

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОРТАЛЬНОГО АВТООПЕРАТОРА ДЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ ДО 250КГ

Д.С. Карпович, В.В. Сарока, С.А. Овцов  
Кафедра автоматизации производственных процессов и производств,  
Белорусский государственный технологический университет,  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: karpovich@tut.by

*Приведены подходы по синтезу оптимального управления горизонтального перемещения портального автооператора в течение его торможения и механизмов подъема и опускания подвески с деталями. Движение автооператора осуществляется при управлении, которое позволяет устранять колебания подвески.*

## ВВЕДЕНИЕ

Работа портального автооператора гальванической линии имеет строго циклический характер, при этом переходные режимы движения механизмов занимают значительную часть от всей длительности рабочего цикла автооператора. Одним из способов повышения эффективности работы автоматизированной гальванической линии является оптимизация переходных режимов движения автооператора с подвеской (разгон / торможение). Стоит отметить, что производительность, надежность, безопасность эксплуатации портальных автооператоров зависят от инерции подвески с обрабатываемыми деталями. При этом в процессе работы автооператора инерция подвески может существенно изменяться из-за загрузки различных по форме и массе деталей.

Наличие переходных процессов при перемещении груза может привести к раскачиванию подвески с грузом, которое возникает в течение движения автооператора, является причиной его неравномерного движения, дополнительных нагрузок на элементы привода автооператора. Это угрожает ведению безопасного технологического процесса и снижают производительность.

Колебания подвески могут затруднять точность установки подвески на заданной позиции соответствующей ванны. Особенно это относится к крупногабаритным и длинномерным и тяжелым обрабатываемым деталям. Колебательный характер движения груза может вносить неопределенность в программу автоматизированной работы автооператора и существенно увеличивать время, необходимое на перемещение груза из ванны в ванну. Кроме того, значительно возрастают динамические нагрузки на элементы привода и конструкцию автооператора, которые уменьшают их надежность и снижают срок эксплуатации автооператора [2]. Также наличие ко-

лебаний приводит к повышенному уносу среды из гальванических ванн.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Существуют три группы способов устранения колебаний груза:

1. Маневрирование автооператора за счет ручного управления;
2. Применения специальных подвесок или направляющих;
3. Использования адаптивных систем управления приводами автооператоров.

Первые два способа в современных условиях гальванического производства не способны обеспечить достаточное качество устранения колебаний подвески: первый способ связан с психофизическими особенностями рабочего-оператора (усталость и пр.), второй - с необходимостью изменения конструкции подвески и направляющих. Поэтому распространенной является третья группа способов [2].

Устранять колебания подвески можно, управляя его скоростью движения или другим кинематическим или динамическим параметром.

Целесообразным является использование, например, нечеткого регулирования, которое в некотором смысле копирует логику человека, его способы принятия решений, по тем или иным воздействиям на движение автооператора. Однако нечеткому регулированию свойственны те же недостатки, что и ручному: движение портального автооператора не является оптимальным [1].

Характер влияния на движение элементов автооператора должен обеспечивать минимизацию нежелательных (динамические нагрузки, максимальное отклонение оси подвески и т.п.), или максимизацию желаемых свойств (плавность движения, быстродействие и т.д.) движения системы. Такая задача получила название вариационной, а для ее решения используют как классические вариационные методы, так и принцип максимума Л.С. Понтрягина [3].

Поставим комплексную задачу оптимального управления движением автооператора с подвеской. Эта задача заключается в том, что необходимо найти оптимальное управление движением автооператора при устранении колебаний подвески до момента остановки (т.е. рассматривается процесс торможения). Такая постановка задачи позволяет разгонять порталный автооператор по любому закону, при этом колебания подвески сохраняются в течение установившегося движения. Однако, как известно, установившееся движение автооператора составляет небольшую часть от общей продолжительности его перемещения - оно может быть даже отсутствовать. Поэтому целесообразно поставить задачу устранения колебаний груза именно в течение торможения подвески. Таким образом примем, что подвеска с деталями в начале затормаживания колеблется (ненулевые начальные фазовые координаты системы). Новые фазовые координаты системы будут определяться из таких зависимостей:

$$X^{(i)} = q^{(i)} - x^{(i)}_i = 0, 1, \dots, n,$$

где  $x^{(i)}$  – фазовая координата системы  $i$ -го порядка;  $q^{(i)}$  – значение фазовой координаты  $x^{(i)}$  в конце разгона автооператора;  $n$  – количество фазовых координат системы. Отметим, что векторная функция  $X^{(i)}$  отражает погрешность достижения определенной точки на фазовом пространстве. После окончания переходного процесса она превращается в ноль [1].

Необходимо также, чтобы после остановки оптимизировать режимы движения автооператора и подвески с грузом в вертикальном направлении (по сути оптимизируются режимы работы механизмов подъема подвески и перемещения автооператора).

Автооператор, как правило, может работать в недетерминированной внешней среде, поэтому важно обеспечения оптимальности процесса при воздействии стохастических внешних возмущений. Для этого необходимо получить информацию о текущем состоянии системы, т.е.

необходимо использовать обратные связи по различным параметрам движения. Этим требованиям отвечает метод, получивший название динамического программирования [2]. Кроме того, поскольку электроприводы механизмов перемещения автооператора и подвески имеют ограниченные силовые характеристики, то на управление накладываются ограничения, которые представляются в виде неравенств [1].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Получить математическую модель автооператора по каналам управления и возмущения.
2. На основе модели с учетом возможного колебания параметров объекта управления выполнить синтез оптимального управления движением автооператора во время его торможения и с устранением колебаний подвески с учетом ограничений, накладываемых на величину управления;
3. Выполнить синтез оптимального управления движением подвески в вертикальном направлении (режим опускания подвески с деталями) с учетом ограничений, накладываемых технологическим процессом, и целевой функцией, минимизирующей временные затраты либо унос среды из гальванованны;
4. Объединить оптимальные режимы вертикального перемещения подвески и горизонтального перемещения автооператора с учетом взаимного влияния динамических параметров по горизонтальной и вертикальной осям.

1. Ловейкин В.С., Ромасевич Ю.О. Комплексный синтез оптимального управления движением грузоподъемного крана. / В.С. Ловейкин, Ю.О. Ромасевич // Автоматизация производственных процессов в машиностроении и приборостроении – Киев, 2011.
2. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / М.С. Комаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 206 с.
3. Понтрягин Л.С., Болтнянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Физматгиз, 1961. – 392 с.