

УДК 621.878.2

**П. С. КОРОЕД, Л. А. ШИРОКОВ**

ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет»

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ НА БАЗЕ ВНЕДРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МАНИПУЛИРОВАНИЯ**

Роботизация строительно-монтажных работ – одно из перспективных направлений, которое позволяет ускорить процесс строительства, повысить качество и безопасность выполняемых работ, а также сократить долю ручного труда. Для многоэтажных объектов автоматизация выполнения всего комплекса монтажных операций возможна лишь на основе создания роботизированных монтажных комплексов (РМК). Решение этой проблемы имеет народнохозяйственное значение, поскольку способствует разработке высокоэффективных средств комплексной механизации и автоматизации строительных операций, повышающих производительность и качество выполняемых монтажных, отделочных и штукатурных работ, снижающих их трудоемкость, освобождающих людей от вредных и опасных условий труда.

**роботизированные системы манипулирования, производительность работ, механизация и автоматизация строительных операций**

### **ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМАТИКИ ПО ВЫБРАННОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ**

Строительство является одной из ведущих сфер экономической деятельности. С каждым днем увеличивается разнообразие выполняемых строительных проектов, возрастает сложность самого строительства. Строительные работы, как правило, отличаются повышенной сложностью и опасностью производства работ, а также монотонностью, что представляет особую трудность для рабочих. В то же время успешность любого строительного проекта определяется тремя показателями: стоимость, качество, сроки. Для повышения значений этих показателей необходимо совершенствование технологии и организации строительного производства на основе прогрессивных отечественных и зарубежных технологий. Одной из таких технологий является роботизация, которая позволяет ускорить процесс строительства, повысить качество и безопасность выполняемых работ, а также сократить долю ручного труда. Повышение эффективности строительного производства обеспечивается дальнейшим вытеснением ручных процессов, увеличением производительности применяемых средств механизации и совершенствованием технологических процессов, в основном связанных с новыми машинами и с организацией работ, обеспечивающей наилучшее использование машин.

Малые габариты и весовые характеристики подобной техники делают удобной и ее транспортировку. Роботом при помощи пульта может управлять всего один квалифицированный оператор. Поэтому подобная технология уместна в ситуациях, потенциально опасных для здоровья рабочих. Анализируя все многообразие строительных манипуляторов и роботов, представленных сейчас на рынке, в зависимости от назначения, технологической и конструктивной особенности можно найти устройства, выполняющие множество разнообразной работы.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, РАССМАТРИВАЕМОЙ В СТАТЬЕ**

Однако в наше время и в нашей стране на строительной площадке до сих пор повсеместно преобладает ручной труд рабочих бригад, это может объясняться недостатком квалифицированных кадров, способных работать операторами подобных машин, сложность в выборе надежных, универсальных и хорошо оптимизированных роботов-манипуляторов. Цель этой работы показать, что эта сфера

© П. С. Короед, Л. А. Широков, 2016

не стоит на месте и уже сейчас на рынке можно найти множество автоматических устройств, способных удовлетворить запросы заказчиков.

### ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ И ПРИМЕР РЕШЕНИЯ

В результате анализа роботизации строительно-монтажных работ установлено, что одним из перспективных направлений является создание роботизированных монтажных комплексов (РМК) для крупнопанельного строительства. Для многоэтажных объектов автоматизация выполнения всего комплекса монтажных операций возможна лишь на основе построения РМК, реализующего принцип раздельно-синхронного выполнения операций, при котором часть монтажных операций выполняется раздельно специализированным оборудованием, а другая часть при их совместном синхронном взаимодействии (рис. 1). Кран обеспечивает перемещение конструкции в зону монтажа, ее предварительную установку и удержание в процессе ориентации, а монтажный робот, выполняет корректировку положения и точную ориентацию панели при монтаже.

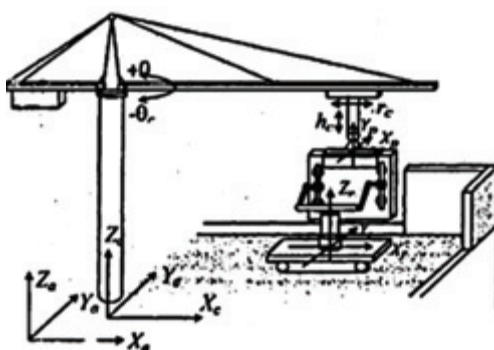


Рисунок 1 – Роботизированный монтажный комплекс.

Исходя из анализа технологии штукатурных работ, сформулированы основные принципы построения штукатурных роботов для работ внутри помещений. В результате структурно-кинематического анализа установлено, что для штукатурного робота предпочтительна структура с 6-ю степенями подвижности, имеющая выдвигаемое звено, которая обладает наилучшими эксплуатационно-сервисными показателями (рис. 2). Снабжение такого манипулятора специальным инструментом с пьезокерамическими регулировочными устройствами позволяет реализовать метод скольжения замкнутых камер, образующихся между инструментом и рабочей поверхностью.

