

УДК 658.012.2

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ ЭЛЕМЕНТА ПЛАТФОРМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВАГОНА

Парамонов П. В., студент гр. РТм-231, II курс

Научный руководитель: Курышкин Н. П., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет

имени Т. Ф. Горбачева

г. Кемерово

Роботизированная сварка в последние годы находит всё большее применение в машиностроительных технологиях. Её очевидные преимущества – производительность, стабильное качество, автоматизация и социальная значимость – привели к тому, что 80% всех промышленных роботов, работающих на машиностроительных предприятиях Российской Федерации, это сварочные роботы [1].

На одном из машиностроительных предприятий Кузбасса идёт интенсивная работа по внедрению роботизированной сварки. Предприятие выпускает железнодорожные платформы, содержащие крупногабаритные элементы, выполненные сваркой в среде защитного газа. На рис. 1 представлена железнодорожная платформа в сборе. Красной стрелкой показаны две одинаковые сварные конструкции – шкворневые балки. Балка шкворневая входит в состав рамы, рама входит, в свою очередь, входит в состав платформы. В данном проекте выполняется разработка роботизированного технологического комплекса (РТК) сварки шкворневой балки.

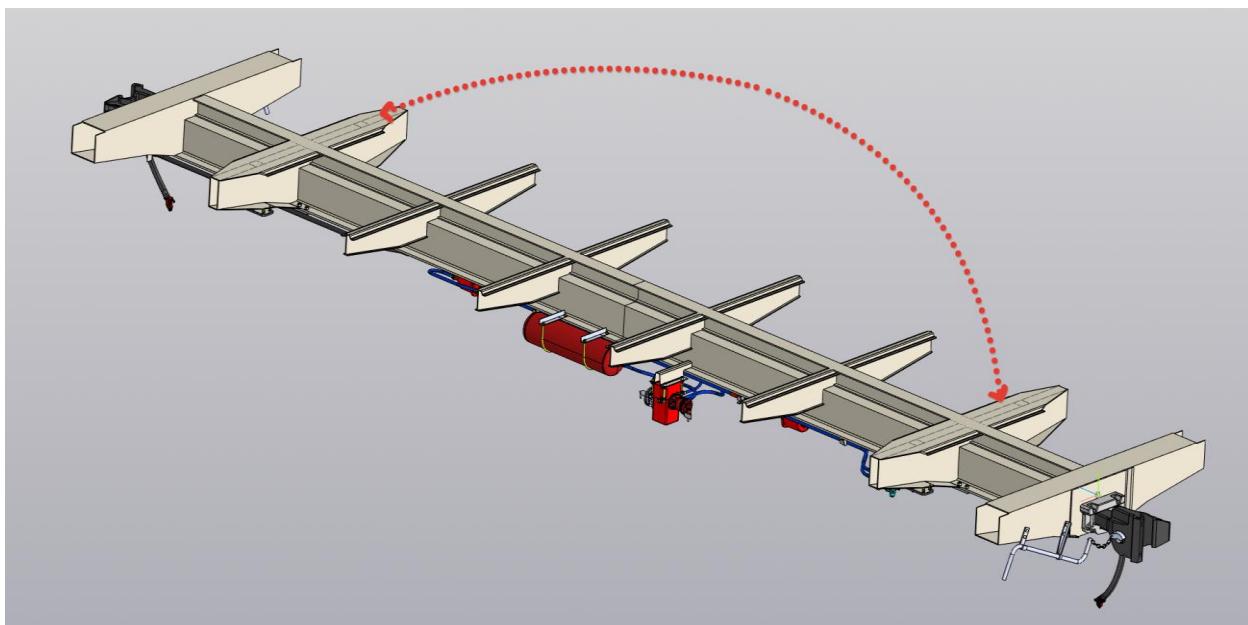


Рис. 1 Балка шкворневая в составе платформы

Разработка технических требований к технологии роботизированной сварки шкворневой балки должна учитывать конструктивные функции элемента, к которым относятся:

1. Поддержка и крепление шкворня: шкворневая балка служит основой для крепления шкворня, который является центральной частью ходовой системы вагона.
2. Передача нагрузок: балка помогает равномерно распределять нагрузки, действующие на вагон, между тележками и рамой вагона. Это способствует стабильности и устойчивости вагона при движении.
3. Снижение износа: правильное крепление и поддержка шкворня с помощью шкворневой балки снижает износ компонентов ходовой части.
4. Обеспечение безопасности: шкворневая балка играет важную роль в обеспечении безопасности движения вагона, предотвращая его сход с рельсов.

