

## **МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА В ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Сазонникова Н.А., Илюхин В.Н., Ермаков Е.К.  
Самарский университет, г. Самара, [nasazonnikova@yandex.ru](mailto:nasazonnikova@yandex.ru)

*Ключевые слова:* робот-манипулятор, ошибка позиционирования, лазерный трекер.

Целью работы является разработка методики повышения точности позиционирования робота-манипулятора в процессе лазерной резки композитных материалов, а также оценка ее эффективности с помощью имитационного моделирования.

Автоматизация технологических процессов происходит в современном мире очень активно. Внедрение робототехнических комплексов и решений позволяет существенно повысить производительность и безопасность некоторых производственных процессов, однако до сих пор некоторые процессы остаются не автоматизированными по причине того, что заводские настройки, которые производители роботов закладывают при производстве контроллеров робота не могут полноценно покрыть все нужды сложных и точных технологических процессов, таких как, например, лазерная резка композитных материалов. Так как в ряде случаев заводских настроек и решений, уже имеющихся в робототехническом комплексе, недостаточно, требуется разработка дополнительных систем по повышению точности перемещений инструментального центра робота-манипулятора.

В данной работе представлена разработанная система для лазерной резки композитных материалов на базе робота манипулятора KUKA KR90 R2700 и лазерного трекера API Radian R-20, включенного в комплекс для повышения точности позиционирования робота манипулятора. С помощью лазерного трекера можно повысить точность робота, используя дополнительное внешнее программное обеспечение, для обработки данных, которые предоставляет лазерный трекер и последующей коррекции положения, чтобы результирующее реальное положение робота имело большую точность. В процессе работы предложена методика повышения точности позиционирования робота, построена математическая модель системы управления роботом и проведена оценка эффективности выбранной методики.

Разработана методика повышения точности робота-манипулятора в процессе лазерной резки композитных материалов при использовании лазерного трекера для оценки пространственного положения инструментального центра робота; Построена модель системы управления роботом-манипулятором KUKA KR90 R2700 PRO. Определена методика вычисления ошибки позиционирования при использовании компенсации положения по результатам измерения лазерного трекера.

На основе решения обратной задачи кинематике представлена методика компенсации ошибки позиционирования робот-манипулятора в процессе выполнения операции по криволинейной траектории. Расчет ошибки позиционирования при использовании компенсации произведен с помощью Matlab Simulink.

Проведен численный эксперимент для определения эффективности методики повышения точности. Результаты численного эксперимента показали следующие результаты. В случае линейных траекторий максимальное отклонение позиции инструментального центра, обеспечиваемое системой управления в установившемся режиме работы, оказалась в следующих пределах: максимальная величина отклонения составила +15 мкм по верхней границе и -17 мкм по нижней. Максимальный период стабилизации системы управления был равен 10 с. В случае дуговых траекторий максимальное отклонение позиции инструментального центра в установившемся режиме работы так же попало в допустимые пределы. Максимальная величина отклонения по верхней границе составила +16 мкм, по нижней границе -10 мкм. Максимальный период стабилизации системы был равен 40 с. Данные результаты говорят о целесообразности применения методики и ее эффективности.

### **Сведения об авторах**

Сазонникова Н.А., доктор технических наук, доцент, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок [nasazonnikova@yandex.ru](mailto:nasazonnikova@yandex.ru). Область научных интересов: лазерные информационно-измерительные системы.

Илюхин В.Н., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматических систем энергетических установок. Область научных интересов: автоматизация технологических процессов.

Ермаков Е.К., обучающийся магистратуры Самарского университета. Область научных интересов: автоматизация технологических процессов.

### **A METHOD FOR INCREASING THE MANIPULATOR ROBOT POSITIONING ACCURACY AT THE COMPOSITE MATERIAL LASER CUTTING PROCESS**

Sazonnikova N.A., Iliukhin V.N., Ermakov E.K.  
Samara University, Samara, Russia, [nasazonnikova@yandex.ru](mailto:nasazonnikova@yandex.ru)

*Keywords: industrial robot, position accuracy, laser tracker*

The aim of this paper is to develop a technique for improving an industrial robot position accuracy in the process of laser cutting of composite materials, as well as to evaluate its effectiveness using simulation modeling. Based on inverse kinematic problem solution, a method for the robot-manipulator positioning error compensating in the process of operation along a curvilinear trajectory with the help of the laser tracker is presented, and its accuracy is estimated.