилиндра $D = 0,25$ м (кривая 2) и $D = 0,3$ м (кривая 1) для аналоговой САР и цифровой САУ показаны на рис. 3,б. Из графиков видно, что увеличение массы подвижных частей приводит к небольшому снижению быстродействия. Это можно объяснить тем, что при увеличении

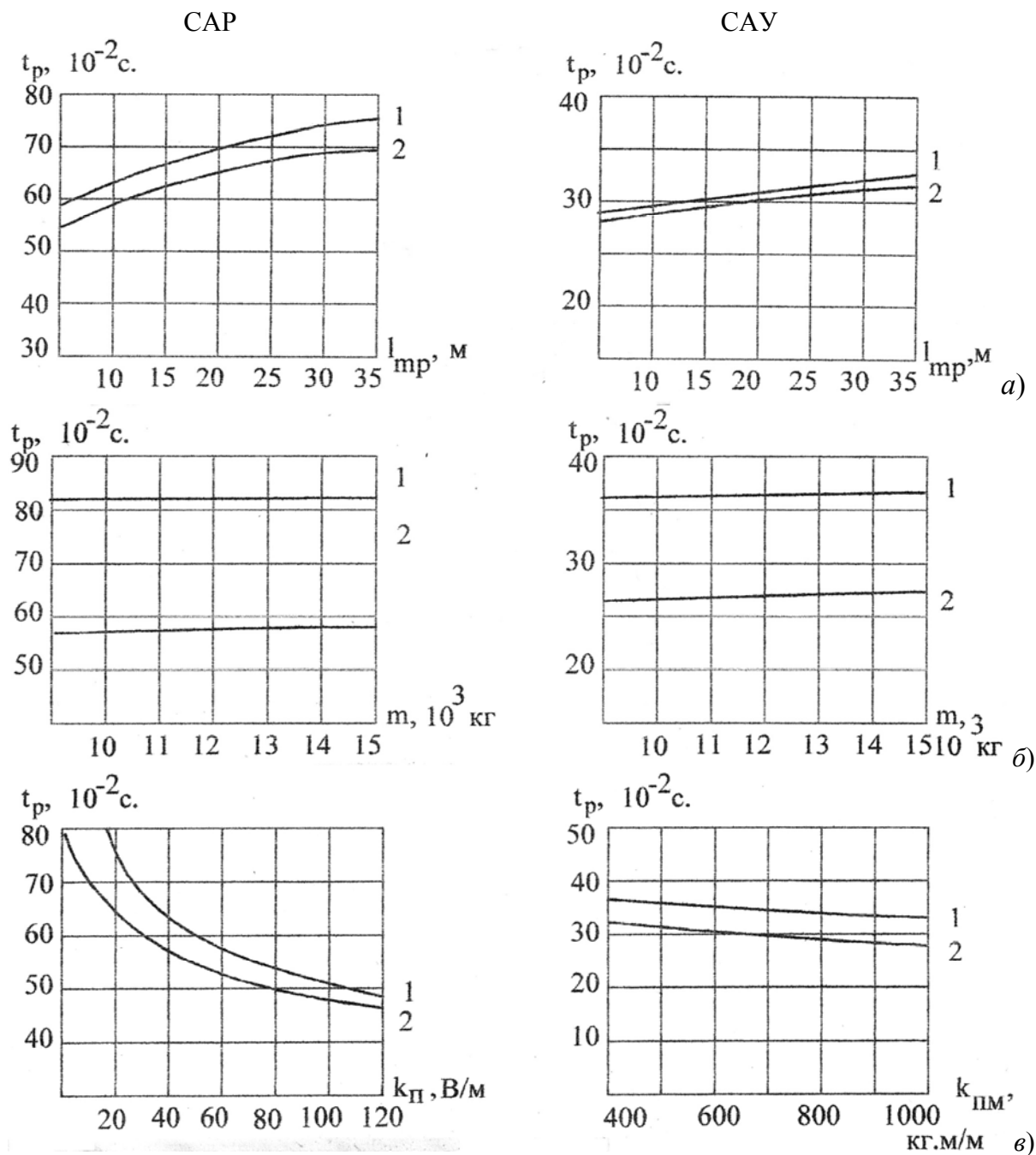
массы (нагрузки на цилиндр) время нарастания давления до необходимой величины, создаваемого дополнительной подачей рабочей жидкости в систему, замедляется.

Влияние k_n . Графики зависимости $t_p = f_6(k_n)$ и $t_p = f_7(k_{nm})$ при $l_{mp} = 10$ м (кривая 1), $l_{mp} = 20$ м (кривая 2) для аналоговой САР и цифровой САУ представлены на рис.3,в. Из графиков следует, что увеличение коэффициентов преобразования k_n и k_{nm} оказывает положительное влияние на быстродействие МПЭ. Более явное влияние коэффициента k_n наблюдают при аналоговой САР.



$$a - t_p = f_1(D); \quad б - t_p = f_2(H); \quad в - t_p = f_3(d)$$

Рисунок 2 – График зависимости быстродействия МПЭ:



$a - t_p = f_4(l_{mp}); \text{ б} - t_p = f_5(m); \text{ в} - t_p = f_6(k_p)$

Рисунок 3 – График зависимости быстродействия МПЭ:

Выводы. Полученные результаты теоретических исследований могут найти практическое применение для оптимизации конструктивных и силовых параметров при разработке и проектировании новых механизмов перемещения электродов дуговых сталеплавильных электропечей, оснащенных как аналоговыми, так и цифровыми автоматизированными системами управления дуговым процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Май Фыок Туан. Исследование влияния характера перекрытия щелей следящего золотника на быстродействие следящих гидроприводов механизма перемещения электродов дуговых электропечей / Май Фыок Туан // *Металлургия (Сборник научных трудов ЗГИА)*. –

Запорожье: РИО ЗГИА, 2003. – Вып. 8. – С. 90-96.

2. *Жук А. Я.* Исследование и выбор наиболее эффективной схемы механизма перемещения электрода дуговой сталеплавильной печи / А. Я. Жук, Май Фыок Туан, А. А. Власов // *Металургія (Наукові праці ЗДІА)*. – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, 2007. – Вып. 16. – С. 85-89.
3. *Жук А. Я.* Исследование влияния параметров механизмов перемещения электродов дуговых сталеплавильных печей на их статические характеристики // А. Я. Жук, Май Фыок Туан, А. А. Власов // *Металургія (Наукові праці ЗДІА)*. – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, 2008. – Вып. 17. – С. 128-133.
4. *Буканова М. В.* Анализ существующих механизмов перемещения электродов дуговых сталеплавильных электропечей / М. В. Буканова, А. Я. Жук // *Металургія (Наукові праці ЗДІА)*. – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, 2009. – Вып. 19. – С. 1119-124.
5. *Смирнова В. И.* Основы проектирования и расчета следящих систем / В. И. Смирнова. – М.: Металлургия, 1983. – 295 с.
6. *Елисеев В. А.* Справочник по автоматизированному электроприводу / В. А. Елисеев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
7. *Голубничий Н. И.* Беседы по автоматике / Н. И. Голубничий. – Киев: Техника, 1971. – 232 с.
8. *Гамынин Н. С.* Гидравлический следящий привод / Н. С. Гамынин, В. А. Лещенко. – М.: Машиностроение, 1968. – 564 с.

Стаття надійшла до редакції 04.01.2010 р.
Рецензент, проф. М.Ю. Пазюк