

ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ КРАНОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

В последнее время в экономически развитых странах мира робототизированные технологии все с большей активностью вторгаются во все сферы человеческой деятельностью. Такие отрасли, как автомобиль- и машиностроение, самолетостроение, космическая, не обходятся без роботов и дистанционно управляемых манипуляторов. Строительная отрасль в этом смысле отстает. Внедрение робототизированных технологий обеспечивает сокращение использования ручного труда, повышение производительности и качества строительства переход к малолюдной (в перспективе безлюдной) технологиям строительного-монтажных процессов.

Достижение высоких технико-экономических показателей в строительстве невозможно без глубоких преобразований, основную роль в которых призвана сыграть техническая реконструкция, комплексная механизация, автоматизация и робототизация. Однако применение механизированных технологических процессов с использованием оборудования, серийно выпускаемого промышленностью, не позволяет достичь указанной цели.

В настоящее время наиболее распространенные средства у монтажников — монтажный лом, подкос, отвес. Такие средства применяют потому, что современные башенные и стреловые краны технически не приспособлены к возведению зданий с ограниченным участием рабочих.

Вручную рабочие осуществляют ориентирование конструкции в пространстве, гашение амплитуды раскачивания, рихтовку и выверку положений, временное крепление подкосами или кондукторами, устройство горизонтальных и вертикальных соединений, потому что краны оснащены неуправляемыми грузозахватными, а не поворотными крюковыми обоймами, закрепленными на стальных тросах. Кроме того, взаимодействие крана со строительным элементом осуществляется посредством промежуточного звена — стропа и траверсы с крюками на тросах, длина которых меняется. В результате этого кран подает строительный элемент на монтажный горизонт, не ориентированный тремя линейным и тремя угловым координатам, как того требует расположение конструкции в здании.

Применение же крановых лебедок и механизмов с различными скоростями ли-

нейных и вращательных движений, а также удаленность крановщика от места установки конструкции вызывают необходимость повторных включений приводов. Это приводит к раскачиванию монтажных элементов и требует окончательного гашения амплитуды колебаний при установке их в проектное положение вручную. При этом конструкция занимает положение с отклонением, часто превышающим предельное, и может привести к несчастным случаям среди монтажников.

Отмеченные выше факторы оказывают значительное влияние на процесс формирования ручных трудозатрат на монтажные процессы, в результате чего ручные затраты превышают механизированные в 4–5 раз. Эти факторы характеризуются как факторы технологичности и обусловлены несовершенством объемно-планировочных и конструктивных решений зданий, недостаточным уровнем взаимной приспособленности монтажных машин и конструктивных элементов к процессам возведения зданий.

Одним из основных направлений, определяющих повышение производительности и качества монтажа конструкций, является снижение соотношения ручной и машинной доли времени цикла работы крана. Факторы, формирующие продолжительность машинной доли времени цикла, можно условно разделить на две основные группы.

К первой группе относятся факторы, характеризующие технические возможности крана — скорости рабочих движений.

Ко второй — факторы, определяющие затраты машинного времени на дополнительные операции, обусловленные конструктивным решением строительного элемента и условием его установки в проектное положение. Учет факторов первой группы направлен на решение вопросов автоматизации и робототизации процессов монтажа.

Для обеспечения требуемой точности позиционирования и обслуживания большой подстреловой зоны можно воспользоваться двумя вариантами. **Первый вариант** — двухстадийное позиционирование элементов. На первой стадии строительный элемент перемещают из зоны захвата на монтажный горизонт крановыми механизмами с достаточной точностью ориентирования. На второй стадии при помощи нового механизма ориентирования конструкцию устанавливают в проектное положение с точностью, регламентируемой

СНиПом. **Второй вариант** — установка монтируемой строительной конструкции непосредственно с крана-манипулятора. Функциональное назначение таких кранов состоит в исполнении собственными механизмами (без использования ручного труда) с дистанционным управлением следующих операций монтажного цикла: жесткий монтаж монтируемого элемента, транспортировка к месту монтажа, принудительное ориентирование элемента в пространстве, посадка закоординированного элемента с требуемой точностью, отцеп установленного элемента и обратный ход крана-манипулятора за очередным элементом. Сравнение двух вариантов, на наш взгляд, дает преимущество второму варианту, так как если доставка на монтажный горизонт осуществляется обычным краном, то требуются дополнительные устройство ориентирования и время для установки конструкции в это устройство, а если доставляется элемент с достаточной точностью, тогда эта конструкция ориентирования представляется излишней.

