

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

**ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:  
ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ИННОВАЦИИ  
(ИКТ-2018)**

Электронный сборник статей

I Международной научно-практической конференции,  
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 14–15 июня 2018 г.)

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2018

**Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2018)** [Электронный ресурс] : электронный сборник статей I международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 14–15 июня 2018 г. / Полоцкий государственный университет. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Представлены результаты новейших научных исследований, в области информационно-коммуникационных и интернет-технологий, а именно: методы и технологии математического и имитационного моделирования систем; автоматизация и управление производственными процессами; программная инженерия; тестирование и верификация программ; обработка сигналов, изображений и видео; защита информации и технологии информационной безопасности; электронный маркетинг; проблемы и инновационные технологии подготовки специалистов в данной области.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3201815009 от 28.03.2018.*

Компьютерный дизайн М. Э. Дистанова.

Технические редакторы: Т. А. Дарьянова, О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Д. М. Севастьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53-21-23, e-mail: irina.psu@gmail.com

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕРЫВИСТОГО СВАРНОГО ШВА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*ст. преп. С.Н. АБРАМЕНКО, канд. техн. наук., доц. Д.А. АНТОНОВИЧ  
(Полоцкий государственный университет, Беларусь)*

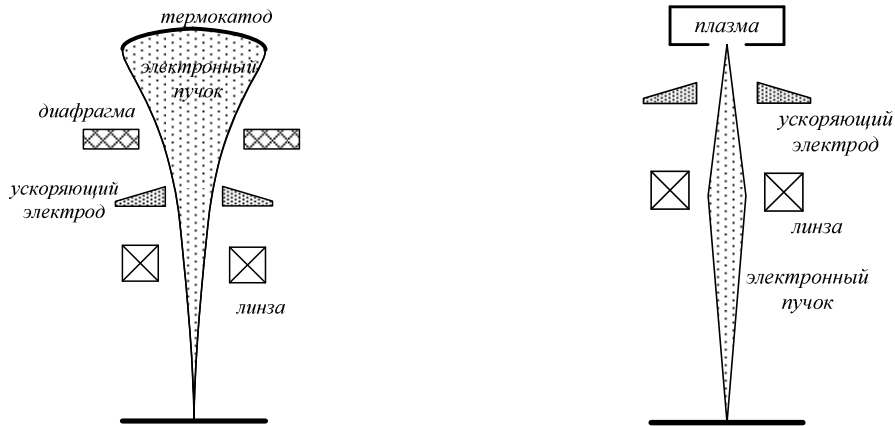
Электронно-лучевые технологии занимают существенное место среди современных высокоэффективных методов металлообработки и получения материалов с новыми свойствами. Расширение области внедрения такого рода технологий в промышленности необходимо не только для повышения качества и надежности изделий, но и для роста их конкурентоспособности.

Применение в энергокомплексе пушек с плазменным эмиттером (ПИЭЛ) [1] позволяет упростить реализацию не только традиционных технологий (сварка, пайка, оплавление) [2], но и некоторых специфических, по сравнению с установками на основе термокатодных пушек [3]. В частности, к таким технологиям можно отнести формирование прерывистых сварочных швов для обработки сложнопрофильных деталей.

Процесс формирования прерывистого сварного шва предполагает соответствующее прерывание действия электронного пучка при движении детали. Эта задача усложняется тем, что при формировании прерывистых сварных швов необходимо обеспечение ввода и вывода кратера в начале и конце каждого отрезка сварного шва. Прерывание сварочного воздействия электронного пучка при использовании термокатодных пушек можно обеспечить подачей соответствующего запирающего напряжения на управляющий электрод пушки или расфокусировкой пучка, так, чтобы плотность мощности пучка оказалась недостаточна для расплава металла. Периодическое отключение и включение тока пучка при постоянном ускоряющем напряжении требует подачи через высоковольтную (трансформаторную) развязку управляющего сигнала на управляющий электрод пушки, что достаточно усложняет систему электропитания энергокомплекса.

