

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Постановка проблемы. Ведущей тенденцией в развитии современного металлургического и машиностроительного производства выступает повышение надёжности и производительности подъёмно-транспортных машин (ПТМ), обеспечивающих производственный процесс, начиная с разгрузки сырья или полуфабрикатов и заканчивая отгрузкой готовой продукции. Особое внимание в этом вопросе уделяется перегрузочным порталным кранам, которые ориентированы на выполнение различных технологических операций и позволяют перегружать до 200 т. груза в час. Повышение эксплуатационных качеств порталных кранов при одновременном снижении их металлоёмкости является актуальной задачей современного машиностроения.

Эксплуатационные свойства и технические характеристики, определяющие стоимость и массу порталного крана, закладываются на стадии его расчёта и проектирования. При этом немаловажное значение имеет конструкция стреловой системы (СС) и системы уравнивания (СУ). С целью повышения надёжности и безопасности порталных кранов в работах [1-3] рекомендуется применять шарнирно-сочленённую стреловую систему с прямым хоботом и жёсткой оттяжкой, а в качестве системы уравнивания использовать противовес на качающемся рычаге. Следует отметить, что проектирование СС и СУ является сложной, трудоёмкой задачей. Сложность заключается в необходимости удовлетворения всем требованиям и ограничениям, предъявляемым к СС и СУ [4]. Решение данной задачи невозможно без применения современных методик создания высокопроизводительных порталных кранов. Поэтому метод расчёта, синтеза и проектирования СС и СУ, представленный в работах [5, 6], получил наибольшее применение в практике проектно-конструкторских работ.

Вместе с тем, указанная методика не позволяет получать оптимальное конструктивное решение по СС и СУ, т.к. рассматривает эти системы отдельно и не учитывает их взаимного влияния друг на друга. Поэтому, продолжает оставаться открытым вопрос о

совместном синтезе и оптимизации СС и СУ, что позволит упростить процесс проектирования, повысить его эффективность и качество.

Целью данной статьи является разработка комплексного оптимизационного синтеза уравновешенной шарнирно-сочленённой стреловой системы (ШСС), позволяющего автоматизировать процесс проектирования и на основе полученных решений создавать машины нового поколения с улучшенными техническими характеристиками и эксплуатационными качествами.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- анализ существующих способов синтеза;
- формирование этапов комплексного оптимизационного синтеза уравновешенной ШСС;
- определение элементов комплексного оптимизационного синтеза уравновешенной ШСС;

Изложение основного материала. Синтез хорошо зарекомендовал себя в моделировании сложных систем и процессов. Он является инструментом отбора оптимальных параметров для повышения эксплуатационных свойств порталного крана. Существует три способа синтеза: классический, экстремальный и оптимизационный [1].

Классический синтез требует предварительно заданных параметров, часть которых задаются произвольно, а часть определяется с помощью эвристических методов, основанных на инженерной интуиции и опыте разработчиков. При использовании этих методов невозможно получение однозначных результатов, что приводит к их ограниченности, дискуссионности и бессистемности.

Экстремальный синтез [1] характеризуется наличием «свободных» параметров, которые задаются произвольно, а сам синтез распадается на ряд задач последовательного синтеза. Этот способ является многопараметрическим и трудоёмким, что делает его малоприменимым для использования при проектировании порталного крана.

Оптимизационный синтез - сравнительно новое направление в синтезе рычажных механизмов, при котором шарнирно-сочленённая четырёхзвенная стреловая система синтезируется по двум бесконечным положениям с помощью аппарата Бурместера и оптимизационным путём определяются значения восьми варьируемых параметров [7]. Особенность этого синтеза заключается в том, что «свободные» параметры, которые задаются при экстремальном синтезе, принимаются в виде варьируемых параметров, значения

которых необходимо вычислить. Полученные результаты нужно оценить и найти из них лучшее (оптимальное) решение. Однако, степень точности такого синтеза оказалась недостаточной, вследствие чего авторами [1] был разработан оптимизационный экстремальный синтез (ОЭ-синтез).

Суть ОЭ-синтеза сводится к замене четырёхзвенного механизма восьмизвенным, геометрические параметры которого определяются путём декомпозиции расчёта на три последовательные задачи синтеза. Это приводит к увеличению количества варьируемых и вычисляемых параметров, что требует использования прототипа порталного крана с четырёхзвенной стреловой системой. ОЭ-синтез позволяет определить только геометрические параметры звеньев СС, оптимизирует СС лишь по только геометрические параметры звеньев СС, оптимизирует СС лишь по одному критерию качества - значению грузового неуравновешенного момента, и не даёт объективной оценки качества полученных результатов.