Основываясь на технических требованиях к изделию, выработаны пункты технического задания на проектирование РТК, касающиеся технологии роботизированной сварки. Некоторые из них: диаметр сварочной проволоки из стали 08Г2С – 1,6 мм; длина сварочных швов – 13760 мм; сварочные швы Т3К6, Т3К4 по ГОСТ 14771-76 и Т2 по ГОСТ 23518-79. Большая протяжённость сварочных швов (почти 14 метров) обуславливает эффективность роботизации сварочной технологии.

Разработка проекта РТК сварки балки шкворневой выполняется в специализированной программной среде *Roboguide v 9.2* компании *FANUC* (Япония). Использование этого комплекса позволяет, не останавливая работу реального робота, создавать цифровой двойник реального РТК. Далее на этом цифровом двойнике разрабатывается и отлаживается программа работы РТК, которая в дальнейшем импортируется в контроллер реального робота.

В первую очередь была создана CAD-модель объекта сварки. Она создавалась, при помощи системы автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D», отечественного производителя «Аскон». В разделе «Деталь» был создан эскиз проектируемой детали, далее был выдан эскиз, используя операцию «Выдавливание». После этого вырезались необходимые пазы и отверстия, применив операцию «Вырезать выдавливанием». После создания всех деталей согласно спецификации, в разделе «Сборка» была собрана балка шкворневая в соответствии с конструкторской документацией. По завершению создания CAD-модели, её необходимо сохранить в формате .STL для дальнейшей интеграции в программную среду *Roboguide* (Рис. 2).

Как известно, робототехнический комплекс — это автономно действующая совокупность технологических средств производства, в которую входят основное и вспомогательное технологическое оборудование. В поставленной задаче основное технологическое оборудование в составе РТК — промышленный робот, выполняющий сварку, а вспомогательным будет являться позиционер. Функция последнего — ориентировать объект в удобное для сварки положение.