Учет факторов второй группы обеспечивает существенное снижение непроизводительных затрат времени, связанных с временным удержанием неустойчивых конструкций в процессе монтажа. Одним из решений может быть использование метода пространственной самофиксации элементов на ранее установленные элементы. Оно кажется перспективным, но требует существенной доработки метода самофиксации с целью обеспечения надежности монтажа крупнопанельных зданий. Более простым решением является разработка закладных устройств, выполняющих функции не только самофиксирования, но и их самоустановки при посадке на место. Это позволит снизить требование к точности позиционирования и может быть осуществлено при расширении входных размеров самофиксирующих устройств.

Создание строительных кранов-манипуляторов должно учитывать разнообразные факторы: технологию производства работ, конструктивные особенности строительного объекта и его габариты, номенклатуру строительных конструкций (массу, габариты и форму), квалификацию обслуживающего персонала, обеспечение выполнения полного цикла работ (от нулевого цикла до возведения крыши).

Наиболее полно этим требованием удовлетворяют краны-манипуляторы, выполненные на базе башенных кранов с существенными изменениями в конструкции. Вместо

стрелы подъемной или балочной на башни устанавливается краново-манипулирующая установка, представляющая подвижную обойму с шарнирно-сочлененной стрелой. Для более точного позиционирования обоймы перемещается по зубчатой рейке, укрепленной вдоль башни. Геометрические параметры башни и колен шарнирно-сочлененной стрелы подбирают в соответствии с технологией и габаритами возводимого строительного объекта.

Для широкого использования кранов-манипуляторов в строительстве можно создать базовую модель и модифицировать ее для работы на типовых строительных объектах. Например, для объектов до 20 м можно определить такие размеры колен, которые позволят выполнить полный комплекс работ без перемещения обоймы по башне. При возведении более высоких зданий кран-манипулятор должен быть оборудован системой видеонаблюдения.

Основным элементом, который обеспечивает преимущество кранов-манипуляторов, является грузозахватный орган. Он должен отвечать следующим требованиям:

- иметь грузоподъемность, соответствующую максимальной массе строительной конструкции;
- обеспечивать 4–6 степеней свободы для удобства монтажа;
- располагать возможностью подъема различных по форме конструкций одним грузозахватом или быстрого переоборудования для грузозахватов типовых элементов;
- быть удобным в управлении;
- обеспечивать безопасность при перемещении груза.

Анализ грузозахватных приспособлений и устройств, применяемых в строительстве и других областях (например в машиностроении), показал, что этим требованиям в большей степени отвечают гидравлические захваты.

Уравнение движения груза можно представить в виде:

$$m\ddot{g}_{it} = F_{ic} + F_{iy},$$

$$I_i\ddot{\phi} = M_{ic} + M_{iy}, \quad (1)$$

где: m — масса груза, \ddot{g}_{it} — обобщенная линейная координата, F_{ic} — естественная сила, F_{iy} — сила управления, I_i — момент инерции, $\ddot{\phi}$ — угловая координата, M_{ic} — естественный момент, M_{iy} — момент управления.

Под естественными силами (моментами) мы будем понимать силы (моменты), определяющие естественное движение груза. Под силами (моментами) мы будем понимать те силы (моменты), которые обусловлены управлением груза.

Уравнение (1) представляет собой динамическую модель рабочей операции.

Оно определяет взаимосвязь между управляющими усилиями и усилиями, определяющими движение груза. Из это-

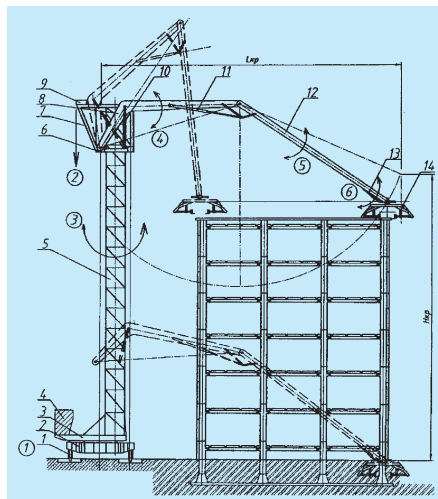


Рис. 1. Строительный кран-манипулятор

го уравнения (1) видно, что важную роль в точности позиционирования играет система управления грузозахвата.