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод, что ни один из известных способов синтеза одновременно не учитывает требования и ограничения, предъявляемые совместно и к СС, и к СУ.

Поэтому, авторами настоящей статьи разработан комплексный оптимизационный синтез (КО-синтез), позволяющий совместно рассчитывать и проектировать СС и СУ, рассматривая в автоматическом режиме эти две системы как одну - уравновешенную ШСС.

Автоматизированный КО-синтез можно разделить на пять этапов (рис.1):

1) Определение структуры уравновешенной ШСС как сложной системы, состоящей из СС и СУ. Данный этап включает разработку кинематической схемы с указанием геометрических и весовых параметров системы (рис.2).

2) Разработка системы входных данных объекта, т.е. параметров, значений которых достаточно для описания конструкции ШСС. Метод расчёта входных данных для автоматизированного проектирования ШСС подробно изложен авторами в работе [8].

3) Разработка системы варьируемых данных и ограничений на их числовые значения. Такая система данных может быть сформирована из ограничений по заданию на проектирование, либо на основании диапазонов приемлемых значений, установленных в процессе проектирования. На данном этапе назначается состав ограничений и состав оптимизируемых параметров ШСС.

4) Разработка критериев качества, совокупность которых в максимальной мере позволит оценить качество рассматриваемого

множества вариантов. Данный этап характеризуется выбором общих и частных критериев, позволяющих выполнить поиск оптимальных решений конструкции. Рекомендуемый набор критериев оценки качества ШСС представлен авторами в работах [9, 10].

5) Определение области возможных решений, учитывающей показатели эксплуатационной эффективности порталных кранов. Заключительный пятый этап КО-синтеза необходим для построения графика плотности допустимого множества решений, при которых удовлетворяются все требования и ограничения, предъявляемые к уравновешенной ШСС, и обеспечиваются все эксплуатационные качества и технические характеристики порталного крана.

