

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВХОДНЫХ  
ДАННЫХ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
РАСЧЁТА, СИНТЕЗА И ОПТИМИЗАЦИИ СТРЕЛОВОЙ  
СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ УРАВНОВЕШИВАНИЯ  
ПОРТАЛЬНОГО КРАНА**

**Постановка проблемы.** Условия работы современных портов предъявляют высокие требования к эксплуатационной надёжности и производительности порталных кранов, выполняющих до 70% объёма погрузочно-разгрузочных работ. Известно, что значительное влияние на технические параметры и эксплуатационные свойства порталных кранов оказывает тип и технический уровень стреловой системы (СС) и системы уравновешивания (СУ). Наибольшее распространение получили шарнирно-сочленённые четырёхзвенные СС с прямым хоботом и жёсткой оттяжкой.

Поэтому, предметом рассмотрения в данной работе является проблема совместного автоматизированного синтеза и оптимизации шарнирно-сочленённой четырёхзвенной СС с прямым хоботом и четырёхзвенной СУ стрелы порталного крана.

Решению этой проблемы посвящён ряд научных работ Б.Е. Горского, А.И. Дукельского, В.С. Ловейкина, В.П. Мисюры, В.А. Михеева, П.З. Петухова Л.Г. Серлина, В.И. Стрелова. По мнению ученых, наиболее перспективным и рациональным методом определения конструктивных параметров СС и СУ является автоматизированный синтез с использованием персонального компьютера (ПК). Так, в работах Мисюры [1, 2, 3] дана обобщённая математическая модель СУ, предложен метод оптимального проектирования. В работе Стрелова [4] показан обобщенный аналитический метод кинематического синтеза СС с оптимизацией только по одному критерию качества – траектории перемещения груза. Работы Мисюры и Михеева [5, 6] расширили теоретические положения о синтезе СС и СУ, предложили новые методы многокритериальной оптимизации.

Вместе с тем, анализ существующих исследований в данной области показывает, что подавляющая часть работ посвящена синтезу моделей, учитывающих требования и ограничения только к одной системе. Согласно выполненному обзору литературы установлено, что ни в одной из работ не ставится задача объединить два расчёта СС и СУ и одновременно выполнить синтез и оптимизацию по заданным критериям с учётом всех требований и ограничений. Поэтому остаётся открытым вопрос о совместном синтезе и оптимизации СС и СУ, что позволит повысить качество порталного крана в целом.

Задача совместного синтеза СС и СУ с учётом всех требований и ограничений не имеет явного решения и относится к многомерной схеме, при которой на объект исследования действует множество параметров и сам объект оценивается по множеству показателей.

Задача усложняется ещё вследствие следующих причин:

- нечетко определены требования к СС и СУ, некоторые нормативные требования к ним устарели;
- не систематизированы критерии качества СС и СУ;
- большое количество входных варьируемых данных для расчёта, принимаемых произвольно, бессистемно, что приводит к большому числу расчётов методом «проб и ошибок»;
- сложность оптимизации по нескольким критериям качества.

**Целью данной работы** является определение принципиальных положений по формированию входных (исходных) данных для совместного автоматизированного расчёта, синтеза и оптимизации СС и СУ.

**Изложение основного материала.** Достижение наиболее рациональных технических параметров у порталных кранов закладывается и достигается при их проектировании и, главным образом, при разработке СС и СУ.

Конечный положительный результат будет зависеть от того, какие приняты исходные параметры, требования и критерии оценки, насколько тщательно выполнена оптимизация по заданным критериям и оценка полученных результатов. Выполнение такого ряда условий возможно только с использованием программы на основе математической модели.

Первоначальным этапом разработки математической модели, одновременно описывающей СС и СУ, является разработка критериев качества и системы ограничений.