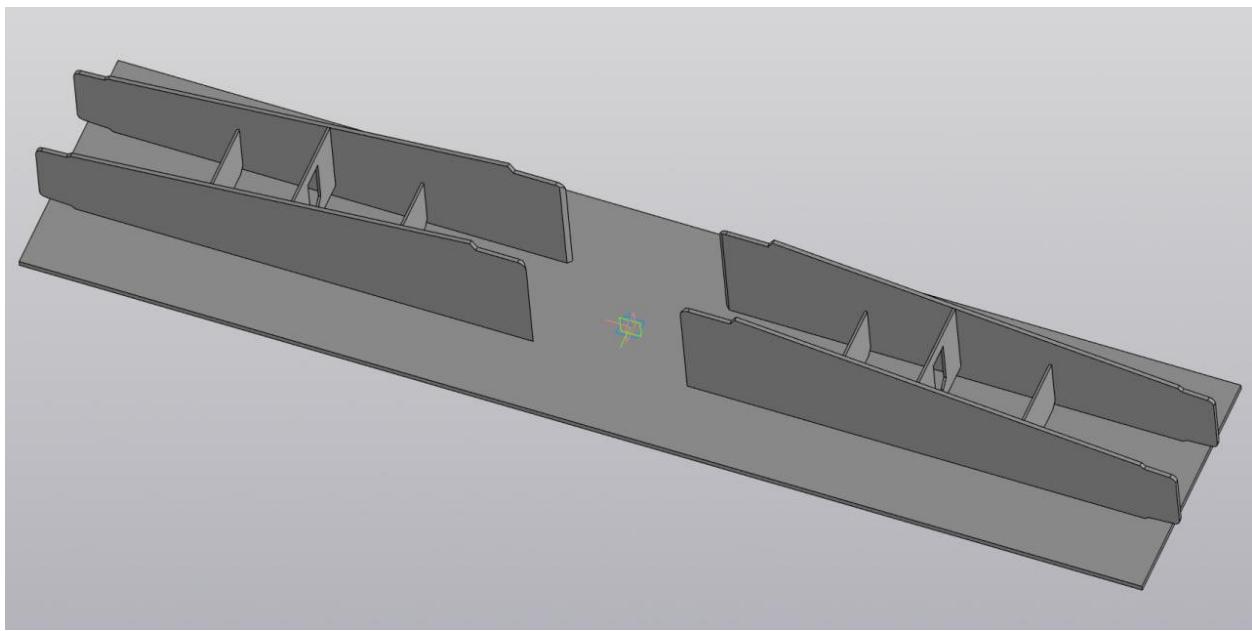


Рис. 2 CAD-модель балки шкворневой

Проанализировав конструкцию балки шкворневой, было принято решение, что все швы будут выполняться в нижнем пространственном положении балки. Отсюда возникает необходимость подбора одноосевого позиционера, вращающего стол и балку на нём вокруг вертикальной оси.

В имеющейся библиотеке *Roboguide* был найден подходящий по допустимой нагрузке позиционер неопределенной конструкции с серийным номером *H875 – 1 - Axes Servo Positioner (500kg)*. Конструкция позиционера проектировалась в системе автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D» и импортировалась в *Roboguide* (рис. 3).

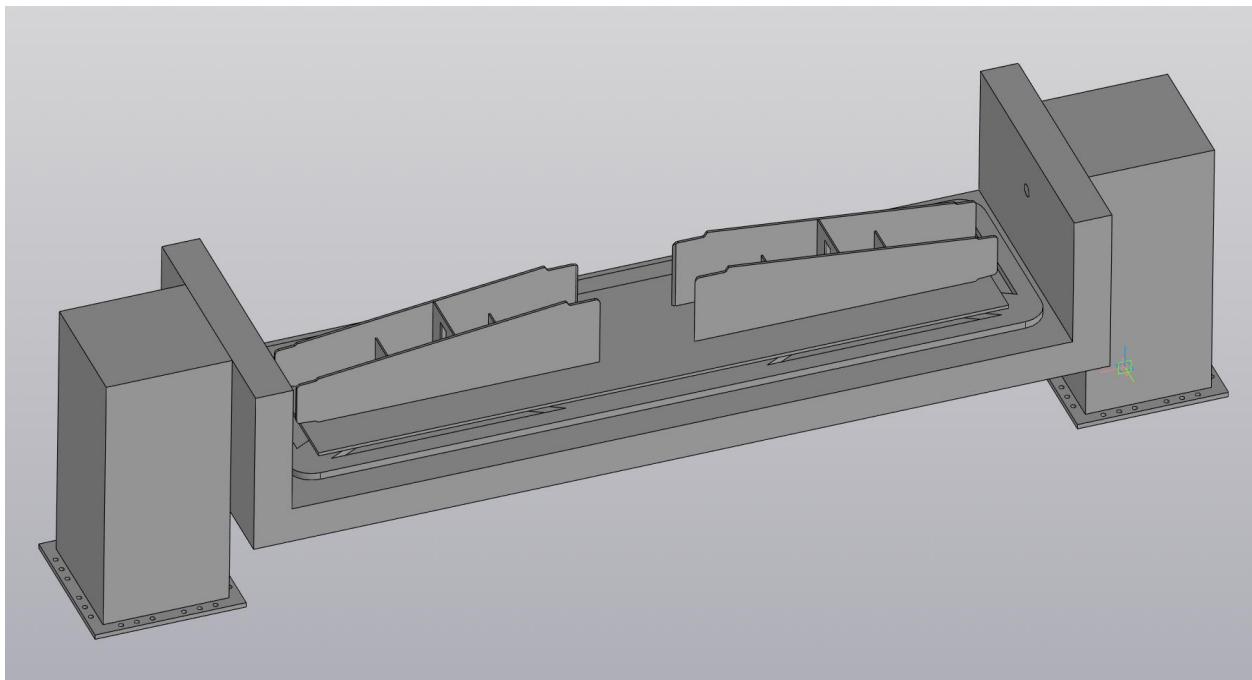


Рис. 3 Позиционер с объектом сварки

Конструкция позиционера состоит из двух отдельно проектируемых элементов – две одинаковые стойки с П-образной станиной образуют первый элемент, а подвижный стол – второй элемент. Стол относительно неподвижной станины имеет вертикальную ось вращения, расположенную в его центре симметрии.

В качестве основного технологического оборудования был принят имеющийся на предприятии сварочный робот с удлинённой рукой *M-710iC/12L* малой грузоподъемности и с зоной досягаемости 3123 мм и оснащённый сварочной горелкой *Fronius\_MTB500iWR*.