Применение гидравлического объемного гидроборудования в строительных кранах-манипуляторах не отвечает сформированным требованиям.

Для привода шарнирно-сочлененной стрелы и грузозахвата необходимо применить гидропривод с пропорциональным управлением, которое представляет собой следящую систему, оснащенную бортовым компьютером, куда необходимо задать все параметры работы крана при перемещении груза (допустимые геометрические перемещения, масса, скорости и ускорения). Датчики контролируют работу гидропривода и вносят коррективы в работу его элементов.

Обеспечение точности позиционирования и уменьшения динамических нагрузок при перемещении груза обеспечивается динамической системой управления. При динамическом управлении контролируются ускорение движения грузозахвата и его геометрическое положение.

Эти сигналы поступают на блок сравнения, после чего вносятся коррективы в силы (моменты) управления.

Техническое преимущество пропорциональной системы заключается в плавном управлении заданными параметрами и в сокращении гидравлических элементов для обеспечения требуемой точности позиционирования.

Посредством пропорционального управления можно точно и быстро выполнить технологические процессы перемещения и монтажа строительных конструкций, снизить динамические нагрузки и, как следствие, повысить производительность, качество и возможность автоматизации производства [1].

Рабочие процессы нового технологического решения робототизированного средства монтажа конструкций и кран-манипулятор, разработанный в МГСУ,

представлены на рисунке 1. Кран работает следующим образом: захватив на объектном складе конструкцию, он производит поворот башни в сторону возводимого здания. Монтаж конструкций ведется методом наращивания, поэтажно, для чего рабочее оборудование перемещается вдоль башни на необходимый горизонт.

Кран-манипулятор представляет собой подъемно-транспортное средство с дистанционным управлением. Устройство передвижения крана состоит из ходовой платформы (2) кранового типа, установленного на ходовых тележках (1), которые перемещаются по подкрановому рельсовому пути.

На ходовой платформе установлен опорно-поворотный круг с поворотной платформой (3). На платформе расположен противовес (4), обеспечивающий устойчивость крана, и жестко закреплена вертикальная башня (5). Она играет роль несущей и направляющей конструкции для обеспечения вертикального хода обоймы (7) с опорами качения. Передвижение обоймы осуществляется реечным механизмом.

На обойме установлена шарнирно сочлененная стрела с гидроцилиндрами, которая состоит из корневой секции (8) и шарнирно соединенной с ней рукоятью (12), движение стрелы задается гидроцилиндрами (10 и 11). Гидроцилиндр (13) отслеживает горизонтальность положения рабочего органа (14) и захваченного им элемента при угловых перемещениях стрелы. Гидропривод стрелы и грузозахвата установлен на обойме.

В состав звена монтажников входят три человека. Оператор-монтажник, имеющий джойстик, контролирует надежность захвата конструкции, отправляя ее на необходимый монтажный горизонт. Другой оператор-монтажник продолжает монтаж конструкции на горизонте. После достижения конструкции заданного положения оператор-электросварщик надежно закрепляет ее электросваркой и затем отправляет кран за очередной конструкцией. Пока кран в пути, второй оператор-монтажник заполняет стык раствором. Эффект очевиден: вместо 5 монтажников и одного сварщика занято всего три человека. Отпадает необходимость в установке кабины крана, ускоряется процесс и повышается качество монтажа.

М. А. СТЕПАНОВ, к. т. н., профессор, декан факультета механизации и автоматизации строительства МГСУ

Литература

1. Кулешов В. С., Лакота Н. А., Андронин В. В. и др. «Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы». Под. общ. ред. Е. П. Попова. — М.: «Машиностроение», 1986 г.

2. Вильман Ю. А., Степанов М. А. «Дистанционно управляемые манипуляторы. // «Механизация строительства» №1, 2006 г., с. 3–8.