На основе геометрических параметров новых современных порталных кранов, опыта проектирования отечественных и зарубежных фирм, а также, исходя из рекомендаций, представленных в источниках [2, 3, 5, 7, 8, 9, 10], авторами предлагаются следующие положения по формированию входных (исходных) данных:

I. Требования к СС:

1. Груз при изменении вылета стрелы должен перемещаться

по траектории, мало отличающейся от горизонтали. Допустимое отклонение не должно превышать 1-2% от значения диапазона изменения вылета стрелы. Действующий ранее допуск отклонения до 15% (ГОСТ 11283-72) [5, 8] для кранов нового поколения нельзя считать допустимым, т.к. на подъём груза при отклонении от горизонтальной траектории затрачивается дополнительная энергия, что приводит к неоправданному увеличению мощности привода механизма изменения вылета стрелы. Применение ПК и программ синтеза и оптимизации СС позволяют достичь таких показателей.

2. Возникающие от веса груза силы в грузовых канатах и оттяжке стрелы создают равнодействующую силу, создающую грузовой неуравновешенный момент относительно оси качания стрелы. Этот момент может быть положительным (в сторону увеличения вылета стрелы) или отрицательным (в сторону уменьшения вылета стрелы). Грузовой неуравновешенный момент, возникающий от веса груза, сил натяжения грузовых канатов и оттяжки стрелы, должен быть минимальным.
3. СС должна удовлетворять ограничениям по компоновке и по собираемости, обеспечивать кинематическую подвижность.
4. Собственный вес СС должен быть минимальным.

II. Требования к СУ:

1. СУ должно обеспечивать уравнивание на всем диапазоне вылетов стрелы.
2. СС должна быть уравновешена относительно оси качания стрелы, что достигается с помощью подвижных противовесов СУ. Отклонение от уравновешенности допустимо не более 3-5% от момента, создаваемого СС на наибольшем вылете стрелы. Применяемый ранее допуск на отклонение до 15% (ГОСТ 11283-72) [5, 8] для кранов нового поколения нельзя считать допустимым, т.к. неуравновешенность СС приводит к увеличению мощности привода механизма изменения вылета стрелы. Применение ПК и программ синтеза и оптимизации СУ позволяют достичь таких показателей.
3. На наибольшем вылете стрелы неуравновешенный момент СС должен действовать в сторону уменьшения вылета (должен быть отрицательным), а на наименьшем вылете – в сторону уменьшения (должен быть положительным).
4. Задний габарит не должен превышать заданную величину.
5. Вес подвижного противовеса должен быть минимальным.

6. Вес СУ должен быть минимально возможным.
7. СУ должна удовлетворять ограничениям по компоновке и по собираемости; обеспечивать кинематическую подвижность.

III. Критерии качества:

1. Минимальное отклонение траектории движения груза от горизонтали при изменении вылета стрелы.
2. Минимальное значение грузового неуравновешенного момента.
3. Характер изменения траектории движения груза и величины грузового неуравновешенного момента (положительное или отрицательное значение) во всём диапазоне изменения вылета стрелы.
4. Минимально возможный вес СС.
5. Минимальное значение неуравновешенного стрелового момента.
6. Характер изменения неуравновешенного стрелового момента (положительное или отрицательное значение) во всём диапазоне изменения вылета стрелы.
7. Минимальный вес противовеса.
8. Минимальный вес системы уравновешивания.

IV. Входные (исходные) геометрические параметры СС и СУ.

Задачей синтеза и оптимизации СС и СУ является определение геометрических параметров кинематических звеньев систем и обеспечение оптимальных значений критериев качества систем.

Для запуска программы синтеза и оптимизации в неё должны быть введены исходные значения геометрических параметров структурных звеньев кинематических схем СС и СУ. Структура кинематических схем с указанием звеньев, геометрические параметры которых должны быть введены в программу оптимизации, приведена на рисунке 1.

Исходными данными, предоставляемыми заказчиками крана и определяющими техническую характеристику крана, являются  $L_{max}, L_{min}, R_3, H_i$  (максимальный и минимальный вылеты стрелы, высота подъёма груза, величина заднего габарита соответственно). Этих данных недостаточно для расчёта и синтеза СС и СУ порталного крана.