После импортирования позиционера во вкладке *Parts* подвижного стола (*Link1*) импортируется CAD-модель шкворневой балки (рис. 4).

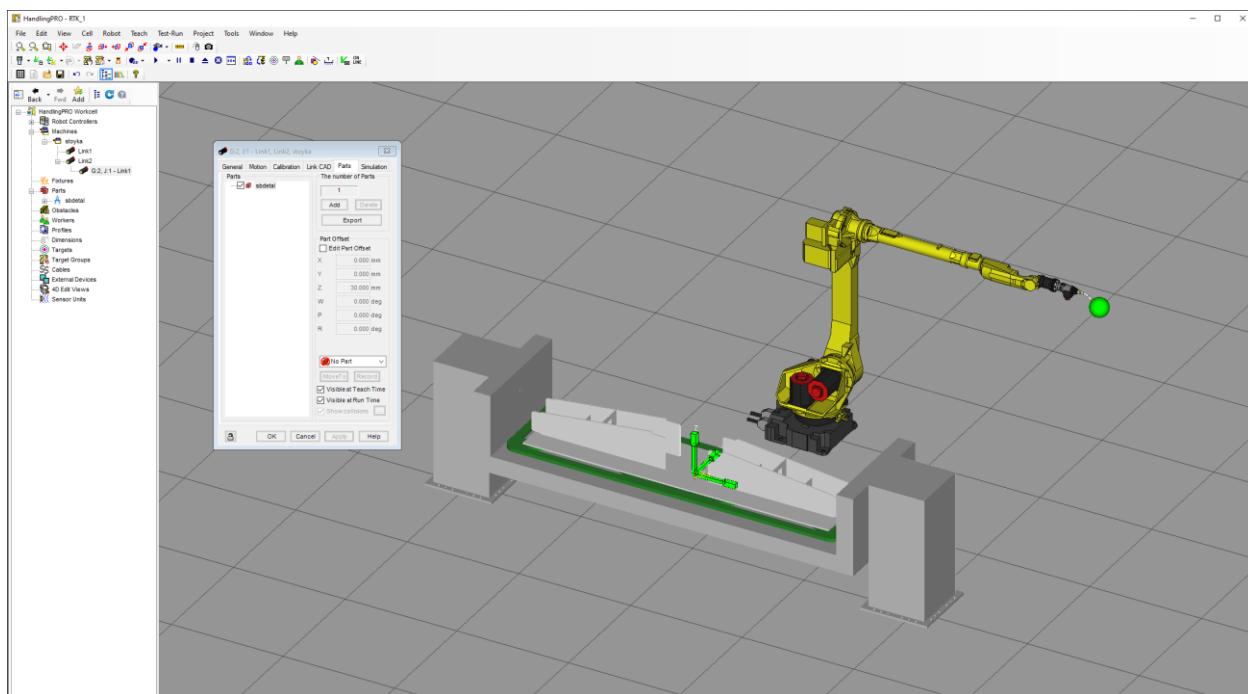


Рис. 4 Добавление CAD-модели шкворневой балки

Завершающим этапом формирования РТК является добавление из библиотеки *Roboguide* вспомогательного оборудования – защитное ограждение, источник сварочного тока, контроллер, бухта со сварочной проволокой, станция очистки сварочной горелки, баллоны с защитным газом, шкаф управления. Результат формирования РТК представлен на рис. 5.

Программирование работы РТК начинается с формирования последовательности технологических операций. Предполагается следующая последовательность действий роботизированного комплекса:

1. Выполненная на прихватках балка шкворневая устанавливается на стол позиционера в перевернутом состоянии на лист верхний.
2. Манипулятор выполняет сварку в первой позиции позиционера.
3. Робот возвращается в домашнее положение.
4. Стол позиционера поворачивается во вторую позицию (на 180°).
5. Робот производит сварку во второй позиции позиционера.

6. Робот возвращается в домашнее положение.
7. Робот производит обслуживание горелки на станции её очистки.
8. Робот возвращается в домашнее положение.
9. Позиционер возвращается в домашнее положение.