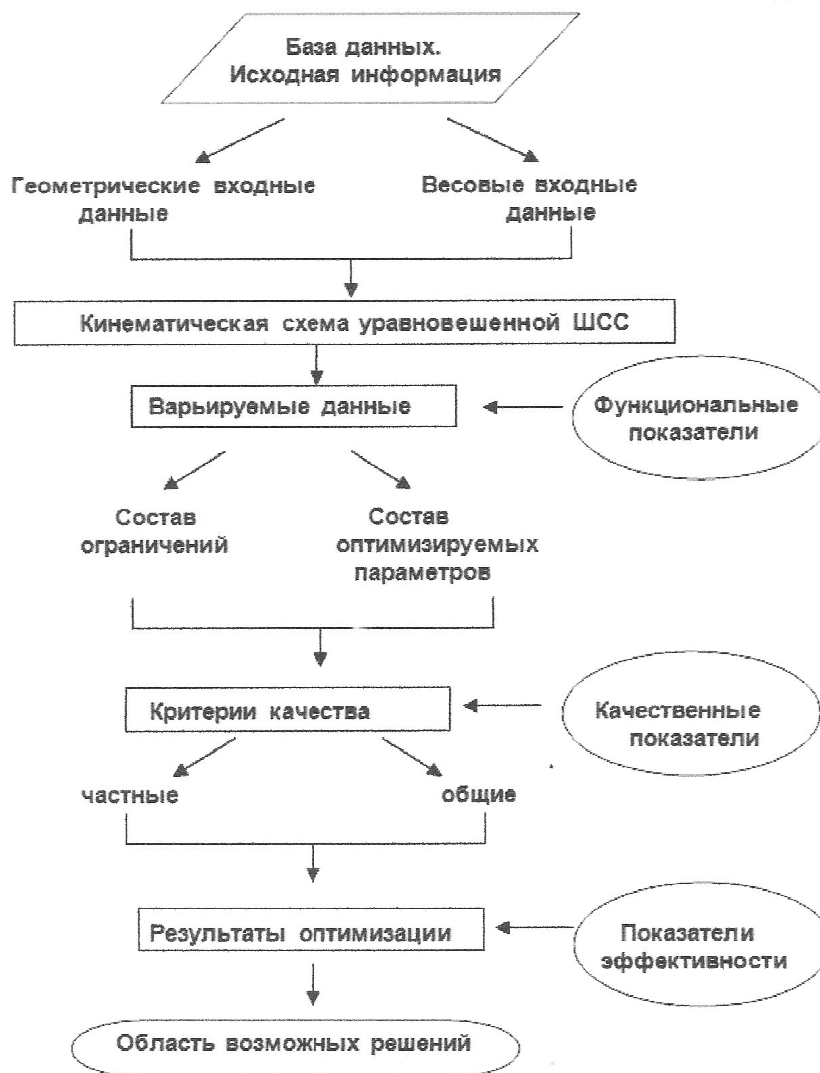


Рисунок 1 - Общая схема процесса КО-синтеза уравновешенной шарнирно-сочленённой стреловой системы (ШСС) порталного крана

Авторами определены следующие элементы КО-синтеза:

1) База данных, включающая геометрические и весовые характеристики уравновешенной ШСС.

Формируя базу данных, желательно подбирать такие параметры, изменение которых существенно влияет на характеристики портального крана

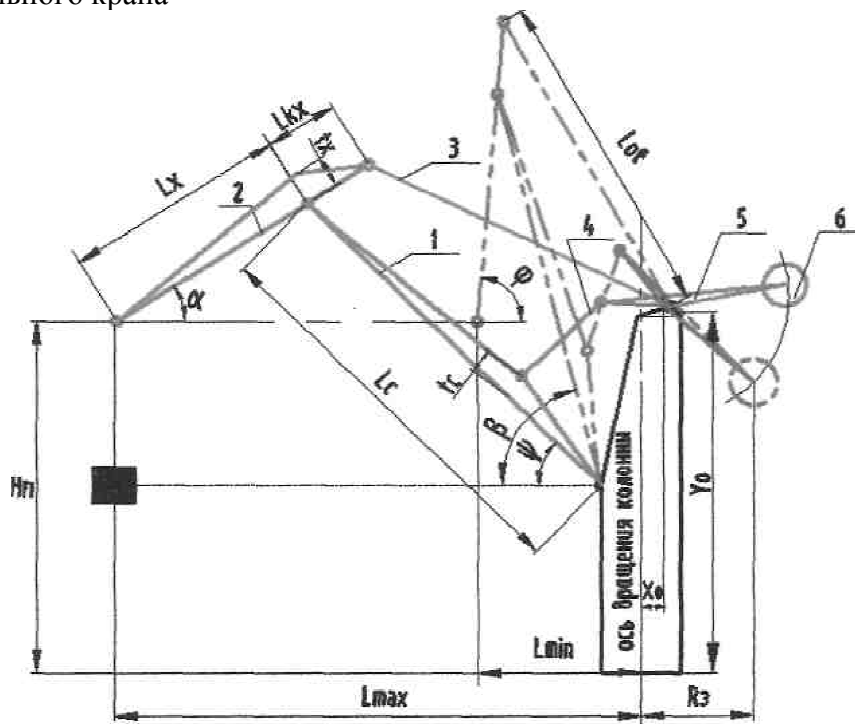


Рисунок 2 - Схема уравновешенной шарнирно-сочлененной стреловой системы (ШСС) портального крана: 1 - стрела, 2 - хобот, 3 - оттяжка, 4 - стреловая тяга, 5 - коромысло, 6 - подвижный противовес

2) Функциональные показатели, описывающие требования и ограничения, предъявляемые к уравновешенной ШСС.

В качестве ограничений при синтезе используются:

- конструктивные ограничения на габариты уравновешенной ШСС, т.е. размеры звеньев должны обеспечивать компоновку и собираемость системы;
- ограничения, удовлетворяющие заданному закону движения с целью достижения кинематической подвижности ШСС.

3) Качественные показатели, которые могут быть заданы аналитическим выражением или алгоритмом определения.

Среди качественных показателей выделяют:

- геометрические критерии оптимизации ШСС (отклонение траектории перемещения груза от горизонтали);
 - нагрузочные критерии оптимизации ШСС (величина грузового неуравновешенного момента);
 - массовые критерии оптимизации ШСС (вес стреловой системы, вес системы уравновешивания, общий вес уравновешенной ШСС);
- 4) Показатели эффективности:
- экономические показатели (стоимость изготовления уравновешенной ШСС);
 - энергетические показатели (величина мощности двигателя механизма изменения вылета стрелы).