Значениями всех остальных параметров (таблица 1) нужно задаться; они принимаются, основываясь на геометрических данных кранов-аналогов и опыте проектировщика.

Диапазон величин этих параметров, пользуясь методом случайного подбора, оказывается достаточно велик, что приводит к большому числу вариантов вычислений.

Всё вышеизложенное свидетельствует о необходимости сведения к минимуму количества произвольно принимаемых исходных геометрических параметров.

Эта задача решалась рядом авторов. Так, в работе [7] предложен графо – аналитический метод определения геометрических параметров  $L_x, L_c, L_{ot}$ . Такой метод является трудоёмким и неточным. В работах Стрелова [4] и Серлина [8] выведены аналитические зависимости для определения  $L_x, L_c, L_{ot}$ . Однако, эти зависимости громоздки, включают в себя большое количество варьируемых параметров, определение которых усложняет процесс проектирования. Поэтому дальнейшее развитие этой проблемы отражено в работе [9], где авторами предложены зависимости для определения  $L_x, L_c$ .

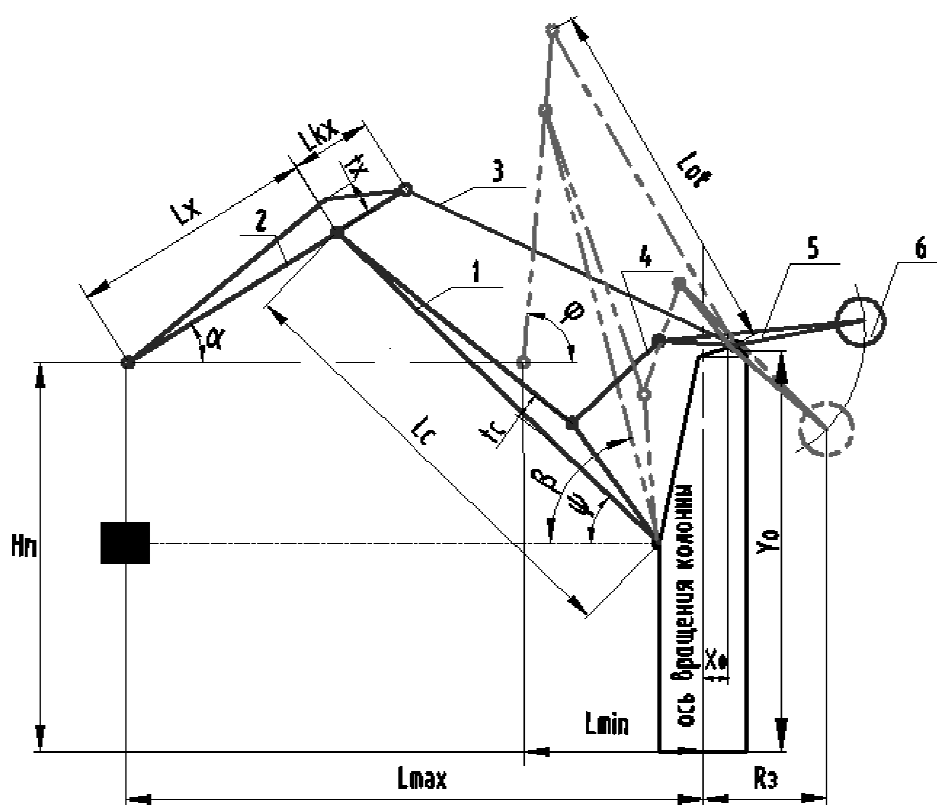


Рисунок 1 – Схема шарнирно–сочленённой стреловой системы (СС) и системы уравнивания (СУ) портального крана: 1 – стрела, 2 – хобот, 3 – оттяжка, 4 – стреловая тяга, 5 – коромысло СУ, 6 – подвижный противовес.

Авторами настоящей статьи также поставлена задача, используя математические зависимости между геометрическими параметрами

элементов СС и СУ, свести к минимуму количество произвольно принимаемых исходных геометрических параметров, вводимых в программу синтеза, расчёта и оптимизации этих систем.