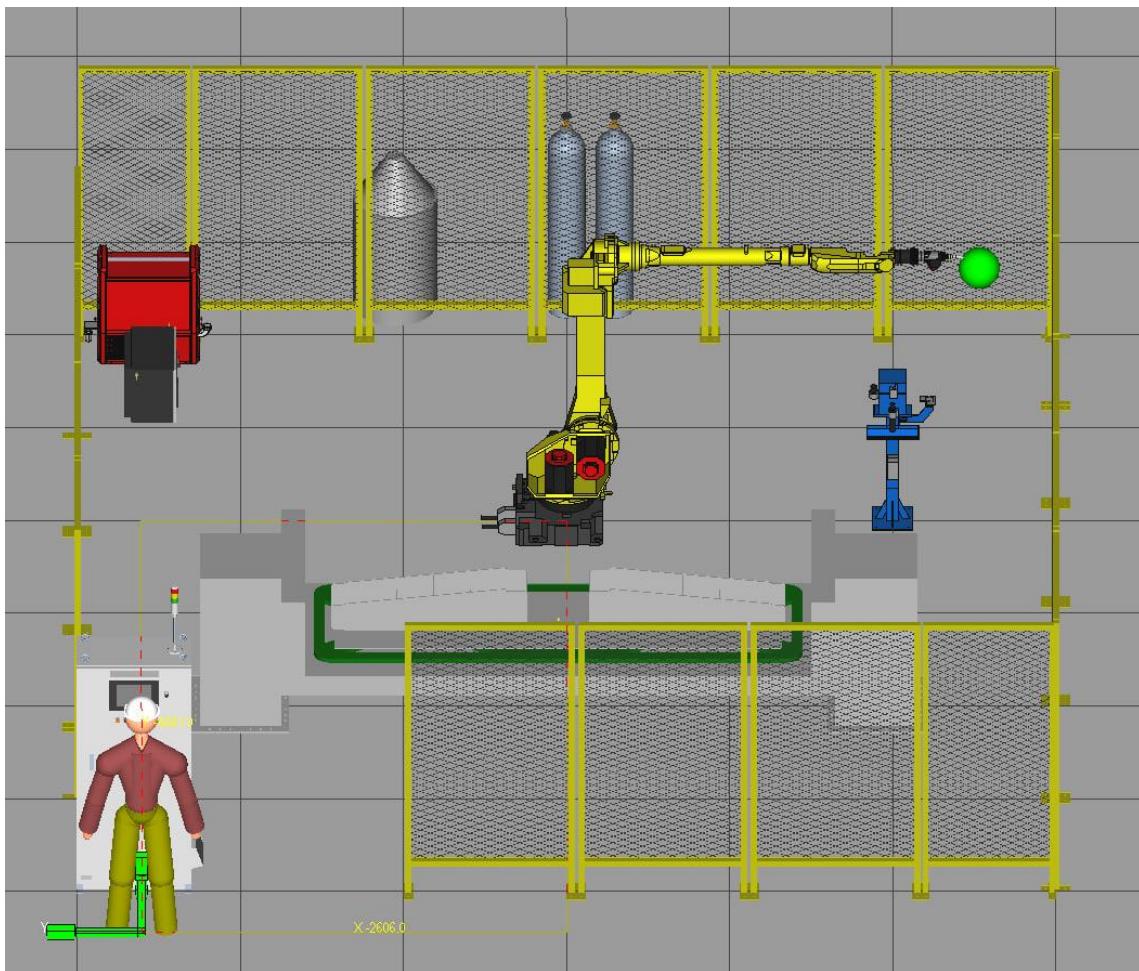


Рис. 5 Рабочая сцена РТК в программной среде *Roboguide*

Процесс программирования работы робота в составе РТК предполагает выполнение на сцене в 3D-формате ручных образцовых движений отдельно для каждого сварочного шва. Финальный этап создания управляющей программы – это собрать все созданные подпрограммы в правильно порядке в основную программу *main*.

#### Список литературы:

1. Курышкин, Н. П. Основы робототехники : учеб. пособ. / Н. П. Курышкин ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачёва», – Кемерово : Издательство КузГТУ, 2012. – 168 с.
2. Каталог роботов фирмы FANUC, URL: <https://dmliefer.ru/sites/default/files/robot-ru.pdf> (дата обращения 12.03.2025).
3. Руководство по работе в программной среде *Roboguide V 6.40.*, URL: <http://belfingroup.com/o-belfingrupp/spravka/skachat/pdf-katalogi-funuc.html> (дата обращения 20.03.2025).