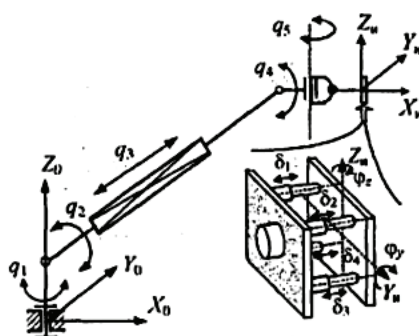


Рисунок 2 – Структурная схема штукатурного робота и рабочего инструмента.

Учитывая специфику строительных роботов, предложено в качестве структурных и кинематических характеристик использовать улучшенный показатель сложности структуры, маневренность, коэффициенты углового, пространственного и объемного сервиса, коэффициент нагрузки звеньев, коэффициенты кратности моментов и скоростей в зоне обслуживания. Для синтеза геометрических параметров выбранной структуры манипулятора в качестве критерия оптимизации обоснована целесообразность применения суммарной работы, выполняемой приводами робота при отработке типовых движений:

$$I = \min \left| \sum_{i=1}^n \left( \int_0^t |P_i| dt \right) K_i \right|,$$

где  $P_i$  – мощность  $i$ -го привода, необходимая для движения массы звеньев манипулятора и груза, приведенных к  $i$ -му звену;  
 $K_i$  – коэффициент нагрузки  $i$ -го звена.

## ВЫВОДЫ ПО СТЕПЕНИ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ И ОСТАВШИЕСЯ НА БУДУЩЕЕ ВОПРОСЫ

На основе вышеизложенного считаю внедрение робота-манипулятора в отделочные и монтажные работы строительства оправданным, а также экономически выгодным. Решение этой проблемы имеет важное народнохозяйственное значение, поскольку способствует разработке высокоэффективных средств комплексной механизации и автоматизации строительных операций, повышающих производительность и качество выполнения монтажных, отделочных и штукатурных работ, снижающих их трудоемкость, освобождающих людей от вредных и опасных условий работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акуленко, Л. Д. Моделирование динамики манипулятора с упругими звеньями [Текст] / Л. Д. Акуленко, С. А. Михайлов, Ф. Л. Черноусько // Механика твердого тела. – 1981. – № 3. – С. 118–124.
2. Бок, Т. Роботизация строительных процессов [Текст] / Т. Бок, А. Г. Булгаков. – М. : ВНИИТПИ, 1999. – 69 с. – (Техн. и мех. строит-ва : Обзор. информ. ; Вып. 1).
3. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – СПб. : Профессия, 2003. – 752 с.
4. Зенкевич, С. Л. Основы управления манипуляционными роботами [Текст] : учебник для вузов / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.

Получено 17.03.2016

### П. С. КОРОЕД, Л. О. ШИРОКОВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ НА БАЗІ ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МАНІПУЛЮВАННЯ ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет»

Роботизація будівельно-монтажних робіт – один з перспективних напрямків, які дозволяють прискорити процес будівництва, підвищити якість і безпеку виконуваних робіт, а також скоротити частку ручної праці. Для багатоповерхових об'єктів автоматизація виконання всього комплексу монтажних операцій можлива лише на основі створення роботизованих монтажних комплексів (РМК). Вирішення цієї проблеми має народногосподарське значення, оскільки сприяє розробці високоефективних засобів комплексної механізації і автоматизації будівельних операцій, монтажних, оброблених і штукатурних робіт, що знижують їх трудоемність, вивільнюють людей від шкідливих і небезпечних умов роботи.

**роботизовані системи маніпулювання, продуктивність робіт, механізація і автоматизація будівельних операцій**

### PAVEL KOROED, LEW SHIROKOV IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS ON THE BASIS OF THE INTRODUCTION OF ROBOTIC MANIPULATION SYSTEMS FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering»

Robotics of construction and installation work is one of the most promising directions, which allows to accelerate the construction process, improve the quality and safety of the work performed, as well as to reduce the share of manual labor. For multi-story facilities automation of the full range of assembly operations is possible only through the creation of robotic assembly systems (RCC). The solution to this problem has economic value, since it contributes to the development of highly effective means of complex mechanization and automation of construction operations, increase the efficiency and quality of the installation, finishing and plastering work, reduce their labor input, frees people from harmful and hazardous working conditions.

**robotic handling system, performance of works, mechanization and automation of construction operations**

**Короед Павло Сергійович** – студент ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет».

**Широков Лев Олексійович** – доктор технічних наук, професор ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: теорія систем і системний аналіз, оптимальне управління, САПР, інформаційні технології, інтегровані АСУ.

**Короед Павел Сергеевич** – студент ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет».

**Широков Лев Алексеевич** – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: теория систем и системный анализ, оптимальное управление, САПР, информационные технологии, интегрированные АСУ.

**Koroed Pavel** – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: the widespread development of automatic control technology.

**Shirokov Lew** – D.Sc. (Eng.), Professor, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: systems theory and systems analysis, optimal control, CAD, information technology, integrated automation.