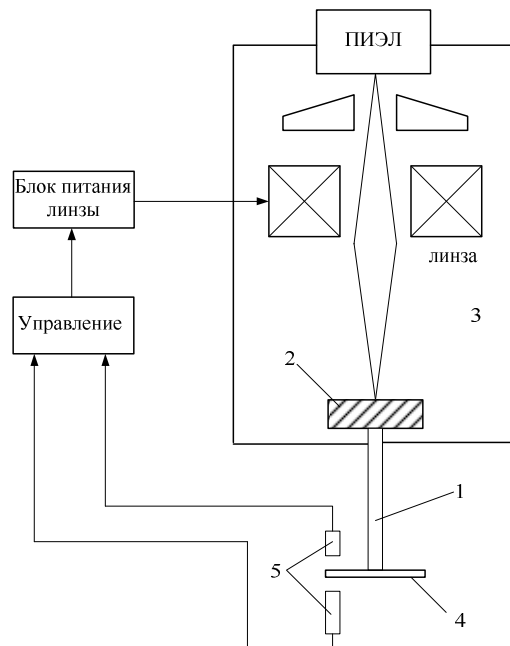
Наиболее простым способом прекращения и возобновления сварочного воздействия электронного пучка является его расфокусировка, т.е. регулирование плотности мощности пучка. Однако управление диаметром пучка за счет изменения тока фокусирующей линзы в термокатодных пушках оказывается малоэффективно, поскольку формируемый в таких пушках электронный пучок имеет обычно слабую расходимость и поэтому сохраняет высокую плотность мощности (рис. 1, а), вызывая провар изделия на некоторую глубину даже в отсутствии фокусировки линзы. Этот эффект усиливается с увеличением мощности пучка. Таким образом, применение традиционных термокатодных пушек и энергокомплексов для реализации прерывистой сварки без применения дополнительных систем управления пучком сопряжено с определенными трудностями. В электронных пушках с плазменным эмиттером вследствие более высокой температуры электронов формируется более расходящийся пучок, чем в термокатодных пушках, который также фокусируется магнитной линзой (рис. 1, б). Вследствие более сильной расходимости пучка в электронных пушках с плазменным эмиттером зависимость плотности мощности в пучке от тока линзы оказывается более существенной, чем в пушках с термокатодом [4]. Экспериментально была установлена возможность

простого решения с помощью регулирования (автоматического) тока линзы проблемы вывода и ввода кратера сварного шва.



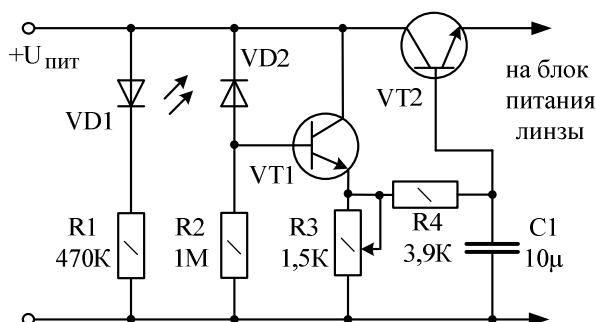
**а** – термокатодный источник электронов; **б** – плазменный источник электронов  
**Рисунок 1.** – Схемы формирования пучка электронов

Разработанная система, позволяющая автоматически управлять плотностью тока электронного пучка и положением фокального пятна посредством изменения тока фокусирующей линзы для реализации прерывистой сварки показана на рисунке 2. На вал 1, обеспечивающий вращение обрабатываемой детали 2 в вакуумной камере 3, крепится шаблон 4, который, вращаясь синхронно со свариваемой деталью пересекает световой луч оптопары 5. Таким образом, управляющий сигнал для блока питания линзы формируется посредством сигнала с оптопары и в зависимости от шаблона формирует требуемые временные параметры электронного пучка. Следует отметить, что непосредственное взаимодействие оптопары со свариваемой деталью может привести к ее засветке и запылению, что делает расположение такой системы вне вакуумной рабочей камеры наиболее целесообразным.



**1** – вал; **2** – обрабатываемая деталь; **3** – вакуумная камера; **4** – шаблон; **5** – оптопара  
**Рисунок 2.** – Схема формирования прерывистого пучка

Режим ввода и вывода кратера в системе управления обеспечивается тем, что сигнал с оптопары на блок питания линзы подается через времязадающую RC-цепочку (R4C1 на рис. 3). Регулировка режима ввода и вывода кратера (время ввода и вывода) осуществляется соответствующим подбором элементов RC-цепочки. В частности, в разработанной системе управления для этой цели служит резистор R3 (рис. 3).



VD1 – АЛ307Д; VD2 – ФД102Г; VT1 – КТ315Б; VT2 – КТ817Г  
 Рисунок 3. – Схема управления блоком питания линзы

На рисунке 4 приведены фотографии прерывистого шва и макрошлифы проплавления, соответствующие такому режиму работы.



а



б

Рисунок 4. – Прерывистый шов (а) и макрошлиф проплавления (б)

### Литература

1. Universal plasma electron source / V.A. Grushev [et al.] // Vacuum. – 2005. – V.77. – P. 399–405.
2. Plasma emission systems for electron and ion-beams technologies / D. Antonovich [et al.] // High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. –2017. – V. 21, № 2. – P. 143–159.
3. Электронно-лучевая сварка / О.К. Назаренко [и др.] ; под общ. ред. Б.Е. Патона. – Киев : Наукова думка, 1987. – 256 с.
4. Окс, Е.М. Источники электронов с плазменным катодом / Е.М. Окс. – Томск : Изд-во НТЛ, 2005. – 216 с.