На основании анализа работ [1, 2, 3] установлено, что для предложенного направления достаточными являются геометрические данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Геометрические данные для ввода в программу расчёта и синтеза шарнирно–сочленённой СС и СУ

Исходные данные для СС	Исходные данные для СУ
$L_c, L_x, L_{kx}, L_{ot}, X_o, Y_o, t_c, t_x, \beta, \psi,$ $L_{max}, L_{min}, R_3, H_i$	$L_c, L_x, L_{kx}, L_{ot}, X_o, Y_o, t_c, t_x,$ $L_{max}, L_{min}, R_3.$

Но и для этих параметров разрабатываются рекомендуемые граничные значения.

Предложена методика обработки математических зависимостей для вычисления остальных исходных геометрических параметров в программном пакете MathCAD.

#### **Вывод**

В данной работе рассмотрены пути решения проблемы необходимости совершенствования определения входных (исходных) данных для синтеза и оптимизации стреловых систем и систем уравнивания порталных кранов с шарнирно – сочленённой стрелой и прямым хоботом. Систематизированы требования к СС и СУ и предложены критерии оценки их качества. Предложены новые более жёсткие нормативные требования к обеспечению траектории движения груза при изменении вылета стрелы и к обеспечению уравниваемости стреловой системы. В результате проведенных исследований сформулирована задача и намечен метод минимизации количества произвольно принимаемых исходных геометрических параметров, вводимых в программу синтеза и оптимизации СС и СУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мисюра В.П., Жермунский Б.И. Обобщённая математическая модель шарнирно–сочленённой укосины порталного крана с различными механизмами уравнивания / В.П. Мисюра, Б.И.

Жермунский // Подъемно – транспортные машины: Сб. науч. трудов. – Тула, 1979. – С. 80-86.

2. Мисюра В.П., Жермунский Б.И. Оптимальное проектирование уравновешивающих устройств стреловых систем порталных кранов / В.П. Мисюра, Б.И. Жермунский // Вестник машиностроения: Сб. науч. трудов, 1980.–№7 –С. 41-43.

3. Михеев В.А., Мисюра В.П. Автоматизированное проектирование уравновешивающих устройств стреловых систем порталных кранов / В.А. Михеев, В.П. Мисюра // Підійомно – транспортна техніка: Зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. №3(15). – С. 15-28.

4. Стрелов В.И. Расчёт шарнирных стреловых систем порталных кранов / В.И. Стрелов. – Калуга: Облиздат, 1998. – 188 с.

5. Мисюра В.П., Михеев В.А. Теория синтеза стреловых систем порталных кранов в постановке задачи математического программирования / В.П. Мисюра, В.А. Михеев // Підійомно – транспортна техніка: Зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. №3(19). – С. 23-31.

6. Мисюра В.П., Михеев В.А. Автоматизированный синтез параметров стреловых систем порталных кранов / В.П. Мисюра, В.А. Михеев // Підійомно – транспортна техніка: Зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. №4(20). – С. 8-12.

7. Петухов П.З. и др. Специальные краны: уч. пособие / П.З. Петухов, Г.П. Ксюнин, Л.Г. Серлин – М: Машиностроение, 1985. – 239 с.

8. Справочник по кранам: в 2-х т. Т.2 под общ. ред. М. М. Гохберга. – Л.: Машиностроение, 1988.– 559 с.

9. Суглобов В.В. Основы обобщённого автоматизированного синтеза конструкции стреловой системы и системы уравновешивания порталного крана / В.В. Суглобов, В.А. Михеев, Е.В. Тищенко // Матеріали І Регіональної студентської науково-технічної конференції «Підійомно – транспортне обладнання і логістика» (18-19 травня 2011 року). – Донецьк: 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 // Materiały VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami 2011». – Prezemysl: Nauka i studia. – Volume 54. Techniczne nauki. – 2011. – С. 80-83.