Разработка автоматизированного КО-синтеза базируется на методах оптимизации стреловых систем и может рассматриваться как их развитие. Предложенный авторами способ синтеза обладает возможностью, не заменяя четырехзвенную уравновешенную ШСС на восьми-звенный механизм, выполнить оптимизацию системы одновременно по нескольким критериям оценки качества с учётом экономических и энергетических показателей при сохранении точности расчёта и качества проектирования. Кроме того, в автоматизированном КО-синтезе заложена связь между основными системами portalного крана - СС и СУ, что позволяет их рассчитывать и проектировать как единую уравновешенную ШСС.

Авторами рекомендуется при выполнении КО-синтеза использовать на начальной стадии проектирования автоматизированный метод определения входных данных [8], что обеспечит уменьшение объёма расчётов и повысит качество проектирования уравновешенной ШСС.

Выводы

В работе рассматриваются вопросы автоматизированного проектирования и оптимизации конструкции уравновешенной ШСС. Авторами решена задача совместного расчета и синтеза СС и СУ с помощью разработки нового автоматизированного комплексного способа синтеза (КО-синтеза). В результате проведенных исследований сформулированы основные положения КО-синтеза, определены его этапы и основные элементы. Представленный способ синтеза позволяет упростить процесс проектирования, повысить его эффективность и качество при сохранении заданной точности.

Полученные результаты исследования позволяют создавать portalные краны нового поколения, и рекомендованы для практического использования на машиностроительных предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Енчев К.Ц. Совмещение экстремального и оптимизационного синтеза при проектировании направляющего механизма портального крана / К.Ц. Енчев // Теория механизмов и машин - [Электронный журнал], 2008. - Вып. 2(12). - Т.6. - С.35-47. Режим доступа: http://www.nimf.spbstu.ru/tmm/02_2008.html
2. Михеев В.А., Власов В.Т. Специальные краны / В.А. Михеев, В.Т. Власов. - Мариуполь: ПГТУ, 2004.- 424 с.
3. Петухов П.З. Специальные краны / П.З. Петухов. - Москва: Машиностроение, 1967.-248 с.
4. Суглобов В.В. Определение геометрических параметров стрелы и хобота шарнирно - сочленённой стреловой системы портального крана / В.В. Суглобов, В.А. Михеев, Е.В. Тищенко// Вюник Приазов. держ. техн. ун-ту: 36. наук, пр.- Мариуполь: ДВНЗ «ПДТУ». - Вип.№22, 2011. -С. 177-182.
5. Мисюра В.П. Оптимальное проектирование уравновешивающих устройств стреловых систем портальных кранов / В.П. Мисюра, В.И. Жермунский // Вестник машиностроения: Сб. науч. трудов, 1980. - №7. - С. 41 - 43.
6. Мисюра В. П.Обобщённая математическая модель шарнирно - сочленённой укосины портального крана с различными механизмами уравновешивания / В.П. Мисюра, В.И. Жермунский // Подъёмно - транспортные машины: Сб. науч. трудов. - Тула, 1979. - №7. - С. 80 - 86.
7. Зинченко Е. И., Кротенко Г.А., Храмцова И.Я. Проблемы синтеза механизмов/ Е.И. Зинченко, Г.А. Кротенко, И.Я. Храмцова // Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. науч.трудов.-Харьков, 2008. - Вып. 2. Тематический выпуск "Машиноведение и САПР".- С.73-79.
8. Суглобов В. В.Определение геометрических параметров стрелы и хобота шарнирно - сочленённой стреловой системы портального крана / В.В. Суглобов, В.А. Михеев, Е.В. Ткачук// Вестник Харьковского национального автомобиледорожного университета: Сб. науч. трудов.-Харьков: ХНАДУ. - Вып.№57, 2012. - С. 264 - 269.
9. Суглобов В.В. Основы обобщённого автоматизированного синтеза конструкции стреловой системы и системы уравновешивания портального крана / В.В. Суглобов, В.А. Михеев, Е.В. Тищенко// Материалы I Региональной студенческой научно - технической конференции «Подъёмно - транспортное

оборудование и логистика» (18-19 мая 2011 года). - Донецк: ДонНТУ, 2011.-С. 118-120.

10. Суглобов В. В. Разработка алгоритма и программы синтеза и оптимизации конструкции стреловой системы порталных кранов / В.В. Суглобов, В.А. Михеев, Е.В. Тищенко// *Materialy VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania sa nauka I technikami 2011»*. - *Przemysl: Nauka I studia*. - Volume 54. *Techniczne nauki*, 2011. - S. 80 - 83.