XXXIV Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции.
Ч.III: С.11-12, 2006.
© Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2006.

УДК 6211.01

Ю.М.Симонов (асп., каф. Автоматы), А.Н.Тимофеев, д.т.н., проф.

ТОЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Темпы строительства жилищных и бытовых зданий и сооружений увеличиваются с каждым годом. Сроки сдачи строительных объектов должны быть максимально короткими. Уменьшение сроков строительства могут быть достигнуты путем автоматизации наиболее массовых строительных операций. К ним относятся: отделочные, каменные, монтажные, кровельные и ряд других работ. При создании робототизированных комплексов для выполнения данного вида работ, необходимо уделить должное внимание вопросам точности. В среднем, общая суммарная погрешность строительных сооружений составляет порядка 100 мм. Для достижения такой точности, а также для эстетического восприятия, погрешность взаимного положения отдельных объектов не должна превышать 2–15 миллиметров, в зависимости от вида выполняемых работ.

Традиционные средства комплексной механизации и автоматизации, такие как передвижные каретки, люльки, подмости, ПТС, не обеспечивают таких точностей. Достижение таких требований достигается ручной подгонкой с использованием декоративных отделочных материалов. Перспективным направлением решения этих задач является использование средств робототехники. Одним из наиболее важных требований предъявляемым к таким манипуляторам и роботам, является точность их работы. Хотя общие методы анализа точности рассмотрены в работах ведущих ученых, вопросы точности для такого и похожего класса роботов ранее не рассматривались, в крайнем случае, на очень приблизительном уровне. Это связанно с тем, что строительная робототехника получила свое развитие недавно и, несмотря на то, что многие исследования и цели роботизации в строительстве являются общими для прикладной робототехники, их решения определяются спецификой строительного производства и отличаются нестандартностью и неповторимостью. Для данной отрасли больше рассматривались вопросы экономии, производительности, эксплуатации и технического обслуживания, чем вопросы точности.

Рассмотрим вопросы точности для строительных манипуляторов перемещающихся по рельсам, которые могут прокладываются как на кромках перекрытий здания, так и внутри помещений. Общую оценку погрешности позиционирования рабочего органа оценим по заданным погрешностям отдельных компонентов манипулятора. Погрешность позиционирования рабочего органа является некоторой функцией от погрешностей отдельных компонент манипулятора. Все первичные погрешности можно разделить на пять групп: погрешности вызванные изготовлением, зазорами, деформациями, монтажом и системой управления. Для полного обследования погрешности комплекса необходимо проанализировать все множество первичных погрешностей. Однако очевидно, что только небольшая часть из них оказывает существенное влияние на выходную погрешность манипулятора. К наиболее существенным относятся погрешности вызванные: изготовлением направляющих для по которым движется манипулятор (погрешность формы рельсов), изготовлением направляющих модулей- горизонтального и вертикального движений рабочего органа, зазорами в местах стыковки отдельных модулей, монтажом путевой системы, приводами и системой управления, стыковкой рельсов, деформациями комплекса под собственным весом, деформация комплекса под действием переменных нагрузок (весовых, ветровых, технологических и ряда других).

После закрепления рельса, его кривая линия может быть аппроксимирована синусоидой, со стандартными для гармонических колебаний параметрами. В этом случае

погрешность формы рельса, а следовательно, и погрешность манипулятора, зависят от амплитуды и периода колебаний рельса. В свою очередь, эти параметры зависят от количества заделок рельса. При использовании в качестве рельса стандартного металлопроката, с непрямолинейностью примерно 6 мм/м, и расстановке несущих заделок через 3 м, максимальная погрешность манипулятора составляет порядка 6 мм. Увеличение количества заделок ведет к уменьшению данной погрешности.

Деформации оказывают самое большое воздействие на точность работы манипулятора. Для их оценки, был произведен расчет при помощи прикладных программ ANSYS. Деформации считались на конкретном примере строительного робота, представляющего собой ферменную конструкцию, которая базируется на двух рельсах. Рельсы проложены на кромках двух смежных перекрытий. Комплекс имеет колонну подъема-опускания с ходом 3 м, штангу горизонтального выдвижения вглубь здания на 3м. Также манипулятор оснащен технологической платформой для запаса строительных объектов, платформу для персонала и ряд других устройств. Собственная частота манипулятора составляет порядка 2 Гц. Деформации под собственным весом конструкции составляют около 6,5 мм. Данная погрешность является систематической на всем протяжении здания и может быть выбрана при монтаже конструкции. Деформация от рабочего усилия 250 Н составляет порядка 5 мм. Эта погрешность также может быть учтена в ходе работы комплекса. Масса полного запаса строительных объектов, а также масса рабочего персонала (из трех человек), приводит к деформациям системы примерно 2мм. Сюда входят систематическая и случайная составляющие. Для уменьшения случайной составляющей, при работе комплекса не рекомендуется резкое перемещение персонала, а также резкое изменение массы запаса строительных объектов. Наиболее трудно прогнозируемыми являются погрешности, вызванные деформацией манипулятора под действием ветровых нагрузок. В Санкт-Петербурге и Ленинградской области порывы ветра в среднем составляют 10 м/с, что приводит к деформациям рабочего органа порядка 6 мм, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Поэтому при эксплуатации комплекса необходимо учитывать направление потоков ветровых масс и стараться проводить работы с защищенной от ветра стороны здания или закрывать манипулятор защитными щитами несвязанными с комплексом жесткими связями.

Общий вклад остальных погрешностей, например вызванных зазорами, неточностью изготовления направляющих и рядом других факторов, составляет порядка 2 мм. Таким образом, общая суммарная погрешность манипулятора после устранения большей части систематических погрешностей может достигать около 6 мм. В зависимости от интенсивности изменения погрешности, для ее уменьшения могут быть применены стабилизирующие устройства. Например, растяжки с тензодатчиками, отслеживающие деформации системы и подающие сигналы на стабилизирующие привода. Для данной цели могут подойти устройства, принцип действия которых схож со строительными уровнями.